Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Н. П. Жданова, Т. С. Озерова

КРАТНЫЕ, КРИВОЛИНЕЙНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

Методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех
специальностей очного обучения

Екатеринбург
2019

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0261A6BD005DAC979B410F3EA731403511
Владелец: Упоров Сергей Александрович
Действителен: с 23.10.2020 до 23.01.2022

Ж 42

Рецензент: В. Я. Раевский, доцент, к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории теоретической физики ИФМ.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры математики 16.10. 2018 г. (протокол № 134) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Жданова Н. П., Озерова Т. С.

Ж42 КРАТНЫЕ, КРИВОЛИНЕЙНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ: методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ. Н. П. Жданова, Т. С. Озерова; Уральский государственный горный университет. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 85 с.

В методических указаниях с единых позиций изложены понятия кратных криволинейных и поверхностных интегралов. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных работ. Кратко изложены элементы теории поля.

После изучения теории и решений типовых задач, студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ. Все задачи снабжены ответами.

Методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ предназначены студентам всех специальностей очного обучения для изучения темы: «Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....4

I. КРАТНЫЕ И КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ 5
1. Понятие интеграла от скалярной функции 5
2. Основные свойства интегралов. 10
3. Вычисление интегралов. 10
3.1 Определенный интеграл. 10
3.2 Криволинейный интеграл. 10
3.3 Двойной интеграл. 11
3.4 Поверхностный интеграл второго рода. 14
3.5 Тройной интеграл. 15

II. ПРИМЕНЕНИЕ КРАТНЫХ И КРИВОЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛОВ …16
1. Длина дуги кривой. 17
2. Площадь плоской области. 17
3. Площадь поверхности 17
4. Объем тела 17
5. Масса распределенная в заданной области. 18

III. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЛЯ 19
1. Понятие поля. 19
2. Векторные линии. 20
3. Работа силового поля. Криволинейный интеграл второго рода. Циркуляция вектора вдоль замкнутого контура. 20
4. Поток вектора через поверхность. 22
4.1 Вектор площадки. 22
4.2 Понятие потока вектора через поверхность 24
4.3 Гидродинамический смысл потока вектора через поверхность. Поток жидкости через поверхность. 24
4.4 Поток вектора через плоскую кривую L. 26
4.5 Свойства и вычисление потока вектора через поверхность. 26
5. Оператор Гамильтона «набла». 29
6. Дивергенция векторного поля. 29
7. Ротор (вихрь) векторного поля. 31
8. Потенциальное векторное поле. 32
8.1 Плоское потенциальное поле. 33

IV. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ 34
1. Вычисление и применение двойного интеграла. 34
2. Вычисление и применение тройного интеграла. 45
3. Вычисление и применение поверхностного интеграла первого рода. 48
4. Вычисление и применение криволинейного интеграла. 53

V. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 60

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 90

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания по теме «Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы» предназначены для самостоятельной работы студентов. Методические указания удовлетворяют всем требованиям государственного образовательного стандарта по подготовке дипломированных специалистов .В методических указаниях с единых позиций изложены понятия кратных криволинейных и поверхностных интегралов. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных и самостоятельных работ. Кратко изложены элементы теории поля.

После изучения теории и решений типовых задач, студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ. Все задачи снабжены ответами.

I. КРАТНЫЕ И КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

1. Понятие интеграла от скалярной функции

Пусть Q – и замкнутая ограниченная часть пространства. Это может быть отрезок $[a, b]$ оси Ox, дуга плоской или пространственной кривой, часть плоскости или кривой поверхности, трехмерная область. Пусть в каждой точке M области Q задана непрерывная функция $u=f(M)$.

1. Мысленно разобьем область Q на n элементарных частей $\Delta Q_i, i=\overline{1,n}$ и найдем геометрическую меру каждой из частей, обозначив ее тоже ΔQ_i (это длина элементарного отрезка Δx_i оси Ox или элементарной части дуги Δl_i кривой, площадь ΔS_i элементарной части плоской области или $\Delta\sigma_i$ - площадь элементарной части поверхности: Δv_i - объем элементарной части трехмерной области).

2. На каждой элементарной части ΔQ_i возьмем произвольную точку M_i и вычислим значения функции в выбранных точках $U_i=f(M_i)$.

3. Составим произведения ($U_i \cdot \Delta Q_i = F(M_i) \cdot \Delta Q_i$) и найдем сумму всех произведений:

$$f(M_1)\cdot\Delta Q_1 + f(M_2)\cdot\Delta Q_2 + \ldots + f(M_i)\cdot\Delta Q_i + \ldots + f(M_n)\cdot\Delta Q_n = \sum_{i=1}^{n} f(M_i)\cdot\Delta Q_i$$

– интегральная сумма функции $f(M)$ в области Q.

4. Назовем диаметром diam (ΔQ_i) элементарной области ΔQ_i наибольшее расстояние между точками ее границы. Из всех полученных диаметров $i=\overline{1,n}$ выберем максимальный и назовем его рангом λ данного разбиения:

$$\lambda = \max_i diam\,(\Delta Q_i)\,.$$

Уменьшая ранг, составим последовательность интегральных сумм.

Если область Q имеет геометрическую меру (длину, площадь, объем) и функция $U_i=f(M_i)$ непрерывна в области Q, то при $\lambda \to 0$ существует предел последовательности интегральных сумм $\lim\limits_{\lambda\to 0}\sum\limits_{i=1}^{n} f(M_i)\Delta Q_i$, равный числу J, независимо от способа разбиения области Q на элементарные части и от выбора точек M_i на

каждой из частей. Число J называется интегралом от функции $f(M)$ по области Q и обозначается символом $\int\limits_Q f(M)dQ$, т. е. $\lim\limits_{\lambda\to 0}\sum\limits_{i=1}^{n} f(M_i)\Delta Q_i = \int\limits_Q f(M)dQ$, Q называется областью интегрирования; $f(M)$ – подынтегральной функцией, dQ – элементом геометрической меры области Q; (dx – элемент длины отрезка $[a, b]$ оси Ox; dl – элемент длины дуги плоской или пространственной кривой; ds – элемент площади плоской области; $d\sigma$ – элемент площади поверхности; dv – элемент объема).

Тип интеграла различают по типу элемента dQ:

1. Если $Q=[a, b]$ – отрезок оси Ox, получим определенный интеграл $\int\limits_a^b f(x)dx$.

2. Если $Q = \breve{A}B$ - дуга плоской кривой, получим $\int\limits_L f(M)dl = \int\limits_L f(x, y)dl$.

Если $Q = \breve{A}B = L$ – дуга пространственной кривой, то $\int\limits_L f(M)dl = \int\limits_L f(x, y, z)dl$.

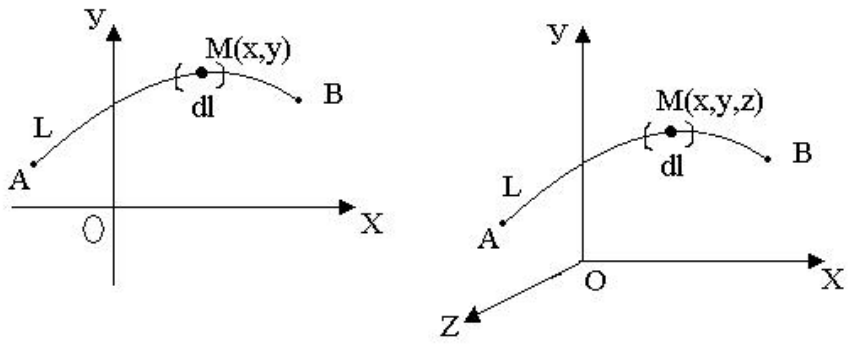


Рис. 1.1

Эти интегралы называются криволинейными интегралами первого рода или криволинейными интегралами по длине дуги кривой.

3. Q – область плоскости xOy.

$\int\limits_Q f(M)ds = \iint\limits_Q f(x, y)ds = \iint\limits_Q f(x, y)dxdy$ - двойной интеграл.

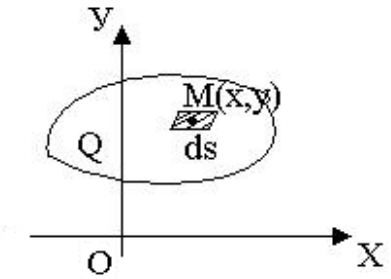


Рис. 1.2

4. Q – часть кривой поверхности

$\int\limits_Q f(M)d\sigma = \iint\limits_Q f(x,y,z)d\sigma$ - поверхностный интеграл первого рода (по площади поверхности).

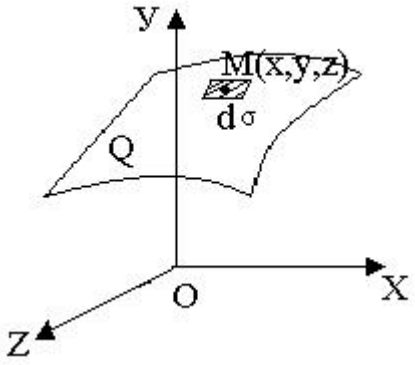


Рис. 1.3

5. Q – область в трехмерном пространстве (называется телом).

$\int\limits_Q f(M)dv = \iiint\limits_Q f(x,y,z)dv = \iiint\limits_Q f(x,y,z)dxdydz$ - тройной интеграл.

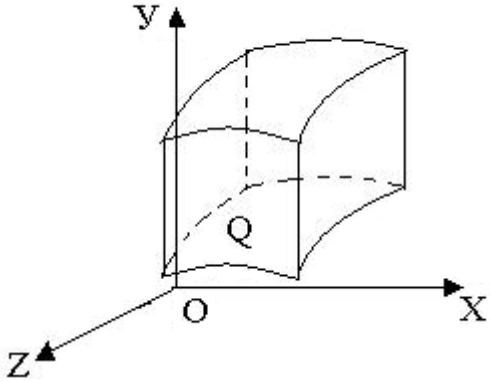


Рис. 1.4

В технических дисциплинах для обозначения интегралов используют все приведенные выше символы. Мы используем символы в правых частях равенств.

2. Основные свойства интегралов

1) $\int\limits_Q (U_1 \pm U_2)dQ = \int\limits_Q U_1 dQ \pm \int\limits_Q U_2 dQ$;

2) $\int\limits_Q AUdQ = A\int\limits_Q UdQ,$ если A=const;

3) Если Q разбить на части Q_1 и Q_2, то $\int\limits_Q UdQ = \int\limits_{Q_1} UdQ + \int\limits_{Q_2} UdQ$;

4) $\int\limits_Q dQ = Q$ - мера области Q (длина, площадь, объем).

5) Если $U_1 \le U_2$, то $\int\limits_Q U_1 dQ \le \int\limits_Q U_2 dQ$.

6) Оценка интеграла: $Q \cdot U_{\min} \le \int\limits_Q UdQ \le Q \cdot U_{\max}$, где Q – мера области Q; $U_{\min}$ и $U_{\max}$ – наименьшее и наибольшее значения функции $U=f(M)$ в области Q.

7) Средним значением функции $U=f(M)$ называют число $\overline{U} = \frac{1}{Q}\int\limits_Q UdQ$. Непрерывная функция $U=f(M)$ принимает значение $\overline{U}$ хотя бы в одной точке M_0 области Q. $U_{\min} \le \overline{U} \le U_{\max}$.

3. Вычисление интегралов

3.1. Определенный интеграл

$$\int\limits_a^b f(x)dx = F(x)\Big|_a^b = F(b) - F(a), \qquad (1)$$

где $F(x)$ – первообразная от функции $f(x)$, т. е. $F'(x) = f(x)$.

3.2. Криволинейный интеграл

Криволинейный интеграл $\int\limits_L f(x,y)dl$ или $\int\limits_L f(x,y,z)dl$ преобразуют в определенный интеграл. Для этого все переменные и дифференциалы в подынтегральном выражении заменяют из уравнений кривой через одну переменную и ее

дифференциал и вычисляют получившийся интеграл по интервалу изменения выбранной переменной на дуге L.

а) Если кривая задана параметрически $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \varphi(t), \alpha \le t \le \beta \end{cases}$,

то

$$\int_L f(x,y)dl = \int_a^b f(\varphi(t),\psi(t)) \cdot \sqrt{(\varphi'(t))^2 + (\psi'(t))^2}\, dt \qquad (2)$$

б) Если L – график функции $y=g(x)$ и $a \le x \le b,$ то

$$\int_L f(x,y)dl = \int_a^b f(x,g(x)) \cdot \sqrt{1 + (g'(x))^2}\, dx \quad . \qquad (3)$$

в) Если L: $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \varphi(t) \\ z = \theta(t), \alpha \le t \le \beta \end{cases}$, то

$$\int_L f(x,y,z)dl = \int_a^b f(\varphi(t),\psi(t),\theta(t)) \cdot \sqrt{(\varphi'(t))^2 + (\psi'(t))^2 + (\theta'(t))^2}\, dt\,. \qquad (4)$$

Замечание

В определенных интегралах нижний предел нужно брать меньше верхнего.

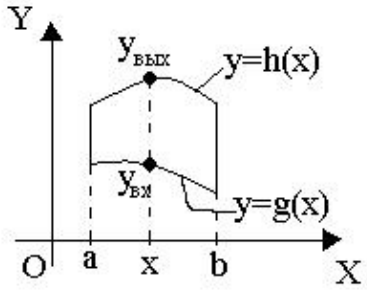
3.3. Двойной интеграл

$\iint_D f(x,y)\,ds$ приводим к двукратному интегралу.

1. Двойной интеграл в прямоугольных координатах.

Пусть область D ограничена прямыми $x=a;\ x=b;\ (a<b)$ и графиками функций $y=g(x);\ y=h(x)$, причем обе функции непрерывны на отрезке $[a;b]$ и, $g(x) \le h(x)$ тогда

$$\iint_D f(x,y)ds = \int_a^b \left(\int_{g(x)}^{h(x)} f(x,y)dy \right) dx\,. \qquad (5)$$



В правой части равенства двукратный интеграл. Очевидно, что сначала нужно вычислить «внутренний интеграл» $\int_{g(x)}^{h(x)} f(x,y)dy$. Рассматривая x как постоянную величину, получим функцию от x, затем эту функцию проинтегрировать по x в пределах от a до b. Если область D ограничена прямыми $y=a$; $y=b$ и графиками функций $x=g(y)$, $x=h(y)$, $g(y) \le h(y)$, то

$$\iint_D f(x,y)ds = \int_a^b \left(\int_{g(y)}^{h(y)} f(x,y)dx \right) dy . \qquad (6)$$

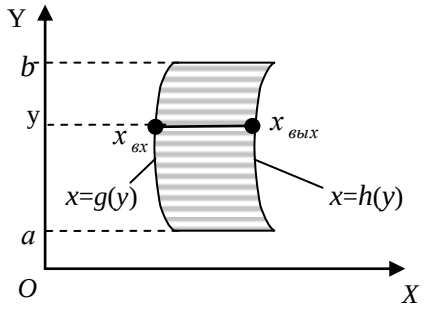


Рис. 3.2

При вычислении внутреннего интеграла в этом случае нужно считать y – постоянной величиной. Заметим, что границы «внешнего интеграла» всегда постоянны. Переход от формулы (5) к формуле (6) или от формулы (6) к формуле (5) называют изменением порядка интегрирования.

Если область D не удовлетворяет условиям формул (5) или (6), то ее разбивают на части.

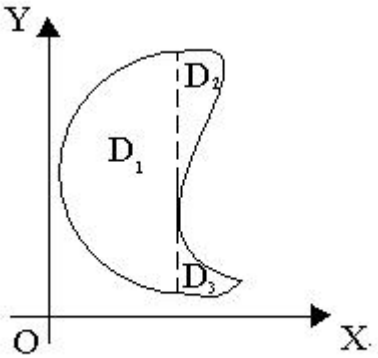


Рис. 3.3

2. Двойной интеграл в полярных координатах.

Чтобы в двойном интеграле перейти к полярным координатам нужно:

1) Совместить прямоугольную и полярную системы координат так, чтобы начало прямоугольных координат совпадало с полюсом *0*, а ось *Ox* с полярной осью *0ρ*.

2) Заменить в подынтегральном выражении *x, y* и *ds* по формулам: $x=\rho\cos\varphi$, $y=\rho\sin\varphi$, $ds=\rho d\varphi d\rho$ и получить:

$$\iint\limits_D f(x,y)ds=\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho. \qquad (7)$$

3) По этим же формулам заменить *x* и *y* на ρ и φ в уравнении каждой границы области *D*, потом уравнения решить относительно ρ, получив уравнение вида $\rho=g(\varphi)$. Если в уравнении границы нет *ρ*, решить уравнение относительно *φ*, получить $\varphi=\alpha$, $\varphi=\beta$.

4) Пусть область интегрирования *D* ограничена лучами $\varphi=\alpha$, $\varphi=\beta$, $(\alpha<\beta)$ и графиками функций $\rho=g(\varphi)$, $\rho=h(\varphi)$, $g(\varphi)\le h(\varphi)$.

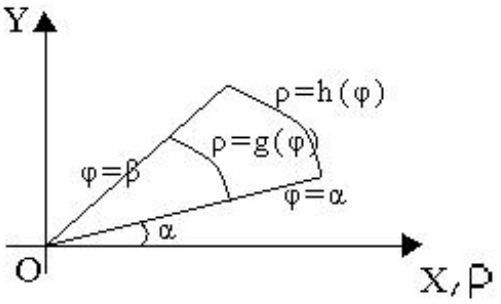


Рис. 3.4

Тогда

$$\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho=\int\limits_\alpha^\beta\left(\int\limits_{g(\varphi)}^{h(\varphi)} f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\rho\right)d\varphi. \qquad (8)$$

При вычислении «внутреннего» интеграла переменная φ временно считается постоянной. В частности, если полюс принадлежит границе области, получим

$$\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho=\int\limits_\alpha^\beta\left(\int\limits_0^{h(\varphi)} f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\rho\right)d\varphi. \qquad (8\ \text{а})$$

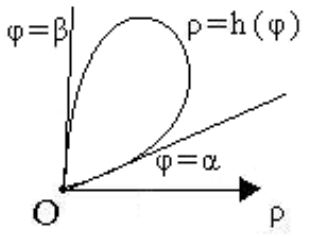


Рис. 3.5

Если полюс находится внутри области, получим:

$$\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho = \int\limits_0^{2\pi}\left(\int\limits_0^{h(\varphi)} f(\rho\cos\varphi,\rho\sin\varphi)\rho d\rho\right)d\varphi \qquad (8\ б)$$

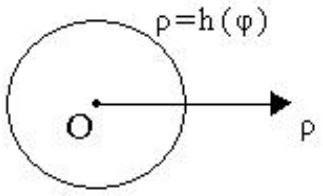


Рис. 3.6

3.4. Поверхностный интеграл первого рода

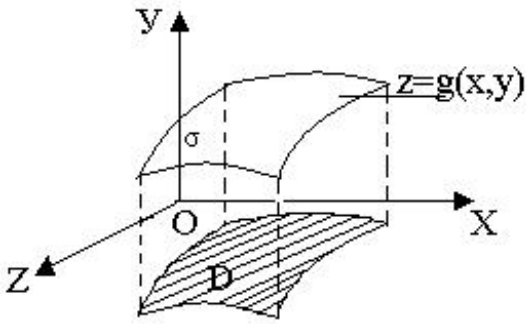


Рис. 3.7

Пусть поверхность σ задана уравнением $z=g(x,y)$. Чтобы вычислить поверхностный интеграл $\iint\limits_\sigma f(x,y,z)d\sigma$, нужно:

1) Найти проекцию поверхности σ на координатную плоскость *xOy*, получить область *D*.

2) Заменить в подынтегральном выражении z и $d\sigma$ по формулам: $z = g(x,y), d\sigma = \sqrt{1+\left(g'_x(x,y)\right)^2+\left(g'_y(x,y)\right)^2}\,ds$, получить и вычислить двойной интеграл по области D (в плоскости xOy):

$$\iint\limits_{\sigma} f(x,y,z)d\sigma = \iint\limits_{D} f(x,y,g(x,y))\cdot\sqrt{1+\left(g'_x(x,y)\right)^2+\left(g'_y(x,y)\right)^2}\,ds\,. \qquad (9)$$

Если уравнение поверхности $x=g(y,z)$, то находят проекцию поверхности G на плоскость yOz. Если уравнение поверхности $y=g(x,z)$, то находят проекцию поверхности G на плоскость xOz.

3.5. Тройной интеграл

Вычисление тройного интеграла $\iiint\limits_{G} f(x,y,z)dv$ сводится к последовательному вычислению «внутреннего» определенного интеграла и «внешнего» двойного интеграла по области D – проекции области G на координатную плоскость.

Пусть в трехмерном пространстве $Oxyz$ область G ограничена сверху поверхностью $z=q(x,y)$, снизу – поверхностью $z=p(x,y)$, а с боков – цилиндрической поверхностью, образующие которой параллельны оси oz (эта граница может отсутствовать). Найдем D – проекцию области G на плоскость Oxy.

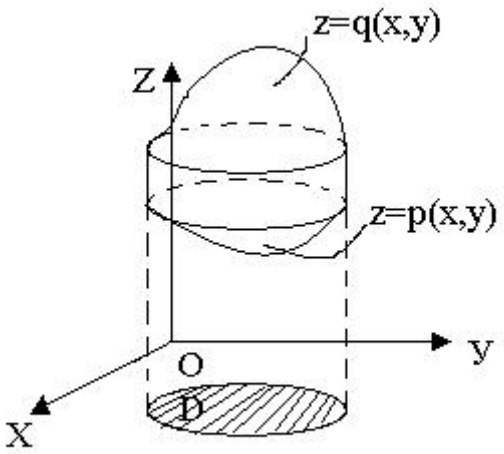


Рис. 3.8

$$\iiint\limits_G f(x,y,z)dv = \iint\limits_D \left(\int\limits_{p(x,y)}^{q(x,y)} f(x,y,z)dz \right) ds \ . \qquad (10)$$

Сначала вычисляют внутренний интеграл $\int\limits_{p(x,y)}^{q(x,y)} f(x,y,z)dz$, считая временно x и y постоянными величинами и получают функцию двух переменных x и y, потом от этой функции вычисляют «внешний» двойной интеграл, подобрав удобную для вычисления этого интеграла формулу. Иногда удобнее проецировать тело на плоскость Oxz или Oyz.

II. ПРИМЕНЕНИЕ КРАТНЫХ И КРИВОЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛОВ

С помощью интегралов можно найти величину T, связанную с некоторой областью Q и обладающую двумя свойствами:

1) При разбиении области Q на элементарные части ΔQ_i величина T тоже разбивается на элементарные части ΔT_i, причем $T = \sum\limits_{i=1}^{n} \Delta T_i$. Такие величины называются аддитивными.

2) ΔT_i приблизительно пропорциональна мере ΔQ_i, т. е. $\Delta T_i \approx k \cdot \Delta Q_i$. Для каждого i коэффициент k постоянен и связан с ΔQ_i, т. е. $K=f(M_i)$, где $M_i \in \Delta Q_i$.

Тогда приближенные значения $T \approx \sum\limits_{i=1}^{n} f(M_i)\Delta Q_i$ и точное значение

$$T = \lim_{\lambda \to 0} \sum_{i=1}^{n} f(M_i)\Delta Q_i = \int\limits_Q f(M)dQ, \qquad \lambda = \max_i (diam\, \Delta Q_i).$$

Величину T, обладающую этими свойствами, можно найти проще, если взять элемент dQ области Q и найти формулу элемента dT величины T, т. е. получить $dT=f(M)dQ$, где $M \in dQ$. Тогда $T = \int\limits_Q f(M)dQ$.

1. Длина дуги кривой

1) Если плоская кривая задана параметрически

$L:\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}, \alpha \le t \le \beta,$ то длина дуги

$$l = \int_L dl = \int_\alpha^\beta \sqrt{(x'(t))^2 + (y'(t))^2}\, dt\,. \tag{11}$$

Для пространственной кривой $L:\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t), \ \alpha \le t \le \beta, \\ z = z(t) \end{cases}$

$$l = \int_L dl = \int_\alpha^\beta \sqrt{(x'(t))^2 + (y'(t))^2 + (z'(t))^2}\, dt\,. \tag{11a}$$

2) Если плоская кривая – график функции $y=g(x)$, $a \le x \le b$, то

$$l = \int_L dl = \int_a^b \sqrt{1 + (g'(x))^2}\, dx\,. \tag{11$б$}$$

2. Площадь плоской области

$$S = \iint_D dS\,. \tag{12}$$

В прямоугольных координатах

$$S = \iint_D dxdy\,. \tag{12а}$$

В полярных координатах

$$S = \iint_D \rho d\varphi d\rho\,. \tag{12б}$$

3. Площадь поверхности

$$S = \iint_\sigma d\sigma = \iint_D \sqrt{1 + \left(g_x'(x,y)\right)^2 + \left(g_y'(x,y)\right)^2}\, ds, \text{ где } D = \underset{oxy}{up}\sigma\,. \tag{13}$$

4. Объем тела

1. $V = \iiint_G dV\,.$ (14)

2. Объем цилиндрического тела с основанием на координатной плоскости *xOy*, ограниченного сверху поверхностью $z=f(x,y)$, можно вычислить с помощью двойного интеграла.

$$V = \iint_D g(x, y)ds\,. \qquad (14а)$$

5. Масса, распределенная в заданной области

Говорят, что масса непрерывно распределена в области Q, если каждой мысленно выделенной части ΔQ этой области соответствует значение массы Δm. При этом масса отдельно взятой точки равна нулю.

Пусть точка $M \in \Delta Q \subset Q$. Плотностью распределения массы в точке M области Q называют величину δ:

$$\delta = \lim_{\mathrm{diam}(\Delta Q)\to 0} \frac{\Delta m}{\Delta Q}\quad , \qquad (15)$$

причем ΔQ все время содержит точку M.

Если масса распределена на дуге кривой, получаем линейную плотность, на поверхности – поверхностную плотность, в трехмерной области – плотность. Так как масса распределена неравномерно, то плотность в точке является функцией точки $\delta=\delta(M)$.

Из определения плотности массы (15) следует, что элемент массы равен $\Delta m \approx \delta \cdot \Delta Q$ или $dm=\delta dQ$, тогда масса, распределенная в области Q с плотностью $\delta=\delta(M)$:

$$m = \int_Q \delta dQ = \int_Q \delta(M)dQ\,. \qquad (16)$$

Аналогично вводят понятие плотности заряда в диэлектрике, плотности энергии электромагнитного поля и др. Все эти величины находят по формуле (16). Так, если электрический заряд q распределен в области Q с плотностью заряда $\lambda=\lambda(M)$, то

$$q = \int_Q \lambda(M)dQ\,. \qquad (17)$$

Частные случаи распределения массы:

а) масса, распределенная с плотностью δ на дуге L кривой.

$$m = \int_L \delta(x, y)dl \text{ - для плоской кривой;}$$

$$m = \int_L \delta(x, y, z)dl \text{ - для пространственной кривой;} \qquad (16а)$$

б) масса, распределенная с поверхностной плотностью δ по области D:

$$m = \iint_D \delta(x, y)ds; \qquad (16б)$$

в) масса, распределенная с поверхностной плотностью δ по части σ кривой поверхности:

$$m = \iint_\sigma \delta(x, y, z)d\sigma; \qquad (16в)$$

г) масса, распределенная с плотностью δ в трехмерной области G:

$$m = \iiint_G \delta(x, y, z)dv. \qquad (16г)$$

III. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЛЯ

1. Понятие поля

Если с каждой точкой $M \in G$ связано определенное значение величины U, то говорят, что в области G задано поле величины U.

Поле называется скалярным, если U – скаляр (температура, плотность, электрический потенциал и др.) и векторным, если U – вектор (сила, скорость, напряженность и др.).

Поле называется стационарным (установившимся), если оно не меняется с течением времени.

Поле не зависит от системы координат, введенной в области G. Рассмотрим прямоугольную систему координат, тогда задание скалярного поля равносильно заданию в области G скалярной функции $U=f(x,y,z)$ или $U=f(x,y)$, если G – область в плоскости xOy. Задание векторного поля равносильно заданию в каждой точке $M(x, y, z) \in G$ векторной функции

$$\vec{U}(M) = P(x, y, z)\,\vec{i} + Q(x, y, z)\,\vec{j} + R(x, y, z)\vec{k}.$$

Свойства скалярного поля, его линий уровня, производной по направлению и градиента рассматривались в разделе «Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных».

В этом разделе рассмотрим свойства стационарного векторного поля. В дальнейшем функции $P(x, y, z)$, $Q(x, y, z)$, $R(x, y, z)$ и их производные считаем непрерывными в области G.

2. Векторные линии

Векторной линией векторного поля называют линию, в каждой точке M которой вектор $\vec{U}(M)$ направлен по касательной к линии.

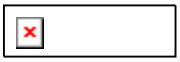
Мы не рассматриваем, как найти векторные линии.

Если $\vec{U}(M) = P(x, y, z)\vec{i} + Q(x, y, z)\vec{j} + R(x, y, z)\vec{k}$ и в каждой точке поля функции P, Q, R одновременно не обращаются в нуль и непрерывны вместе со всеми своими частными производными первого порядка, то через каждую точку поля проходит единственная векторная линия, т. е. вся область G заполнена векторными линиями. По виду векторных линий получают информацию о структуре поля. Если $\vec{U}(M)$ - стационарное поле текущей жидкости, то векторные линии являются траекториями частиц жидкости и называются линиями тока. Если $\vec{U}(M)$ - вектор силы, то векторные линии называются силовыми линиями и т. д. Множество всех векторных линий, проходящих через точки поверхности σ, образует векторную трубку.

3. Работа силового поля. Криволинейный интеграл второго рода

Циркуляция вектора вдоль замкнутого контура

Пусть в каждой точке плоскости xOy (или области D) определен вектор силы $\vec{F}(M) = P(x, y)\vec{i} + Q(x, y)\vec{j},$ образующий векторное поле. И пусть материальная точка *(m=1)* перемещается в этом поле по гладкой кривой L из начала в конец дуги L. При перемещении материальной точки сила $\vec{F}$ производит работу A.

Возьмем на дуге L произвольную точку M. При бесконечно малом перемещении  из точки M по дуге кривой силу можно считать постоянной и равной $\vec{F}(M)$, поэтому соответствующая элементарная работа равна скалярному произведению $dA = \vec{F}(M) \cdot d\vec{r} = P(x,y)dx + Q(x,y)dy$. Суммируя элементарные работы, получаем общую работу, производимую силой $\vec{F}$, когда материальная точка проходит путь L:

$$A = \int_L dA = \int_L \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy. \qquad (18)$$

Полученный интеграл от векторной функции $\vec{F}(M)$ по кривой L называется криволинейным интегралом второго рода или криволинейным интегралом по координатам. Чтобы вычислить интеграл, нужно задать поле $\vec{F}(M)$, уравнение дуги кривой L и указать направление движения по кривой L (начало и конец пути).

Для вычисления интеграла $\int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy$ все переменные и дифференциалы в подынтегральном выражении заменяют из уравнения кривой через одну переменную и ее дифференциал. Находят интервал изменения выбранной переменной на дуге L и вычисляют полученный определенный интеграл.

Если L задана параметрически $\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \psi(t) \end{cases}$ и t изменяется от α до β

(α соответствует началу пути интегрирования, β – концу), то

$$\int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy = \int_\alpha^\beta (P(\varphi(t),\psi(t))\varphi'(t) + Q(\varphi(t),\psi(t))\psi'(t))dt). \qquad (18а)$$

Если L – график функции $y=f(x)$ и x изменяется от a до b, то

$$\int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy = \int_a^b (P(x, f(x)) + Q(x, f(x))f'(x))dx. \qquad (18б)$$

При изменении направления движения по L интеграл изменяет только знак (другие свойства интеграла в разделе I). Если поле $\vec{F}(M)$ и L заданы в трехмерном пространстве, получим:

$$A = \int_L dA = \int_L \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_L P(x,y,z)dx + Q(x,y,z)dy + R(x,y,z)dz\,, \qquad (19)$$

который вычисляется по тому же правилу.

Если $\vec{U}(M) = P(x,y,z)\vec{i} + Q(x,y,z)\vec{j} + R(x,y,z)\vec{k}$ - произвольное векторное поле, а L – замкнутый контур, то интеграл

$$\oint_L \vec{U}(M) \cdot d\vec{r} = \oint_L P(x,y,z)dx + Q(x,y,z)dy + R(x,y,z)dz \qquad (20)$$

называется циркуляцией векторного поля $\vec{U}(M)$ или циркуляцией вектора $\vec{U}(M)$ вдоль замкнутого контура L.

Циркуляция вектора – величина скалярная, положительная, отрицательная или равная нулю.

4. Поток вектора через поверхность

4.1. Вектор площадки

Двусторонняя поверхность в пространстве называется ориентированной, если указано, какая ее сторона считается наружной, а какая внутренней. Можно рассматривать разные способы ориентации, например:



Рис. 4.1

Часто при рассмотрении элементарной части, содержащей точку M ориентированной поверхности, важна только площадь этой части, а ее форма (круг, прямоугольник и т. д.) не играет никакой роли. Тогда эту часть поверхности изображают нормальным вектором поверхности, направленным от внутренней стороны поверхности к внешней, модуль, которого равен площади этой элементарной части поверхности.



Рис. 4.2

Такой вектор называют вектором площадки (или векторной площадью площадки) в точке M. Если площадь выбранной площадки равна $d\sigma$, то вектор обозначают $d\vec{\sigma}$. Если найден единичный вектор внешней нормали поверхности $\bar{n} = (\cos\alpha, \cos\beta, \cos\gamma)$, то вектор площадки

$$d\bar{\sigma} = \bar{n} \cdot d\sigma = \left(\bar{i}\cos\alpha + \bar{j}\cos\beta + \bar{k}\cos\gamma\right)d\sigma. \qquad (21)$$

В частности, dl - вектор кривой в точке M направлен по нормали к кривой в выбранную сторону, причем модуль вектора равен дифференциалу длины дуги кривой $dl = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}$. Так как вектор $\vec{dr} = (dx, dy)$ направлен по касательной к кривой и в точке $M(x,y)$ и модуль $\left|\vec{dr}\right| = dl$, то вектор кривой $\vec{dl}$ можно взять равным $\vec{dl} = (dy, -dx)$ или $\vec{dl} = (-dy, dx)$, потому что в этом случае скалярное произведение $\left(\vec{dr}, \vec{dl}\right) = 0$, значит $\vec{dl} \perp \vec{dr}$, т. е. $\vec{dl}$ направлен по нормали к кривой L и $\left|\vec{dl}\right| = \sqrt{(\pm dy)^2 + (\mp dx)^2} = \sqrt{(dy)^2 + (dx)^2} = dl$.

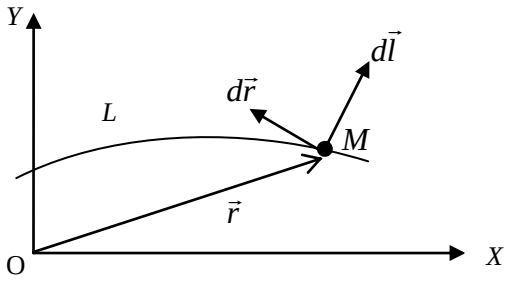


Рис. 4.3

4.2. Понятие потока вектора через поверхность

Пусть в области G задано векторное поле $\vec{U}(M)$ и ориентированная гладкая поверхность σ. Потоком векторного поля $\vec{U}(M)$ через поверхность σ называют скалярную величину, равную поверхностному интегралу

$$\Pi_\sigma(U) = \iint\limits_\sigma (u \cdot n)\, d\sigma = \iint\limits_\sigma u \cdot d\vec{\sigma}. \qquad (22)$$

где $\vec{n}$ - единичный вектор внешней нормали; $d\vec{\sigma}$ - вектор элементарной площадки поверхности σ.

Если ориентацию поверхности изменить на противоположную, то поток изменит только знак.

Часто поток рассматривают как «количество векторных линий», пересекающих поверхность изнутри наружу. «Количество» (в кавычках, так как число не целое) понимают в алгебраическом смысле, т. е., если одна часть σ пересекается векторными линиями изнутри наружу, а другая часть – снаружи внутрь, то «количество» может быть положительным, отрицательным или равным нулю.

4.3. Гидродинамический смысл потока вектора через поверхность

Поток жидкости через поверхность

Рассмотрим стационарное течение несжимаемой жидкости (или газа) в области G. В любой точке $M \in G$ скорость частицы жидкости имеет определённое значение $\vec{V} = \vec{V}(M)$, т. е. в области G задано векторное поле скоростей. Поме-

стим в область G гладкую ориентированную поверхность σ и найдем объем жидкости, протекающей через поверхность σ за единицу времени изнутри наружу. Возьмем на поверхности σ элемент $d\sigma$, содержащий точку M и найдем элемент объема жидкости, протекающей через $d\sigma$ изнутри наружу за единицу времени. Он равен объему косого цилиндра с основанием $d\sigma$ и образующей $\left|\vec{V}(M)\right|$.

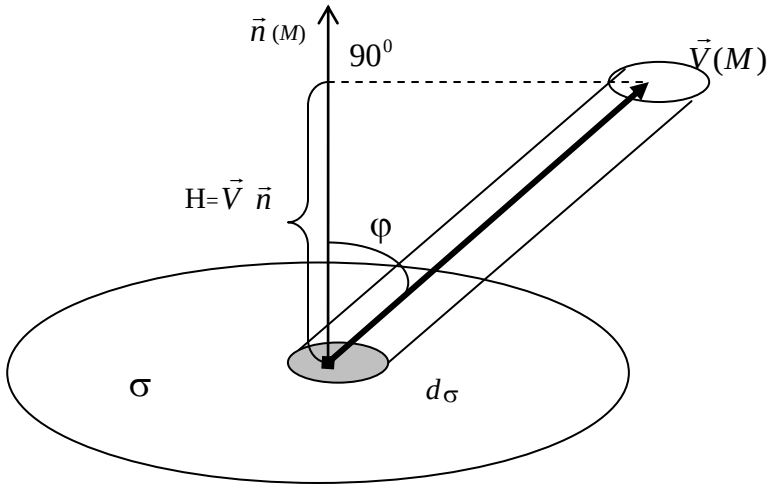


Рис. 4.4

Высота цилиндра равна проекции вектора скорости $\vec{V}(M)$ на единичный вектор внешней нормали $\vec{n}(M)$, т. е. $H = \left|V\right|\cos\varphi = \left|V\right|\cdot\left|n\right|\cos\varphi = V\cdot n$ – скалярному произведению векторов.

Тогда объем цилиндра равен $dV = Hd\sigma = \left(V\cdot n\right)\cdot d\sigma = V\cdot(n\cdot d\sigma) = V\cdot d\sigma$, т. е. элементарный объем жидкости равен скалярному произведению вектора скорости $\vec{V}(M)$ на вектор площадки $d\sigma$. Суммируя элементарные объемы жидкости для всех элементов поверхности σ, получим, что за единицу времени через всю поверхность σ изнутри наружу проходит объем жидкости, равный поверхностному интегралу

$$\iint\limits_{\sigma}(\vec{v}\cdot\vec{n})d\sigma = \iint\limits_{\sigma}\vec{v}\cdot\overrightarrow{ds} = \Pi_{\sigma}(\vec{v}),$$

т. е. равный потоку вектора $\vec{V}$ через поверхность σ.

4.4. Поток вектора через плоскую кривую *L*

Пусть на плоскости *xOy* задано векторное поле $\vec{U}(M) = P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j}$ и ориентированная дуга L гладкой кривой. Возьмем нормальный вектор кривой $\vec{dl} = (-dy, dx)$, составляющий острый угол с *Oy* при возрастании *x* вдоль кривой и будем считать это направление внешней нормалью. Скалярное произведение

$\vec{U} \cdot \vec{dl} = P(x,y)(-dy) + Q(x,y)(dx) = Q(x,y)dx - P(x,y)dy$, тогда

$\Pi_L(\vec{U}) = \int_L \vec{U} \cdot \vec{dl} = \int_L Q(x,y)dx - P(x,y)dy$ - поток вектора $\vec{U}$ через плоскую кривую L.

4.5. Свойства и вычисление потока вектора через поверхность

Свойства

1) Если изменить ориентацию поверхности, то поток изменит только знак

$$\Pi_{\sigma_+}(u) = -\Pi_{\sigma_-}(u),$$

где σ_+ и σ_- - разные стороны поверхности σ.

2) Если поверхность σ состоит из частей σ_1 и σ_2, то

$$\Pi_\sigma(u) = \Pi_{\sigma_1}(u) + \Pi_{\sigma_2}(u).$$

3) Если $\vec{u} = c_1\vec{u_1} + c_2\vec{u_2}$,

то

$\Pi_\sigma(u) = C_1\Pi_\sigma(u_1) + C_2\Pi_\sigma(u_2)$ - свойство линейности потока.

Вычисление потока

Первый способ:

1. Найти проекцию поверхности σ на плоскость *xOy* – получить область *D*.

2. Найти единичный нормальный вектор поверхности σ. Для этого записать уравнение поверхности в виде $F(x, y, z)=0$. Найти $\text{grad}F = F'_x i + F'_y j + F'_z k$. Найти $\left|\text{grad}F\right| = \sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}$. Так как $\text{grad}F$ направлен по нормали к поверхности σ, то единичный вектор нормали

$$n = \pm\frac{\text{grad}F}{|\text{grad}F|} = \pm\frac{F'_x i + F'_y j + F'_z k}{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}.$$

Знак + или – выбираем в зависимости от заданной стороны поверхности.

3. Найти $d\sigma$.

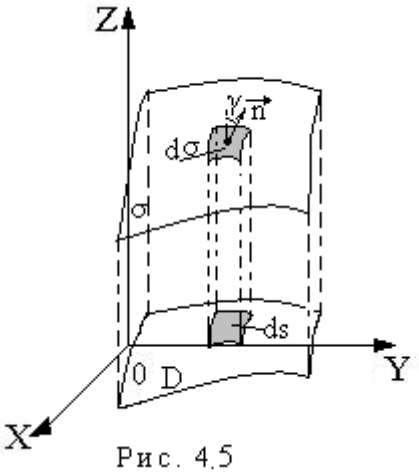


Рис. 4.5

Угол между $\vec{n}$ и осью Oz равен γ. Если считать, что в пределах площадки $d\sigma$ направление $\vec{n}$ не меняется, то угол наклона площадки $d\sigma$ к плоскости xOy (площадке ds) тоже равен γ, тогда площади этих площадок связаны соотношением

$$ds = \cos\gamma \cdot d\sigma \text{ и } d\sigma = \frac{ds}{\cos\gamma}.$$

Вектор $n = \cos\alpha i + \cos\beta j + \cos\gamma k$,

поэтому $$\cos\gamma = \pm\frac{F'_z}{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}.$$

Тогда $$d\sigma = \frac{\sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2}}{|F'_z|}ds.$$

4. Уравнение поверхности σ записать в виде $z=z(x,y)$.

5. Вычислить $\Pi_\sigma(\bar{u}) = \iint\limits_\sigma (\bar{u}\cdot n)d\sigma = \iint\limits_D \left(\left.\frac{u\cdot n}{|\cos\gamma|}\right|_{z=z(x,y)}\right)\cdot ds$, подставив все найденные величины в двойной интеграл по области D и вычислив полученный интеграл.

Замечание

В случае замкнутой поверхности σ, $\vec{n}$ - вектор внешней нормали.

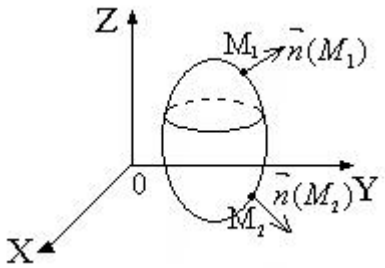


Рис. 4.6

Второй способ:

Пусть $\bar{u} = P(x,y,z)i + Q(x,y,z)j + R(x,y,z)k$

$$\bar{n} = i\cos\alpha + j\cos\beta + k\cos\gamma$$

$$\bar{u}\cdot\bar{n} = P(x,y,z)\cos\alpha + Q(x,y,z)\cos\beta + R(x,y,z)\cos\gamma$$

Элемент площади ds в плоскости xOy равен $dxdy$, в плоскости xOz - $dxdz$ и в плоскости yOz - $dydz$.

Мы показали, что при проецировании поверхности σ на плоскость xOy $ds = \cos\gamma\cdot d\sigma$, т. е. $\cos\gamma d\sigma = dxdy$. (Смотри пункт 3 первого способа вычисления потока).

Тогда при проецировании поверхности σ на плоскость xOz $\cos\beta d\sigma = dxdz$, а на плоскость yOz $\cos\alpha d\sigma = dydz$.

Поток вектора $\vec{u}$ через поверхность σ равен

$$\Pi_\sigma(u) = \iint_\sigma \bar{u}\cdot\bar{n}d\sigma = \iint_\sigma \left(P(x,y,z)\cos\alpha + Q(x,y,z)\cos\beta + R(x,y,z)\cos\gamma\right)d\sigma = \\ = \iint_\sigma \left(P(x,y,z)dydz + Q(x,y,z)dxdz + R(x,y,z)dxdy\right). \qquad (23)$$

Полученный интеграл

$$\iint_\sigma P(x,y,z)dydz + Q(x,y,z)dxdz + R(x,y,z)dxdy\,.$$

называется поверхностным интегралом второго типа (по координатам).

Предположим, что уравнение поверхности σ можно решить относительно всех переменных

$$\sigma : \Phi(x,y,z) = 0 \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} x = \varphi(y,z) \\ y = \psi(x,z) \\ z = \eta(x,y) \end{array}\right.$$

Обозначим проекцию поверхности σ на плоскость xOy через σ_{xy}, на плоскость xOz через σ_{xz} и на плоскость yOz через σ_{yz}. Тогда поверхностный интеграл второго типа приводится к сумме двойных интегралов:

$$\iint_{\sigma} P(x,y,z)dydz + Q(x,y,z)dxdz + R(x,y,z)dxdy = \iint_{\sigma_{yz}} P(\varphi(y,z),y,z)dydz + \\ + \iint_{\sigma_{xz}} Q(x,\psi(x,z),z)dxdz + \iint_{\sigma_{xy}} R(x,y,\eta(x,y))dxdy. \tag{24}$$

Замечание

Поток вектора $\vec{u}(M)$ через кривую L равен криволинейному интегралу по координатам

$$\Pi_L(\vec{u}) = \int_L Q(x,y)dx - P(x,y)dy\,. \tag{25}$$

5. Оператор Гамильтона «набла»

Английский математик Гамильтон (1805-1865) ввел векторно-дифференциальный оператор $\nabla = \vec{i}\frac{\partial}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial}{\partial z}$, называемый «набла» (по-гречески – арфа, форму которой напоминает значок ∇). Набла действует только на множитель, который стоит непосредственно за ним. Если $u=f(x,\ y,\ z)$ скалярная функция (скалярное поле), то произведение вектора ∇ на скаляр u:

$$\nabla u = \vec{i}\frac{\partial u}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial u}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial u}{\partial z} = gradu \text{ - вектор.}$$

Если $\vec{u} = P\vec{i} + Q\vec{j} + R\vec{k}$ - векторная функция (векторное поле), то скалярное произведение вектора ∇ на вектор $\vec{u}$ равно сумме произведений одноименных координат векторов $\nabla\vec{u} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z}$ - скаляр, а векторное произведение ∇ на $\vec{u}$:

$$\nabla \times \vec{u} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \vec{i}\left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}\right) - \vec{j}\left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right) + \vec{k}\left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}\right) \quad \text{- вектор.}$$

С помощью ∇ проще записать некоторые понятия, связанные с полями, и операции над ними.

6. Дивергенция векторного поля

Пусть в трехмерном пространстве (или в области G) определено векторное поле $\vec{U}(M)$. Возьмем произвольную точку M и окружим замкнутой поверхно-

стью σ. Вычислим поток $\Pi_\sigma(\vec{U})$ векторного поля через поверхность σ. Найдем объем v области, ограниченной σ. Дивергенцией (расходимостью) $div\vec{U}(M)$ векторного поля $\vec{U}(M)$ в точке M называется предел отношения потока $\Pi_\sigma(\vec{U})$ векторного поля через замкнутую поверхность σ к объему области, ограниченной σ, вычисленный при условии, что поверхность σ стягивается в точку M:

$$div\vec{U}(M) = \lim_{\substack{v\to 0 \\ (\sigma\to M)}} \frac{\Pi_\sigma(U)}{V} = \lim_{\substack{v\to 0 \\ (\sigma\to M)}} \frac{1}{v}\iint_\sigma \vec{u}\cdot d\vec{\sigma}\cdot \qquad (26)$$

Если в пространстве введена прямоугольная система координат $Oxyz$ и

$$\vec{U}(M) = P(x,y,z)\,\vec{i} + Q(x,y,z)\,\vec{j} + R(x,y,z)\,\vec{k},$$

то

$$div\vec{U}(M) = \nabla\vec{U} = \frac{\partial P(x,y,z)}{\partial x} + \frac{\partial Q(x,y,z)}{\partial y} + \frac{\partial R(x,y,z)}{\partial z}$$

пишут

$$div\vec{U}(M) = \nabla\vec{U} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z}\cdot \qquad (27)$$

Ранее мы говорили, что все эти частные производные существуют. Используя гидродинамическую интерпретацию, считаем поле $\vec{U}(M)$ стационарным полем скоростей несжимаемой текущей жидкости. Это течение может быть обусловлено наличием источников – точек, производящих жидкость, и стоков – точек, поглощающих жидкость. Величина $\Pi_\sigma(U)$ дает объем жидкости, протекающей в единицу времени с внутренней стороны σ на внешнюю. Но эта величина равна количеству жидкости, вырабатываемой всеми источниками, находящимися в области, ограниченной σ, т. е. равна суммарной мощности всех источников внутри σ. Тогда предел отношения мощности источников в области к объему области, найденный при условии, что область стягивается (сжимается) в точку M, равен плотности мощности источников жидкости в этой точке.

Итак, в гидродинамической интерпретации дивергенция $div\vec{U}(M)$ векторного поля $\vec{U}(M)$ в точке M – это плотность мощности источников жидкости в этой точке.

Есть и другие интерпретации. Так, в электрическом векторном поле напряженности, созданном электрическими зарядами, распределенными в пространстве, дивергенция вектора напряженности является плотностью распределения электрических зарядов в данной точке поля.

7. Ротор (вихрь) векторного поля

Пусть в пространстве (или в области G) определена прямоугольная система координат и задано векторное поле:

$$\vec{u}(M) = P(x,y,z)\,\vec{i} + Q(x,y,z)\,\vec{j} + R(x,y,z)\,\vec{k}\,.$$

Ротором $rot\vec{u}(M)$ поля $\vec{u}$ в точке M называют вектор

$$rot\vec{u}(M) = \nabla \times \vec{u} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \dfrac{\partial}{\partial x} & \dfrac{\partial}{\partial y} & \dfrac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \vec{i}\left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}\right) - \vec{j}\left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right) + \vec{k}\left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}\right) \qquad (28)$$

Этот вектор характеризует завихренность поля в точке M (тенденцию к вращению). Проведем через точку M плоскость Г, ее ориентацию в пространстве зададим единичным нормальным вектором $\vec{n}$ в точке M.

В плоскости Г возьмем замкнутую кривую L, обходящую точку M, и выберем направление обхода L таким, чтобы с конца $\vec{n}$ обход казался происходящим против движения часовой стрелки.

Обозначим площадь, ограниченную контуром L, через ΔS. Найдем циркуляцию векторного поля $\vec{u}(M)$ вдоль контура L : $Ц_L(\vec{u}) = \oint_L \vec{u}\cdot\vec{dr}$.

Доказывается, что проекция ротора поля $\vec{u}(M)$ в точке M на вектор $\vec{n}$ равна пределу отношения циркуляции поля по контуру L к площади ΔS, ограниченной контуром, при условии, что контур L стягивается в точку M, а $\Delta S \to 0$.

$$np_n\left(rot\vec{u}(M)\right) = \lim_{\substack{\Delta S \to 0 \\ (L \to M)}} \frac{1}{\Delta S} \oint_L \vec{u}\cdot\vec{dr} \qquad (29)$$

8. Потенциальное векторное поле

Векторное поле $\vec{U}(M)$, заданное в односвязной области G, называется потенциальным, если существует такая скалярная функция $f(M)$, что во всех точках $M \in G$ вектор

$$\vec{U}(M) = \text{grad} f(M) \tag{30}$$

В этом случае функция $f(M)=f(x, y, z)$ называется потенциалом векторного поля $\vec{U}(M)$. (Для силовых полей $f(M)$ называется силовой функцией, потенциалом называется $(-1)f(M)=-f(M)$.

Теорема **(признак потенциального поля)**

Для того чтобы векторное поле $\vec{U}(M)$ было потенциальным в односвязной области G, необходимо и достаточно, чтобы в каждой точке M этой области $rot\vec{U}(M) = 0$.

Необходимость можно формально рассмотреть: $rot\vec{U}(M) = rot(gradf) = \nabla \times (\nabla f)$. «Векторы» ∇ и ∇f коллинеарны, следовательно, их векторное произведение равно нулю:

$$rot\vec{U} = 0 \tag{31}$$

Пусть $\vec{U}(M) = P(M)\vec{i} + Q(M)\vec{j} + R(M)\vec{k}$,

$$rot\vec{U}(M) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}\right)\vec{i} - \left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right)\vec{j} + \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}\right)\vec{k}.$$

Получим, что поле $\vec{U}(M)$ является потенциальным в том и только в том случае, когда

$$\frac{\partial R}{\partial y} = \frac{\partial Q}{\partial z}, \quad \frac{\partial R}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial z}, \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}. \tag{32}$$

8.1. Плоское потенциальное поле

Если поле плоское, т. е. $\vec{U}(M) = P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j}$

$$rot\vec{U}(M) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ P & Q & 0 \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \vec{k} \qquad (33)$$

- поле называется потенциальным при $\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}$.

В этом случае $\vec{U} = gradf(x,y) = f'_x(x,y)\vec{i} + f'_y(x,y)\vec{j}$, т.е. $P(x,y) = f'_x(x,y),\ Q(x,y) = f'_y(x,y)$ и

$$\int_{AB} P(x,y)\,dx + Q(x,y)\,dx = \int_{AB} f'_x(x,y)\,dx + f'_y(x,y)\,dx = \int_{AB} df(x,y) = f(x,y)\Big|_A^B = f(B) - f(A)$$

для всех дуг, натянутых между точками A и B.

Получили, что при $\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}$ криволинейный интеграл не зависит от пути интегрирования. Работа силы $\vec{U} = \vec{F}$ не зависит от пути, по которому движется точка. Тогда криволинейный интеграл по любому замкнутому контуру в заданной области равен нулю:

$$\int_L P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j} = 0, \qquad (34)$$

т. е. циркуляция поля вдоль любого замкнутого контура равна нулю $Ц_L\left(\vec{U}\right) = 0$.

Потенциал плоского поля $\vec{U}(M) = P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j}$ находят по формуле

$$f(x,y) + c = \int_{\overset{\cup}{M_0 M}} P(x,y)dx + Q(x,y)dy, \qquad (35)$$

где $M(x,y)$, $M_0(x_0,y_0)$ взяты произвольно. Удобнее всего за дугу $\overset{\cup}{M_0 M}$ брать двузвенную ломаную линию, звенья которой параллельны осям координат, так как на вертикальном звене $dx = 0$, а на горизонтальном $dy = 0$.

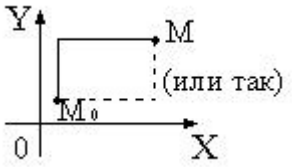


Рис. 8.1

$$f(x,y)+c=\int_{y_0}^{y} Q(x_0,y)dy+\int_{x_0}^{x} P(x,y_0)dx \qquad (36)$$

$$f(x,y)+c=\int_{x_0}^{x} P\left(x,y_0\right)dx+\int_{y_0}^{y} Q\left(x,y_0\right)dx$$

IV. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

1. Вычисление и применение двойного интеграла

При решении этих задач используйте следующую схему:

1) сделать чертеж;
2) выбрать подходящие формулы (по условию задачи и по чертежу);
3) найти все элементы выбранных формул;
4) вычислить получившийся повторный интеграл.

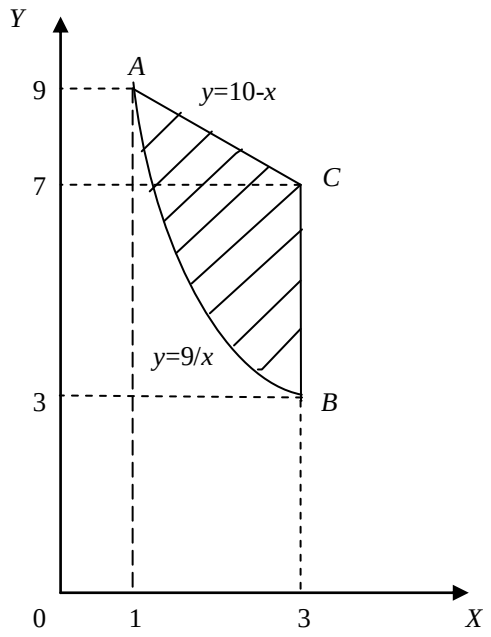
Пример 1

Вычислить $\iint\limits_D (2x+y)dS$, если D: $\begin{cases} 1 \le x \le 3 \\ \dfrac{9}{x} \le y \le 10-x \end{cases}$

Изменить порядок интегрирования в полученном повторном интеграле и еще раз вычислить интеграл

Решение

Построим чертеж:



Уравнения границ области $D: x=1, x=3, y=\frac{9}{x}, y=10-x$ (каждое неравенство, задающее *D*, превращаем в уравнение).

Для вычисления выберем формулу

$$\iint\limits_D f(x,y)dS = \int\limits_a^b \left(\int\limits_{g(x)}^{h(x)} f(x,y)dy \right) dx.$$

Найдем элементы формулы.

Так как область расположена между прямыми $x = 1$ и $x = 3$, то $a = 1$, $b = 3$. Нижняя граница области – дуга $\overset{\cup}{AB}$ задана уравнением $y=\frac{9}{x}$, следовательно, $g(x)=\frac{9}{x}$. Верхняя граница – прямая *AC* задана уравнением $y = 10 - x$, следовательно, $h(x) = 10 - x$. Получим повторный интеграл.

$$\iint\limits_D (2x+y)dS = \int\limits_1^3 \left(\int\limits_{\frac{9}{x}}^{10-x} (2x+y)dy \right) dx.$$

Вычислим внутренний интеграл, считая x – постоянной.

$$\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}(2x+y)dy=\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}2xdy+\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}ydy=2x\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}dy+\frac{y^2}{2}\Bigg|_{\frac{9}{x}}^{10-x}=2xy\Big|_{\frac{9}{x}}^{10-x}+\frac{1}{2}(10-x)^2-\frac{81}{2x^2}=$$

$$2x(10-x)-2x\cdot\frac{9}{x}+\frac{1}{2}(10-x)^2-\frac{81}{2x^2}=20x-2x^2-18+50-10x+\frac{1}{2}x^2-\frac{81}{2x^2}=$$

$$=10x-\frac{3}{2}x^2+32-\frac{81}{2x^2}$$

От полученной функции вычислим внешний интеграл

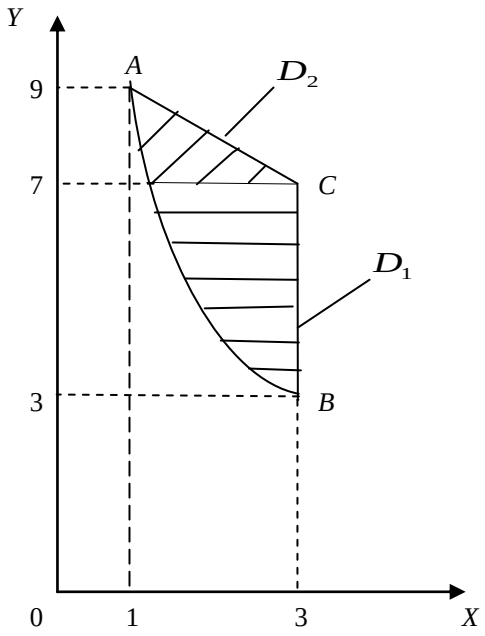
$$\iint_D(2x+y)dS=\int_1^3\left(10x-\frac{3}{2}x^2+32-\frac{81}{2x^2}\right)dx=\left(5x^2-\frac{x^3}{2}+32x+\frac{81}{2x}\right)\Bigg|_1^3=\left(45-\frac{27}{2}+96+\frac{27}{2}\right)-$$

$$-\left(5-\frac{1}{2}+32+\frac{81}{2}\right)=64.$$

Изменить порядок интегрирования в данном случае означает, что внутренний интеграл нужно взять по x, а внешний по y и для вычисления интеграла выбрать формулу:

$$\iint_D f(x,y)dS=\int_a^b\left(\int_{g(y)}^{h(y)}f(x,y)dx\right)dy.$$

Выполним чертеж еще раз:



Найдем координаты точек A, B и C:

$$A:\begin{cases} y=\dfrac{9}{x} \\ y=10-x \end{cases}, A(1;9), \quad B:\begin{cases} x=3 \\ y=\dfrac{9}{x} \end{cases}, B(3;3), \quad C:\begin{cases} x=3 \\ y=10-x \end{cases}, C(3;7).$$

Правая граница области D состоит из отрезков BC и AC различных прямых, следовательно, область D нужно разбить на две части - D_1 и D_2, тогда $\iint\limits_D (2x+y)dS = \int\limits_{D_1} (2x+y)dS + \iint\limits_{D_2} (2x+y)dS$. Уравнения границ нужно решить относительно x. Левая граница обеих частей – дуга $\overset{\cup}{AB}$: $y=\dfrac{9}{x} \Rightarrow x=\dfrac{9}{y}$. Правая граница области D_1 - отрезок BC: $x = 3$. Правая граница области D_2 - отрезок AC: $y=10-x \Rightarrow x=10-y$. Область D_1 расположена между прямыми $y = 3$ и $y = 7$. Внутри области D_1 x изменяется от границы $x=\dfrac{9}{y}$ до границы $x = 3$. Получим $\iint\limits_{D_1} (2x+y)dS = \int\limits_3^7 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^3 (2x+y)dx)dy$. Область D_2 расположена между прямыми $y=7$ и $y=9$. Внутри области D_2 x изменяется от границы $x=\dfrac{9}{y}$ до границы $x = 10 – y$.

Получим:

$$\iint\limits_{D_2} (2x+y)dS = \int\limits_7^9 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^{10-y} (2x+y)dx)dy.$$

Следовательно:

$$\iint\limits_D (2x+y)dS = \int\limits_3^7 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^3 (2x+y)dx)dy + \int\limits_7^9 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^{10-y} (2x+y)dx)dy$$ -

порядок интегрирования изменен.

Вычислим:

$$\iint\limits_{D_1} (2x+y)dS = \int\limits_3^7 (\int\limits_{\frac{9}{y}}^3 (2x+y)dx)dy.$$

Внутренний интеграл вычисляем, считая y постоянной.

$$\int_{\frac{9}{y}}^{3}(2x+y)dx=\int_{\frac{9}{y}}^{3}2xdx+\int_{\frac{9}{y}}^{3}ydx=2\int_{\frac{9}{y}}^{3}xdx+y\int_{\frac{9}{y}}^{3}dx=x^2\Big|_{\frac{9}{y}}^{3}+yx\Big|_{\frac{9}{y}}^{3}=3y-\frac{81}{y^2},$$

Тогда $$\iint_{D_1}(2x+y)ds=\int_3^7(3y-\frac{81}{y^2})dy=(\frac{3y^2}{2}+\frac{81}{y})\Big|_3^7=\frac{312}{7}.$$

Вычислим:

$$\iint_{D_2}(2x+y)dS=\int_7^9(\int_{\frac{9}{y}}^{10-y}(2x+y)dx)dy=\int_7^9(x^2+xy)\Big|_{\frac{9}{y}}^{10-y}dy=\int_7^9((10-y)^2+(10-y)y-\frac{81}{y^2}-9)dy=$$

$$=\int_7^9(91-10y-\frac{81}{y^2})dy=(91y-5y^2+\frac{81}{y})\Big|_7^9=\frac{136}{7}.$$

Следовательно:

$$\iint_D(2x+y)dS=\frac{312}{7}+\frac{136}{7}=\frac{448}{7}=64.$$

Мы убедились, что в данном случае проще вычислить внутренний интеграл по y, а внешний по x.

Ответ:

$$\iint_D(2x+y)dS=\int_1^3(\int_{\frac{9}{x}}^{10-x}(2x+y)dy)dx=\int_3^7(\int_{\frac{9}{y}}^{3}(2x+y)dx)dy+\int_7^9(\int_{\frac{9}{y}}^{10-y}(2x+y)dx)dy=64.$$

Пример 2

Найти статические моменты относительно осей координат однородной фигуры: ограниченной линиями $4x^2+y^2=4$, $2x+y=2$ и расположенной в первой четверти, если поверхностная плотность массы $\delta=1$.

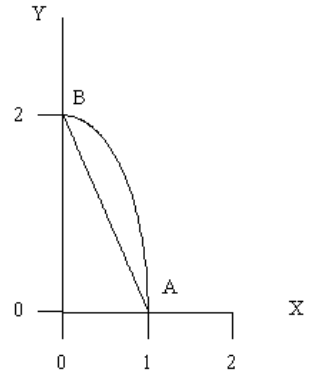
Решение

Выполним чертеж.

Линия $4x^2 + y^2 = 4$ - эллипс

$$\frac{x^2}{1} + \frac{y^2}{4} = 1.$$

$2x + y = 2$ – прямая.



При построении получили точки пересечения линий A (1;0), B (0;2). По условию задачи выберем формулы вычисления статических моментов плоской области:

$$M_x = \iint\limits_D y dS, \quad M_y = \iint\limits_D x ds.$$

При вычислении M_x внутренний интеграл удобнее брать по y, а при вычислении M_y по x, так как в этом случае внешние интегралы получаются более простыми (проверьте это). Используем обе формулы вычисления двойного интеграла, а значит, уравнения границ области нужно решить и относительно y и относительно x.

Отрезок прямой $2x + y = 2 \Rightarrow y = 2(1 - x)$ или $x = \frac{1}{2}(2 - y).$

Дуга эллипса $4x^2 + y^2 = 4 \Rightarrow y = 2\sqrt{1 - x^2}$ или $x = \frac{1}{2}\sqrt{4 - y^2}$.

$$M_x = \iint\limits_D y ds = \int\limits_0^1 \left(\int\limits_{2(1-x)}^{2\sqrt{1-x^2}} y dy \right) dx = \int\limits_0^1 \left(\frac{1}{2} y^2 \Big|_{2(1-x)}^{2\sqrt{1-x^2}} \right) dx = 2\int\limits_0^1 (1 - x^2 - (1-x)^2) dx =$$

$$= 2\int\limits_0^1 (2x - 2x^2) dx = 2\left(x^2 - \frac{2x^3}{3} \right) \Big|_0^1 = 2\left(1 - \frac{2}{3} \right) = \frac{2}{3}.$$

$$M_y = \iint\limits_D x dz = \int\limits_0^2 \left(\int\limits_{\frac{1}{2}(2-y)}^{\frac{1}{2}\sqrt{4-y^2}} x dx \right) dy = \int\limits_0^2 \left(\frac{1}{2} x^2 \Big|_{\frac{1}{2}(2-y)}^{\frac{1}{2}\sqrt{4-y^2}} \right) dy =$$

$$= \frac{1}{8}\int\limits_0^2 (4 - y^2 - (2-y)^2) dy = \frac{1}{8}\int\limits_0^2 (4y - 2y^2) dy = \frac{1}{8}\left(2y^2 - \frac{2y^3}{3} \right)_0^2 = \frac{1}{4}\left(4 - \frac{8}{3} \right) = \frac{1}{3}.$$

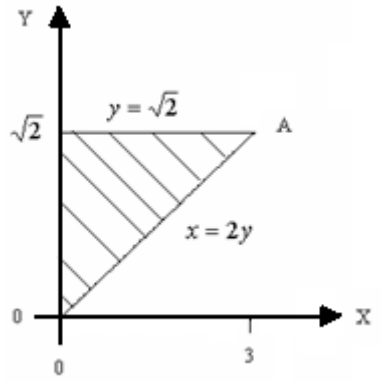
Ответ: $M_x = \frac{2}{3}; M_y = \frac{1}{3}.$

Пример 3

Найти момент инерции относительно оси О*x* фигуры, ограниченной линиями $x=0, y=\sqrt{2}, y=\frac{x}{2},$ если поверхностная плотность массы $\delta = \exp\left(-\frac{xy}{2}\right) = e^{-\frac{xy}{2}}$.

Решение

Выполним чертеж:



По условию задачи выберем формулу момента инерции:

$$J_x = \iint\limits_D y^2 \delta(x,y)ds = \iint\limits_D y^2 e^{-\frac{xy}{2}} ds\,.$$

Область *D* удобна для вычисления повторного интеграла при любом порядке интегрирования. Подынтегральная функция по x интегрируется значительно легче, чем по y , поэтому возьмем внутренний интеграл по x , а внешний по y.

Решим уравнения границ относительно x. Левая граница: $x=0$ (задана). Правая граница: $y=\frac{x}{2} \Rightarrow x=2y$.

Область *D* расположена между прямыми $y=0$ и $y=\sqrt{2}.$ Внутри области x изменяется от границы $x=0$ до границы $x=2y,$ значит:

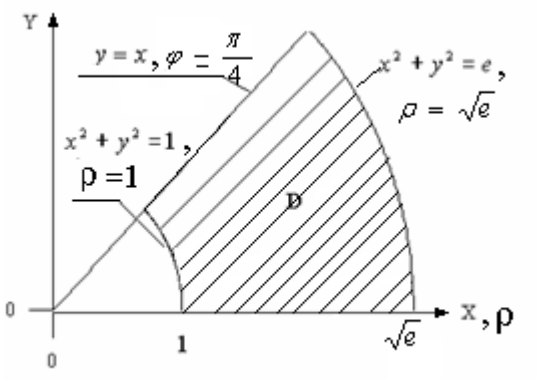
$$J_x = \int\limits_0^{\sqrt{2}}\left(\int\limits_0^{2y} y^2 e^{-\frac{xy}{2}} dx\right)dy = \int\limits_0^{\sqrt{2}}\left(y^2\int\limits_0^{2y} e^{-\frac{xy}{2}} dx\right)dy = \int\limits_0^{\sqrt{2}}(-y^2\cdot\frac{2}{y}e^{-\frac{xy}{2}}\Big|_0^{2y})dy = \int\limits_0^{\sqrt{2}}(-2ye^{-y^2}+2y)dy =$$

$$= \int\limits_0^{\sqrt{2}} e^{-y^2} d(-y^2) + y^2\Big|_0^{\sqrt{2}} = e^{-y^2}\Big|_0^{\sqrt{2}} + 2 = e^{-2} - 1 + 2 = e^{-2} + 1.$$

Ответ: $I_x = 1 + e^{-2}.$

Пример 4

Вычислить $I = \iint\limits_D \ln(x^2 + y^2)ds$, если $D: \begin{cases} 1 \le x^2 + y^2 \le e \\ 0 \le y \le x \end{cases}$.



Решение

Построим область *D*. Границы области: $x^2 + y^2 = 1$, $x^2 + y^2 = e$ - окружности радиусов *1* и $\sqrt{e}$ с центром в начале координат *y = 0, y = x* – прямые.

Так как. область интегрирования – часть кольца, перейдем к полярным координатам. В подынтегральном выражении заменим *x*, *y* и *ds* по формулам:
$x = \rho\cos\varphi$, $y = \rho\sin\varphi$, $ds = \rho d\varphi d\rho$.

Предварительно заменим

$$x^2 + y^2 = (\rho\cos\varphi)^2 + (\rho\sin\varphi)^2 = \rho^2(\cos^2\varphi + \sin^2\varphi) = \rho^2.$$

Тогда $I = \iint\limits_D \ln(x^2 + y^2)ds = \iint\limits_D \ln\rho^2 \cdot \rho d\varphi d\rho = 2\iint\limits_D \rho\ln\rho d\varphi d\rho$

запишем в полярных координатах уравнения границ области

$$x^2 + y^2 = 1 \Rightarrow \rho^2 = 1, \ \rho = 1$$
$$x^2 + y^2 = e \Rightarrow \rho^2 = e, \ \rho = \sqrt{e}$$
$$y = 0 \Rightarrow \rho\sin\varphi = 0, \ \rho \neq 0, \ \sin\varphi = 0, \ \varphi = 0$$
$$y = x \Rightarrow \rho\sin\varphi = \rho\cos\varphi, \ tg\varphi = 1, \ \varphi = \frac{\pi}{4}$$

В полярных координатах внешний интеграл всегда берем по φ, а внутренний -по ρ. Область расположена в секторе между лучами $\varphi = 0$ и $\varphi = \frac{\pi}{4}$. Внутри

области ρ изменяется от границы $\rho = 1$ до границы $\rho = \sqrt{e}$.Следовательно, по формуле

$$\iint\limits_D f(\rho\cos\varphi, \rho\sin\varphi)\rho d\varphi d\rho = \int\limits_\alpha^\beta \left(\int\limits_{g(\varphi)}^{h(\varphi)} f(\rho\cos\varphi, \rho\sin\varphi)\rho d\rho) \right) d\varphi$$

$$I = 2\int\limits_0^{\frac{\pi}{4}} (\int\limits_1^{\sqrt{e}} \rho\ln\rho d\rho) d\varphi \cdot$$

Внутренний интеграл вычислим, используя формулу интегрирования по частям:

$$\int\limits_a^b udv = uv\Big|_a^b - \int\limits_a^b vdu$$

$$\int\limits_1^{\sqrt{e}} \rho\ln\rho d\rho = \left| \begin{array}{c} u = \ln\rho, dv = \rho d\rho \\ v = \int \rho d\rho = \frac{\rho^2}{2} \\ du = (\ln\rho)' d\rho = \frac{d\rho}{\rho} \end{array} \right| = \frac{\rho^2}{2}\ln\rho\Big|_1^{\sqrt{e}} - \int\limits_1^{\sqrt{e}} \frac{\rho^2}{2} \cdot \frac{d\rho}{\rho} = \frac{e}{2}\ln\sqrt{e} - \frac{1}{2}\int\limits_1^{\sqrt{e}} \rho d\rho = \frac{e}{2} \cdot \frac{1}{2}\ln e - \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho^2}{2}\Big|_1^{\sqrt{e}} =$$

$$= \frac{e}{4} - \frac{e}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

Тогда $J = 2\int\limits_0^{\frac{\pi}{4}} \cdot \frac{1}{4} d\varphi = \frac{1}{2}\varphi\Big|_0^{\frac{\pi}{4}} = \frac{\pi}{8}$

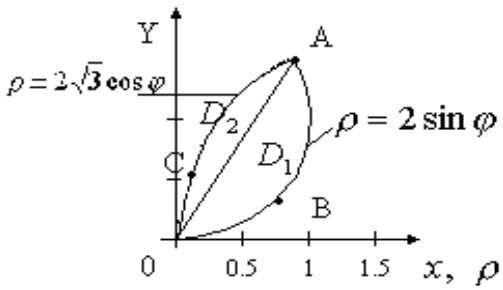
Ответ: $I = \frac{\pi}{8}.$

Пример 5

Вычислить площадь общей части двух кругов: $x^2 + y^2 \le 2y, x^2 + y^2 \le 2x\sqrt{3}$

Решение

Сделаем чертеж



$x^2 + y^2 = 2y$ - окружность $x^2 + (y-1)^2 = 1$ с центром в точке (0;1) радиуса $r = 1.$ $x^2 + y^2 = 2x\sqrt{3}$ - окружность $(x-\sqrt{3})^2 + y^2 = 3$ с центром в точке $(\sqrt{3};0)$ радиуса $R = \sqrt{3}.$

Выберем формулу площади фигуры в полярных координатах, так как область ограничена окружностями

$$S = \iint\limits_D \rho d\varphi d\rho$$

Граница области состоит из дуг $\overset{\cup}{OBA}$ и $\overset{\cup}{OCA}$ разных окружностей, разобьем область D лучом OA на две части - $OBAO = D_1$ и $OACO = D_2$.

Площадь $OBAO$ обозначим $S_{1,}$, площадь $OACO$ – S_2.

Уравнения окружностей запишем в полярных координатах

$$\overset{\cup}{OBA}: x^2 + y^2 = 2y \Rightarrow \rho^2 = 2\rho\sin\varphi, \rho = 2\sin\varphi,$$

$$\overset{\cup}{OCA}: x^2 + y^2 = 2x\sqrt{3} \Rightarrow \rho = 2\sqrt{3}\cos\varphi.$$

Найдем уравнение луча OA, для чего найдем полярный угол точки A пересечения окружностей.

$$A: \begin{cases} \rho = 2\sin\varphi \\ \rho = 2\sqrt{3}\cos\varphi. \end{cases}$$

$$2\sin\varphi = 2\sqrt{3}\cos\varphi,\ tg\varphi = \sqrt{3},\ \varphi = \frac{\pi}{3}$$

Уравнение луча $OA: \varphi = \frac{\pi}{3}$

Так как окружность $\overset{\smile}{OBA}$ касается оси *ox*, то область D_1 ограничена лучом $\varphi = 0$. Так как окружность $\overset{\smile}{OCA}$ касается оси O*y*, то область D_2 ограничена лучом $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

Область D_1 расположена в секторе между лучами $\varphi = 0$ и $\varphi = \frac{\pi}{3}$, внутри области D_1 ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 2\sin\varphi$. Запишем S_1 и вычислим интеграл по формуле

$$S_1 = \iint\limits_{D_1} \rho d\varphi d\rho = \int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} \left(\int\limits_0^{2\sin\varphi} \rho d\rho \right) d\varphi = \int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} \left(\frac{\rho^2}{2}\Big|_0^{2\sin\varphi} \right) d\varphi = \int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} 2\sin^2\varphi d\varphi = \int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} (1-\cos 2\varphi) d\varphi =$$

$$= \left(\varphi - \frac{1}{2}\sin 2\varphi\right)\Big|_0^{\frac{\pi}{3}} = \frac{\pi}{3} - \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{3} = \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4}.$$

Область D_2 расположена в секторе между лучами $\varphi = \frac{\pi}{3}$ и $\varphi = \frac{\pi}{2}$, внутри области ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 2\sqrt{3}\cos\varphi$.

$$S_2 = \iint\limits_{D_2} \rho d\varphi d\rho = \int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\int\limits_0^{2\sqrt{3}\cos\varphi} \rho d\rho \right) d\varphi = \int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{\rho^2}{2}\Big|_0^{2\sqrt{3}\cos\varphi} \right) d\varphi =$$

$$= \int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} 6\cos^2\varphi d\varphi = 3\int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} (1+\cos 2\varphi) d\varphi = 3\left(\varphi + \frac{1}{2}\sin 2\varphi\right)\Big|_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}} =$$

$$= 3\left(\frac{\pi}{2} + \frac{1}{2}\sin\pi\right) - 3\left(\frac{\pi}{3} + \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{3}\right) = \frac{3\pi}{2} - \pi - \frac{3\sqrt{3}}{4} = \frac{\pi}{2} - \frac{3\sqrt{3}}{4}.$$

Следовательно

$$S = S_1 + S_2 = \frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4} + \frac{\pi}{2} - \frac{3\sqrt{3}}{4} = \frac{5\pi}{6} - \sqrt{3}.$$

Ответ: $S = \frac{5\pi}{6} - \sqrt{3}$.

2. Вычисление и применение тройного интеграла

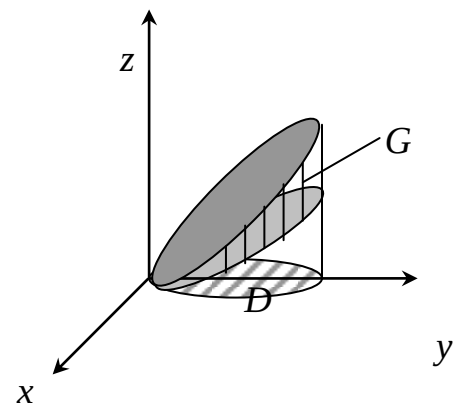
Схема применения тройного интеграла такая же, как двойного: чертеж, выбор формул, поиск всех элементов формул, вычисление полученных интегралов.

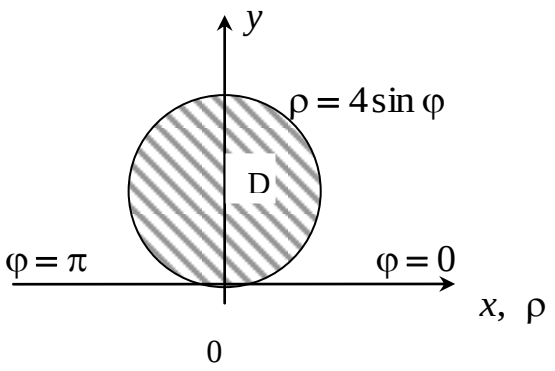
Пример 6

Вычислить объем тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 4y, z = y, z = 2y.$

Решение

Выполним чертеж. Поверхность $x^2 + y^2 = 4y$ - круговой цилиндр, его образующие параллельны оси *oz*, направляющей служит окружность в плоскости *oxy*. Плоскости *z = y, z = 2y* проходят через ось *ox*, но имеют разный наклон к плоскости *xoy*. Они вырезают из цилиндра слой (область *G*, тело), объем которого нам нужно вычислить.





Объем области *G*: $V = \iiint\limits_G dv$.

Вычислим интеграл по формуле

$$V = \iiint\limits_G dv = \iint\limits_D \left(\int\limits_{g(x,y)}^{h(x,y)} dz \right) ds .$$

Проекцией области *G* на плоскость *xoy* является область *D*, ограниченная окружностью $x^2 + y^2 = 4y$. Снизу область *G* ограничена плоскостью $z = y,$ следовательно, $g(x, y) = y.$ Сверху ограничена плоскостью $z = 2y$, следовательно, $h(x, y) = 2y.$

Тогда $V = \iint\limits_D \left(\int\limits_y^{2y} dz \right) ds = \iint\limits_D \left(z \Big|_y^{2y} \right) ds = \iint\limits_D (2y - y) ds = \iint\limits_D y ds$.

Полученный двойной интеграл вычислим в полярных координатах:

$x = \rho\cos\varphi, y = \rho\sin\varphi, ds = \rho d\varphi d\rho,$

$x^2 + y^2 = 4y \Rightarrow \rho^2 = 4\rho\sin\varphi \Rightarrow \rho = 0(\textit{полюс}), \rho = 4\sin\varphi.$

Область D расположена в секторе между лучами $\varphi = 0 \, и \, \varphi = \pi,$ внутри области ρ изменяется от $\rho = 0$ до $\rho = 4\sin\varphi.$

$$V = \iint\limits_D \rho\sin\varphi \cdot \rho d\varphi d\rho = \iint\limits_D \rho^2 \sin\varphi d\varphi d\rho = \int\limits_0^{\pi} \left(\int\limits_0^{4\sin\varphi} \rho^2 \sin\varphi d\rho \right) d\varphi = \int\limits_0^{\pi} \left(\sin\varphi \int\limits_0^{4\sin\varphi} \rho^2 d\rho \right) d\varphi =$$

$$= \int\limits_0^{\pi} \left(\sin\varphi \cdot \frac{\rho^3}{3} \Big|_0^{4\sin\varphi} \right) d\varphi = \int\limits_0^{\pi} \frac{64}{3} \sin^4\varphi d\varphi = \frac{16}{3} \int\limits_0^{\pi} \left(2\sin^2\varphi \right)^2 d\varphi = \frac{16}{3} \int\limits_0^{\pi} (1 - \cos 2\varphi)^2 d\varphi =$$

$$= \frac{16}{3} \int\limits_0^{\pi} (1 - 2\cos 2\varphi + \cos^2 2\varphi) d\varphi = \frac{16}{3}\varphi \Big|_0^{\pi} - \frac{16}{3}\sin 2\varphi \Big|_0^{\pi} + \frac{8}{3} \int\limits_0^{\pi} (1 + \cos 4\varphi) d\varphi = \frac{16\pi}{3} + \frac{8}{3}\varphi \Big|_0^{\pi} +$$

$$+ \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{4} \sin 4\varphi \Big|_0^{\pi} = \frac{16}{3}\pi + \frac{8}{3}\pi = 8\pi.$$

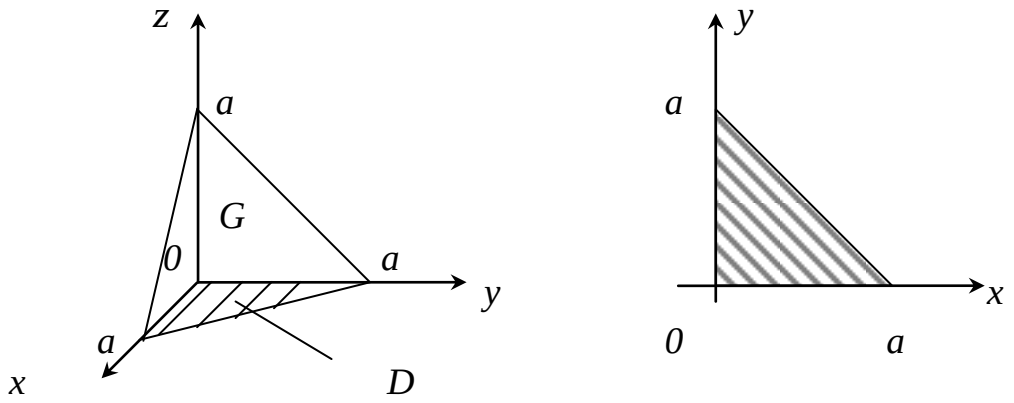
Ответ: $V = 8\pi.$

Пример 7

Найти центр массы одородной пирамиды, ограниченной плоскостями $x = 0, y = 0, z = 0, x + y + z = a.$

Решение

$x = 0, y = 0, z = 0$ - координатные плоскости. Найдем точки пересечения плоскости $x + y + z = a$ с осями координат. Например с Оx: $y = 0, z = 0$ подставим в уравнение плоскости $x + 0 + 0 = a,$ получим точку (a ,0, 0).



Проекция пирамиды на плоскость xoy – равнобедренный прямоугольный треугольник, ограниченный осями координат и линией пересечения плоскости $x+y+z=a$ с плоскостью $z=0.$ Уравнение этой линии в плоскости xoy $x+y+0=a$ или $y=a-x.$ Из соображений симметрии ясно, что все три координаты центра массы одинаковы. Найдем x_c по формуле

$$x_C=\frac{1}{V}\iiint\limits_G x dv.$$

G – область, занятая пирамидой. Объем пирамиды

$$V=\frac{1}{3}S_{осн.}\cdot H,\quad S_{осн.}=\frac{1}{2}a\cdot a=\frac{a^2}{2},\quad H=a,\quad V=\frac{1}{3}\cdot\frac{a^2}{2}\cdot a=\frac{a^3}{6}.$$

Внутри пирамиды G переменная z изменяется от $z=0$ (нижняя грань) до $z=a-x-y$ (верхняя грань).

Тогда

$$\iiint\limits_G x dv=\iint\limits_D\left(\int\limits_0^{a-x-y}x dz\right)ds=\iint\limits_D\left(xz\Big|_0^{a-x-y}\right)ds=\iint\limits_D x(a-x-y)\,ds=\int\limits_0^a\left(\int\limits_0^{a-x}(x(a-x)-xy)\,dy\right)dx=$$

$$=\int\limits_0^a\left(x(a-x)y-x\frac{y^2}{2}\right)\Big|_0^{a-x}dx=\int\limits_0^a(x(a-x)(a-x)-\frac{x(a-x)^2}{2})dx=\int\limits_0^a\frac{x(a-x)^2}{2}dx=$$

$$=\frac{1}{2}\int\limits_0^a(a^2x-2ax^2+x^3)dx=\frac{1}{2}(a^2\frac{x^2}{2}-2a\frac{x^3}{3}+\frac{x^4}{4})\Big|_0^a=\frac{1}{2}(\frac{a^4}{2}-\frac{2a^4}{3}+\frac{a^4}{4})=\frac{a^4}{24}$$

$x_c=\frac{a^4}{24}:\frac{a^3}{6}=\frac{6a^4}{24a^3}=\frac{a}{4},$ тогда $y_c=z_c=\frac{a}{4},\quad C(\frac{a}{4};\frac{a}{4};\frac{a}{4}).$

Ответ: $(\frac{a}{4};\frac{a}{4};\frac{a}{4})$.

3. Вычисление и применение поверхностного интеграла первого рода

Схема применения:

1. Выбрать формулу по условию задачи и получить поверхностный интеграл.
2. Найти проекцию поверхности на координатную плоскость. Сделать чертеж получившейся плоской области *D*.
3. Найти формулу элемента $d\sigma$ поверхности.
4. Поверхностный интеграл привести к двойному интегралу и вычислить двойной интеграл.

Пример 8

Найти массу, распределенную по части эллипсоида $z = 2\sqrt{1-x^2-y^2}$, находящейся внутри цилиндра $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$, если поверхностная плотность массы $\delta = \frac{1}{2}z$.

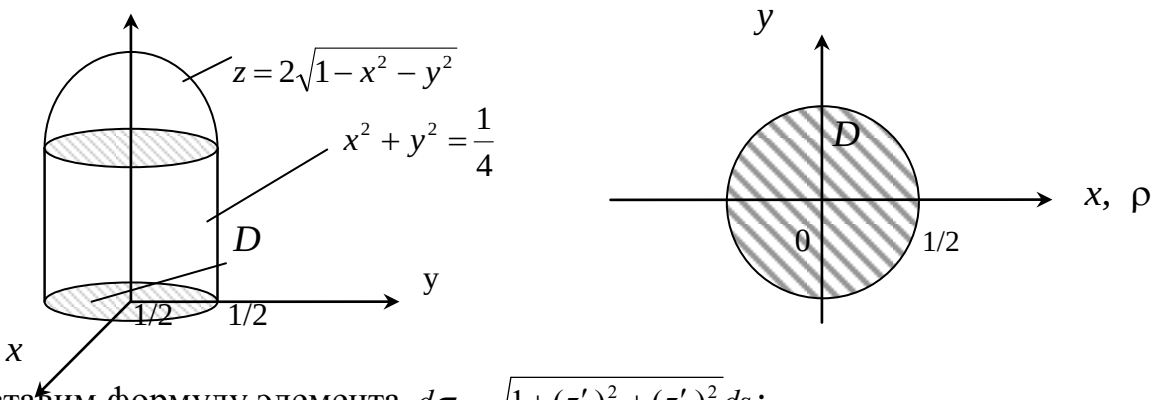
Решение

Масса, распределенная по поверхности σ с плотностью, $\delta = \delta\,(x, y, z)$ равна поверхностному интегралу:

$$m = \iint\limits_{\sigma} \delta(x, y, z)d\sigma = \iint\limits_{\sigma} \frac{1}{2} z d\sigma.$$

Образующие цилиндрической поверхности $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$ параллельны оси *oz*, направляющей является окружность в плоскости *xoy* с уравнением $x^2 + y^2 = \frac{1}{4}$.

Центр окружности *O* (0;0), радиус $R = \frac{1}{2}$. Следовательно, проекция заданной части эллипсоида на плоскость *xoy* – круг *D*, ограниченный этой окружностью.



Составим формулу элемента $d\sigma = \sqrt{1+(z'_x)^2+(z'_y)^2}\,ds$;

$$z = 2\sqrt{1-x^2-y^2},\ z'_x = \frac{-2x}{\sqrt{1-x^2-y^2}},\ z'_y = \frac{-2y}{\sqrt{1-x^2-y^2}},$$

$$d\sigma = \sqrt{1+\frac{4x^2}{1-x^2-y^2}+\frac{4y^2}{1-x^2-y^2}}ds = \sqrt{\frac{1+3x^2+3y^2}{1-x^2-y^2}}ds.$$

Подставим z и $d\sigma$ в поверхностный интеграл и приведем его к двойному интегралу

$$m = \iint\limits_{\sigma}\frac{1}{2}z d\sigma = \iint\limits_{D}\frac{1}{2}\cdot 2\sqrt{1-x^2-y^2}\cdot\sqrt{\frac{1+3x^2+3y^2}{1-x^2-y^2}}ds = \iint\limits_{D}\sqrt{1+3x^2+3y^2}ds.$$

Двойной интеграл вычислим в полярных координатах. Возьмем $x=\rho\cos\varphi, y=\rho\sin\varphi, ds=\rho d\varphi d\rho,$ уравнение окружности $x^2+y^2=\frac{1}{4}\Rightarrow\rho^2=\frac{1}{4},\rho=\frac{1}{2}.$ Полюс *0* находится внутри области *D,* поэтому область *D* занимает сектор от $\varphi=0$ до $\varphi=2\pi.$ Внутри области *D* ρ изменяется от $\rho=0$ до $\rho=\frac{1}{2}.$

$$m = \iint\limits_{D}\sqrt{1+3\rho^2\cos^2\varphi+3\rho^2\sin^2\varphi}\rho d\varphi d\rho = \iint\limits_{D}\sqrt{1+3\rho^2}\rho d\varphi d\rho = \int\limits_0^{2\pi}(\int\limits_0^{\frac{1}{2}}\sqrt{1+3\rho^2}\rho d\rho)d\varphi.$$

Так как внутренний интеграл не зависит от φ, вынесем его за знак внешнего интеграла:

$$m = (\int_0^{\frac{1}{2}} \sqrt{1+3\rho^2}\,\rho d\rho) \cdot \int_0^{2\pi} d\varphi;$$

$$\int_0^{2\pi} d\varphi = \varphi|_0^{2\pi} = 2\pi;$$

$$\int_0^{\frac{1}{2}} \sqrt{1+3\rho^2}\,\rho d\rho = \left| \begin{array}{l} Сделаем\ \ подстановку \\ \sqrt{1+3\rho^2} = t, 1+3\rho^2 = t^2,\ 6\rho d\rho = 2tdt, \rho d\rho = \frac{1}{3}tdt, \\ при\ \rho = 0, t = 1, \rho = \frac{1}{2}, t = \sqrt{1+\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{7}}{2} \end{array} \right| = \int_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} t \cdot \frac{1}{3}tdt = \frac{1}{3}\int_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} t^2 dt = \frac{1}{3} \cdot \frac{t^3}{3}\Big|_1^{\frac{\sqrt{7}}{2}} =$$

$$= \frac{1}{9}\left(\frac{7\sqrt{7}}{8} - 1\right) = \frac{7\sqrt{7}-8}{72}, \quad m = 2\pi \cdot \frac{7\sqrt{7}-8}{72} = \frac{\pi(7\sqrt{7}-8)}{36}.$$

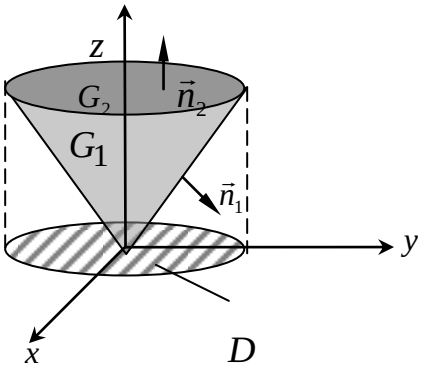
Ответ: $m = \frac{\pi(7\sqrt{7}-8)}{36}$.

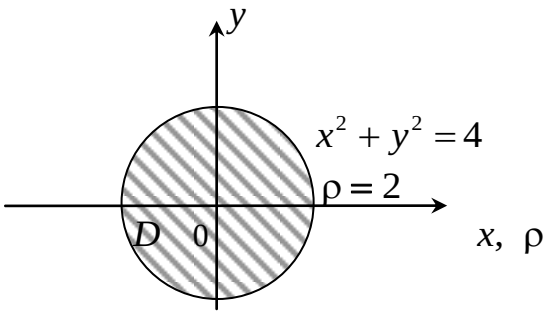
Пример 9

Найти поток векторного поля $\bar{u} = (1-2x)\vec{i} + 2y\vec{j} + 2z\vec{k}$ через замкнутую поверхность σ, состоящую из части поверхности конуса $z = \sqrt{x^2+y^2}$ и плоскости $z = 2$.

Решение

Выполним чертеж.





Найдем линию пересечения поверхностей:

$$\begin{cases} z = 2 \\ z = \sqrt{x^2+y^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z = 2 \\ \sqrt{x^2+y^2} = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z = 2 \\ x^2+y^2 = 4. \end{cases}$$

В плоскости $z=2$ получили окружность $x^2+y^2=4$ с центром $C(0,0,2)$ радиуса 2.

Вершина конуса $O(0,0,0)$.

Проекцией обеих поверхностей на плоскость xoy является круг D, ограниченный окружностью $x^2+y^2=4$ с центром $O(0,0,0)$ радиуса $R=2$. Поверхность σ состоит из конической поверхности σ_1 и части плоскости σ_2, поэтому $\Pi_\sigma(\vec{u})=\Pi_{\sigma_1}(\vec{u})+\Pi_{\sigma_2}(\vec{u})$.

Формула вычисления потока

$$\Pi_\sigma(\vec{u})=\iint\limits_\sigma(\vec{u}\cdot\vec{n})d\sigma=\iint\limits_D\left(\frac{\vec{u}\cdot\vec{n}}{|\cos\gamma|}\right)_{z=z(x,y)}ds.$$

Для вычисления $\Pi_{\sigma_1}(\vec{u})$ потока вектора $\vec{u}$ через коническую поверхность запишем уравнение конуса $z=\sqrt{x^2+y^2}$ в виде $F(x,y,z)=\sqrt{x^2+y^2}-z=0.$

Найдем:

$$F'_x=\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}};F'_y=\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}};F'_z=-1,$$

$$gradF=F'_x\vec{i}+F'_y\vec{j}+F'_z\vec{k}=\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\vec{i}+\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}\vec{j}-\vec{k},$$

$$|gradF|=\sqrt{\frac{x^2}{x^2+y^2}+\frac{y^2}{x^2+y^2}+1}=\sqrt{2}.$$

Вектор $\vec{n}_1$ составляет с oz тупой угол, т. е. $\cos\gamma<0$, коэффициент перед $\vec{k}$ должен быть отрицательным.

Возьмем

$$\vec{n}_1=+\frac{gradF}{|gradF|}=\frac{x}{\sqrt{2(x^2+y^2)}}\vec{i}+\frac{y}{\sqrt{2(x^2+y^2)}}\vec{j}-\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{k},$$

Так как $\vec{n}=\cos\alpha\cdot\vec{i}+\cos\beta\cdot\vec{j}+\cos\gamma\cdot\vec{k}$

Получим: $\cos\gamma = -\frac{1}{\sqrt{2}}, |\cos\gamma| = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Вычислим:

$$\vec{u}\cdot\vec{n} = (1-2x)\frac{x}{\sqrt{2(x^2+y^2}} + 2y\frac{y}{\sqrt{2(x^2+y^2}} + 2z\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{x-2x^2+2y^2-2z\sqrt{x^2+y^2}}{\sqrt{2(x^2+y^2)}}$$

Учитывая, что на поверхности $z = \sqrt{x^2+y^2}$,

$$\vec{u}\cdot\vec{n}\big|_{z=\sqrt{x^2+y^2}} = \frac{x-2x^2+2y^2-2\sqrt{x^2+y^2}\cdot\sqrt{x^2+y^2}}{\sqrt{2(x^2+y^2)}} = \frac{x-4x^2}{\sqrt{2(x^2+y^2)}},$$

$$\Pi_{\sigma_1}(\vec{u}) = \iint\limits_D \left(\frac{\vec{u}\cdot\vec{n}}{|\cos\gamma|}\right)_{z=\sqrt{x^2+y^2}} ds = \iint\limits_D \frac{x-4x^2}{\sqrt{x^2+y^2}} ds.$$

Полученный интеграл вычислим в полярных координатах. Заменим

$x = \rho\cos\varphi, y = \rho\sin\varphi, ds = \rho d\varphi d\rho$

$$x^2+y^2 = 4 \Rightarrow \rho^2 = 4, \rho = 2$$

$$\Pi_{\sigma_1}(u) = \iint\limits_D \frac{\rho\cos\varphi - 4\rho^2\cos^2\varphi}{\sqrt{\rho^2}}\rho d\varphi d\rho = \iint\limits_D (\rho\cos\varphi - 4\rho^2\cos^2\varphi) d\varphi d\rho =$$

$$= \int\limits_0^{2\pi}\left(\int\limits_0^2 (\rho\cos\varphi - 4\rho^2\cos^2\varphi) d\rho\right) d\varphi = \int\limits_0^{2\pi}\left(\cos\varphi\frac{\rho^2}{2}\Big|_0^2 - 4\cos^2\varphi\frac{\rho^3}{3}\Big|_0^2\right) d\varphi = \int\limits_0^{2\pi}(2\cos\varphi - \frac{32}{3}\cos^2\varphi) d\varphi =$$

$$= 2\sin\varphi\Big|_0^{2\pi} - \frac{16}{3}\int\limits_0^{2\pi}(1+\cos 2\varphi) d\varphi = -\frac{16}{3}(\varphi + \frac{1}{2}\sin 2\varphi)\Big|_0^{2\pi} = -\frac{32\pi}{3}.$$

Вычислим $\Pi_{\sigma_2}(u)$ поток вектора u через круг σ_2 в плоскости $z = 2$. Единичный вектор внешней нормали этой плоскости равен $\vec{k} = (0,0,1)$; $\vec{n} = \vec{k}$; поэтому

$$\bar{u}\cdot n = (1-2x)\cdot 0 + 2y\cdot 0 + 2z\cdot 1 = 2z, \cos\gamma = \cos 0 = 1, \frac{u\cdot n}{|\cos\gamma|}\Big|_{z=2} = 2\cdot 2 = 4.$$

$$\Pi_{\sigma_2}(\vec{u}) = \iint\limits_D 4 ds = 4\iint\limits_D ds = 4\cdot S = 4(\pi R^2) = 4\pi\cdot 2^2 = 16\pi,$$

(D – круг радиуса 2).

Следовательно, $\Pi_\sigma(\vec{u}) = \Pi_{\sigma_1}(\vec{u}) + \Pi_{\sigma_2}(\vec{u}) = -\frac{32\pi}{3} + 16\pi = \frac{16\pi}{3}$.

Ответ: $\Pi_\sigma = \frac{16\pi}{3}$.

4. Вычисление и применение криволинейного интеграла

Схема решения задач

1. По условию задачи выбрать формулу и записать искомую величину в виде криволинейного интеграла первого или второго рода.

2. Выразить из уравнения кривой все переменные и их дифференциалы через одну переменную и ее дифференциал. Всё подставить в подынтегральное выражение.

3. Найти интервал изменения этой переменной на заданной дуге кривой и вычислить полученный определенный интеграл.

Пример 10

Вычислить $\int\limits_L \frac{y^3 dl}{\sqrt{2-y^2}}$, если L – дуга $\overset{\cup}{OA}$ синусоиды $y = \sin x, O(0,0), A\left(\frac{\pi}{2}; 1\right)$.

Решение

Для вычисления криволинейного интеграла первого рода найдем *dl*. Из уравнения кривой $y = \sin x \quad y' = (\sin x)' = \cos x, dl = \sqrt{1+(y')^2}\,dx = \sqrt{1+\cos^2 x}\,dx$. Так как кривая L не ориентирована, возьмем : $0 \le x \le \frac{\pi}{2}$, y и dl подставим в подынтегральное выражение. Получим и вычислим определенный интеграл.

$$\int\limits_L \frac{y^3 dl}{\sqrt{2-y^2}} = \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^3 x \cdot \sqrt{1+\cos^2 x}}{\sqrt{2-\sin^2 x}} dx = \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^3 x \sqrt{1+\cos^2 x}}{\sqrt{1+\cos^2 x}} dx = \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3 x dx = \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 x \cdot \sin x dx =$$

$$= \int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\cos^2 x)\sin x dx = \left| \begin{array}{l} \cos x = t, -\sin x dx = dt, \ \sin x dx = -dt \\ x = 0, t = \cos 0 = 1, \ x = \frac{\pi}{2}, t = \cos\frac{\pi}{2} = 0 \end{array} \right| = \int\limits_1^0 (1-t^2)(-dt) = \int\limits_0^1 (1-t^2)dt =$$

$= (t - \frac{t^3}{3})\Big|_0^1 = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}.$

Пример 11

Вычислить $\int\limits_L x\sqrt[3]{y}dx - 6x^3dy$ по дуге кривой $y = x^3$ от A (1,1) до B (-1,-1).

Решение

Для вычисления криволинейного интеграла второго рода выразим y и dy через x и dx из уравнения кривой $y = x^3, dy = 3x^2dx.$ В интегралах второго рода кривая ориентирована. При движении по кривой от A до B переменная x изменяется от 1 до –1. Всё подставим в подынтегральное выражение.

$$\int\limits_L x\cdot\sqrt[3]{y}dy - 6x^2dy = \int\limits_1^{-1}(x\cdot\sqrt[3]{x^3}dx - 6x^3\cdot 3x^2dx) = \int\limits_1^{-1}(x^2 - 18x^5)dx = (\frac{x^3}{3} - 3x^6)\Big|_1^{-1} = (-\frac{1}{3} - 3) - (\frac{1}{3} - 3) = -\frac{2}{3}.$$

Пример 12

Найти массу дуги $\overset{\cup}{OA}$ кривой $y = \frac{2x\sqrt{x}}{3}$, если линейная плотность массы в точке $M\,(x,y)$ пропорциональна длине дуги $\left|\overset{\cup}{OM}\right|$, $O(0,0)$, $A(4,\frac{16}{3})$.

Решение

Выберем формулу $m = \int\limits_L \delta(x,y)dl$, где $\delta = \delta(x,y)$ - линейная плотность массы. По условию задачи $\delta = k\left|\overset{\cup}{OM}\right| = kl.$ Найдем длину дуги $\overset{\cup}{OM}: l = \int\limits_{\overset{\cup}{OM}} dl$. Уравнение $\overset{\cup}{OM}: y = \frac{2x\sqrt{x}}{3}$, тогда $y' = \frac{2}{3}\cdot\frac{3}{2}x^{\frac{1}{2}} = \sqrt{x}, dl = \sqrt{1+(y')^2}dx = \sqrt{1+x}dx.$

$$l = \int\limits_{\overset{\cup}{OM}} \sqrt{1+x}dx = \int\limits_0^x \sqrt{1+x}dx = \int\limits_0^x (1+x)^{\frac{1}{2}}d(1+x) = \left.\frac{(1+x)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\right|_0^x = \frac{2}{3}((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1).$$

Получим $\delta = \frac{2k}{3}((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1)$,

$m = \int\limits_{\overset{\cup}{OA}} \frac{2k}{3}((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1)dl, \quad dl = \sqrt{1+x}dx = (1+x)^{\frac{1}{2}}dx, \quad 0 \le x \le 4,$ так как $\overset{\cup}{OM}$ и $\overset{\cup}{OA}$ - дуги одной кривой.

$$m = \int_0^4 \frac{2k}{3}((1+x)^{\frac{3}{2}} - 1)(1+x)^{\frac{1}{2}}dx = \frac{2k}{3}\int_0^4 ((1+x)^2 - (1+x)^{\frac{1}{2}})dx = \frac{2k}{3}(\frac{(1+x)^3}{3} - \frac{2}{3}(1+x)^{\frac{3}{2}})\Big|_0^4 =$$

$$= \frac{2k}{3}(\frac{5^3}{3} - \frac{2}{3}5^{\frac{3}{2}}) - \frac{2k}{3}(\frac{1}{3} - \frac{2}{3}) = \frac{2k}{9}(125 - 10\sqrt{5} + 1) = \frac{2k}{9}(126 - 10\sqrt{5}).$$

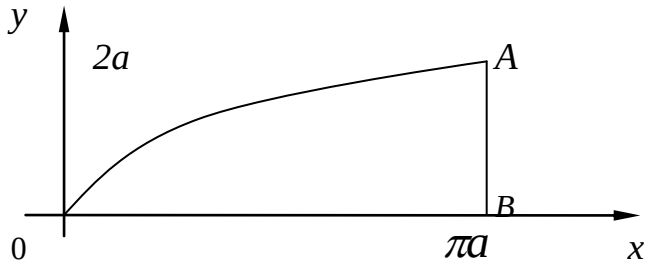
Ответ: $m = \frac{2k}{9}(126 - 10\sqrt{5}).$

Пример 13

Вычислить работу силового поля $\vec{F} = (2a - y)\vec{i} + (y - a)\vec{j}$ при движении точки вдоль первой арки циклоиды $x = a(t - \sin t), y = a(1 - \cos t)$ от $O(0,0)$ до $A(\pi a; 2a)$. Найти циркуляцию векторного поля $\vec{F}$ вдоль замкнутого контура $OBAO$, составленного из дуги $\overset{\cup}{AO}$ циклоиды и двух прямых OB и BA, если $B(\pi a; 0)$. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OA}$ циклоиды.

Решение

Сделаем чертеж



1) Обозначим работу поля $\vec{F} = P(x,y)\vec{i} + Q(x,y)\vec{j}$ через W и найдем её по формуле

$$W = \int_L \vec{F}\,\vec{dr} = \int_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy;$$

$$W = \int\limits_{\overset{\cup}{OA}} (2a - y)dx + (y - a)dy.$$

Из уравнения OA:

$$x = a\,(t - \sin t),\ dx = a\,(1 - \cos t)\,dt$$

$$y = a\,(1 - \cos t),\ dy = a \sin t\, dt.$$

В точке $O\,(0, 0)$ $y = 0$, $0 = a\,(1 - \cos t)$, $\cos t = 1$, $t = 0$, в точке $A\,(\pi a;\ 2a)$, $y = 2a$, $2a = a\,(1 - \cos t)$, $2 = 1 - \cos t$, $\cos t = -1$, $t = \pi$ (обязательно проверяем, получаются, ли значения x в этих точках при найденных значениях t).

$$W = \int_0^{\pi}((2a - a + a\cos t)a(1-\cos t)dt + (a - a\cos t - a)a\sin t dt)) =$$

$$= \int_0^{\pi}(a^2(1+\cos t)(1-\cos t) - a^2\cos t\sin t)dt = a^2\int_0^{\pi}(1-\cos^2 t - \cos t\sin t)dt = a^2\int_0^{\pi}(\sin^2 t - \frac{1}{2}\sin 2t)dt =$$

$$= \frac{a^2}{2}\int_0^{\pi}(1-\cos 2t)dt - \frac{a^2}{2}\int_0^{\pi}\sin 2t dt = \frac{a^2}{2}(t - \frac{1}{2}\sin 2t)\Big|_0^{\pi} + \frac{a^2}{2}\cdot\frac{1}{2}\cos 2t\Big|_0^{\pi} = \frac{a^2\pi}{2}.$$

Найдем циркуляцию поля $\vec{F}$ вдоль замкнутого контура $OBAO$ по формуле

$$Ц_L = \oint_L \vec{F}\cdot\vec{dr} = \oint_L P(x,y)dx + Q(x,y)dy = \oint_L (2a - y)dx + (y - a)dy.$$

Контур $L = OBAO = OB + BA + A\breve{O}$

$$\oint_L = \int_{OB} + \int_{\breve{BA}} + \int_{AO}$$

$$\int_{OB} = \int_{OB}(2a - y)dx + (y - a)dy$$

Из уравнения OB: $y = 0$ получим $dy = 0$, x изменяется от 0 до πa.

$$\int_{OB} = \int_0^{\pi a}(2a - 0)dx = 2ax\Big|_0^{\pi a} = 2\pi a^2$$

$$\int_{BA} = \int_{BA}(2a - y)dx + (y - a)dy$$

Из уравнения BA: $x = \pi a, dx = 0, y$ изменяется от 0 до $2a$.

$$\int_{BA} = \int_0^{2a}(y - a)dy = \left(\frac{y^2}{2} - ay\right)\Big|_0^{2a} = 2a^2 - 2a^2 = 0.$$

$$\int_{AO} = -\int_{\breve{OA}} = -\int_{\breve{OA}}(2a - y)dx + (y - a)dy = -W = -\frac{\pi a^2}{2}$$

$$Ц_L(\vec{F}) = 2\pi a^2 + 0 - \frac{\pi a^2}{2} = \frac{3\pi a^2}{2}$$

2) Найдем поток поля $\vec{F}$ через кривую $\overset{\smile}{OA}$ по формуле

$$\Pi_L(\vec{F}) = \int_L Q(x,y)dx - P(x,y)dy = \int_{\overset{\smile}{OA}} (y-a)dx - (2a-y)dy =$$

$$= \int_0^{\pi} \left((a - a\cdot\cos\ t - a)\cdot a\cdot(1-\cos\ t)dt - (2a - a + a\cos\ t)\, a\cdot\sin\ t\, dt \right) =$$

$$= \int_0^{\pi} (-a^2\cos\ t\cdot(1-\cos\ t) - a^2\cdot(1+\cos\ t)\cdot\sin\ t)dt =$$

$$= a^2 \int_0^{\pi} (-\cos t + \cos^2 t - \sin t - \cos t\cdot\sin t)\, dt =$$

$$= a^2(-\sin\ t\Big|_0^{\pi} + \frac{1}{2}\int_0^{\pi}(1+\cos 2t)dt + \cos\ t\Big|_0^{\pi} - \frac{1}{2}\int_0^{\pi}\sin 2t\, dt) =$$

$$= a^2(0 + \frac{1}{2}\left(t + \frac{1}{2}\sin 2t \right)\Big|_0^{\pi} + (-1-1) + \frac{1}{4}\cos 2t\Big|_0^{\pi}) = a^2\left(\frac{\pi}{2} - 2\right).$$

Ответ: $W = \frac{\pi a^2}{2}; Ц_L(\vec{F}) = \frac{3\pi a^2}{2}; \Pi_{\overset{\smile}{OA}}(\vec{F}) = a^2\left(\frac{\pi}{2} - 2\right).$

Пример 14

Найти ротор и дивергенцию векторного поля $\vec{u} = \frac{2\vec{i} + \vec{j} - \vec{k}}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$ в произвольной точке M (x, y, z) и в точке $M_0(2;-2;1)$.

Решение

По формуле

$$rot\vec{u} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = (\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z})\vec{i} - (\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z})\vec{j} + (\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y})\vec{k};$$

$$P = \frac{2}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}; Q = \frac{1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}; R = \frac{-1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}.$$

Найдем частные производные

$$\frac{\partial P}{\partial x}=\left(\frac{2}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}\right)'_x=(2(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{1}{2}})'_x=2\cdot(-\frac{1}{2})(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}\cdot 2x=-\frac{2x}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}}.$$

Обозначив $r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ запишем

$$\frac{\partial P}{\partial x}=-\frac{2x}{r^3},\quad \frac{\partial P}{\partial y}=-\frac{2y}{r^3};\quad \frac{\partial P}{\partial z}=-\frac{2z}{r^3};$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}=-\frac{x}{r^3};\quad \frac{\partial Q}{\partial y}=-\frac{y}{r^3};\quad \frac{\partial Q}{\partial z}=-\frac{z}{r^3};$$

$$\frac{\partial R}{\partial x}=\frac{x}{r^3};\quad \frac{\partial R}{\partial y}=\frac{y}{r^3};\quad \frac{\partial R}{\partial z}=\frac{z}{r^3}.$$

Подставим найденные производные в формулу ротора

$$rot\vec{u}(M)=\left(\frac{y}{r^3}+\frac{z}{r^3}\right)\vec{i}-\left(\frac{x}{r^3}+\frac{2z}{r^3}\right)\vec{j}+\left(-\frac{x}{r^3}+\frac{2y}{r^3}\right)\vec{k}=\frac{(z+y)\vec{i}-(x+2z)\vec{j}+(2y-x)\vec{k}}{r^3}=$$

$$=\frac{(z+y)\vec{i}-(x+2z)\vec{j}+(2y-x)\vec{k}}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}}.$$

В точке M_0 (2;-2;1)

$$rot\vec{u}(M_0)=\frac{(1-2)\vec{i}-(2+2)\vec{j}+(-4-2)\vec{k}}{\sqrt{(4+4+1)^3}}=\frac{-1\vec{i}-4\vec{j}-6\vec{k}}{27}.$$

По формуле

$$div\vec{u}(M)=\frac{\partial P}{\partial x}+\frac{\partial Q}{\partial y}+\frac{\partial R}{\partial z}$$

$$div\vec{u}(M)=-\frac{2x}{r^3}-\frac{y}{r^3}+\frac{z}{r^3}=-\frac{2x+y-z}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}}$$

$$div\vec{u}(M_0)=-\frac{4-2-1}{27}=-\frac{1}{27}.$$

Ответ:

$$rot\vec{u}(M) = \frac{(z+y)\vec{i} - (x+2z)\vec{j} + (2y-x)\vec{k}}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}},$$

$$rot\vec{u}(M_0) = -\frac{1}{27}(\vec{i} + 4\vec{j} + 6\vec{k}),$$

$$div\vec{u}(M) = -\frac{2x+y-z}{\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3}},$$

$$div\vec{u}(M_0) = -\frac{1}{27}.$$

V. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной линиями $xy = 2$, $y = 2x$, $2y = x$ и расположенной в первой четверти $(x \geq 0, y \geq 0)$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_0 = 3$.

2. Найти площадь фигуры $2x \leq x^2 + y^2 \leq 4x, 0 \leq y \leq x\sqrt{3}$.

Ответ: $S = \pi + \frac{3\sqrt{3}}{4}$.

3. Найти электрический заряд кривой $y = \frac{x^2}{2}$, $1 \leq x \leq 2$, если плотность заряда $\lambda = \frac{y}{x}$.

Ответ: $q = \frac{1}{6}(5\sqrt{5} - 2\sqrt{2})$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = y(x-y)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по эллипсу $x=2\cos t$, $y = \sin t$ из A (2, 0) в B (0,1). Найти циркуляцию $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABDA$, где D(-1,1), BD и DA - прямые. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ эллипса.

Ответ: $W = \frac{\pi}{2}$; $\quad Ц = \frac{\pi}{2}$; $\quad П = \frac{7}{3}$.

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $x = 0$, $y = 0$, $z = 1$, $z = 3$, $2x + y = 3$.

Ответ: $C(\frac{1}{2}; 1, 2)$.

6. Найти массу части сферы $x^2 + y^2 + z^2 = a^2$, расположенной в первом октанте $(x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0)$, если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = \frac{1}{8}\pi^2 a^3$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = -(3y^2 + 2x^2)\vec{i} + 2x^2\vec{j} - (2x^2 + y^2)\vec{k}$ в точке $M(x,y,z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -4, rot\vec{a}(M_0) = -2\vec{i} + 4\vec{j} + 10\vec{k}$.

Вариант 2

1. Найти ординату центра массы фигуры, ограниченной линиями $y = e^x, y = e^{-x}, x = 1,$ если поверхностная плотность массы $\delta = e^x$.

Ответ: $y = \dfrac{e^3 - 3e^{-1} - 4}{3e^2 - 9}$.

2. Найти площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho = a(1 - \sin\varphi)$ и окружностью $\rho = a$ и расположенной вне кардиоиды.

Ответ: $s = \dfrac{a^2(8-\pi)}{4}$.

3. Найти массу дуги параболы $y^2 = 2px, 0 \le x \le \dfrac{p}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = |y|$.

Ответ: $m = \dfrac{2p^2}{3}(2\sqrt{2} - 1)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = -y\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по окружности $x = 2\cos t$, $y = 2\sin t$ из A (2,0) в B (-2,0). Найти циркуляцию $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABDA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BD и DA, где D (-2;-2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 4\pi, \quad \Pi = 0, \quad Ц = 4\pi + 8.$

5. Найти момент инерции относительно оси Oz однородного тела, ограниченного поверхностями $x + y + z = a\sqrt{2}, \; x^2 + y^2 = a^2, z = 0,$ если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \dfrac{\pi a^5}{\sqrt{2}}$.

6. Найти электрический заряд части поверхности $z = \dfrac{1}{2}(x^2 + y^2),$ отсеченной плоскостью $z = 1$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = z$.

Ответ: $q = \dfrac{2\pi(1 + 6\sqrt{3})}{15}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля в точке M (x, y, z) и в точке $M_0(1,2,3)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 0, rot\vec{a}(M_0) = -2\vec{i} + 4\vec{j} - 2\vec{k}.$

Вариант 3

1. Найти момент инерции относительно оси ox однородной фигуры, ограниченной линиями $\frac{y}{h}-\frac{3x}{a}=1,\ \frac{y}{h}+\frac{3x}{2a}=1, y=0,$ если поверхностная плотность массы $\delta=1.$

Ответ: $J_x=\frac{ah^3}{12}.$

2. Найти площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho=4(1+\sin\varphi)$ и прямой $\rho\sin\varphi=3$ и расположенной выше прямой.

Ответ: $S=8\pi+9\sqrt{3}.$

3. Найти электрический заряд кривой $y=\ln\cos x, 0\le x\le\frac{\pi}{6},$ если линейная плотность заряда равна $\lambda=\sin x\cdot\cos^2 x.$

Ответ: $q=\frac{1}{8}.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=(x^2-y^2)\vec{i}+(x^2+y^2)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x=2\cos t, y=\sin t$ от $A(2;0)$ до $B(0;1)$. Найти циркуляцию $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABDA,$ составленному из дуги $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BD и DA, если D (0;-1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W=\frac{5}{3};\quad \Pi=\frac{19}{3};\quad Ц=\frac{14}{3}.$

5. Найти массу тела, ограниченного поверхностями $z=\sqrt{x}, z=2\sqrt{x}, x+y=6, y=0,$ если плотность массы $\delta=2z.$

Ответ: $m=108.$

6. Найти координаты центра массы части однородной поверхности $z=\sqrt{x^2+y^2}$, вырезанной поверхностью $x^2+y^2=ax.$

Ответ: $C\left(\frac{a}{2};0;\frac{16a}{9\pi}\right).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=\sqrt{x^2+y^2+z^2}(3\vec{i}+2\vec{j}-4\vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,-2,-2).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=\frac{7}{3};\ rot\vec{a}(M_0)=\frac{1}{3}(12\vec{i}-2\vec{j}+8\vec{k}).$

Вариант 4

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной кривыми $y = x^2, y = 2x^2, x = 1, x = 2.$

Ответ: $c\left(\frac{45}{28}; \frac{279}{70}\right).$

2. Найти момент инерции относительно начала координат фигуры $x^2 + y^2 \le 2Rx,$ если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}.$

Ответ: $J_0 = \frac{512R^5}{75}.$

3. Найти массу участка кривой $\begin{cases} x = \cos t \\ y = \sin t, 0 \le t \le \pi \end{cases}$, если линейная плотность массы $\delta = y.$

Ответ: $m = 2.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = y(x-y)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2x^2$ от O (0,0) до B (1,2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, составленному из дуги $\overset{\cup}{OB}$ параболы и прямых BD и DO, если D (-1,2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OB}.$

Ответ: $W = \frac{31}{30}; \quad Ц = \frac{241}{30}; \quad П = \frac{47}{30}.$

5. Найти объем тела, ограниченного поверхностями: $z = \sqrt{x}, z = 2\sqrt{x}, x + y = 6, y = 0.$

Ответ: $V = \frac{48\sqrt{6}}{5}.$

6. Найти электрический заряд части конической поверхности $z = \sqrt{y^2 + x^2},$ отсеченной цилиндром $x^2 + y^2 = 2ax,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = -(x^2 + y^2 + z).$

Ответ: $q = -3\sqrt{2}\pi a^4.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = x^2yz\vec{i} + xy^2z\vec{j} + xyz^2\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,2,3).$

Ответ: $diva(M_0) = 36, rot\vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - 16\vec{j} + 9\vec{k}.$

Вариант 5

1. Найти абсциссу центра массы фигуры, ограниченной линиями $y = \ln x, y = 0, y = 1, x = 0,$ если поверхностная плотность массы $\delta = e^y$.

Ответ: $\bar{x} = \frac{e}{3} + \frac{1}{3(e+1)}$.

2. Найти электрический заряд фигуры $x^2 + y^2 \le 2Rx, y \ge 0,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = \frac{16}{9} R^3$.

3. Найти момент инерции первого витка однородной винтовой линии $x = a\cos t,\ y = a\sin t,\ z = \frac{h}{2\pi} t$ относительно оси *oz*. Линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = a^2 \cdot \sqrt{4\pi^2 a^2 + h^2}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = x(y-1)\vec{i} + x^2\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = x^2$ от *B* (-2;4) до *C* (2,4). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, составленному из дуги $\overset{\cup}{BC}$ параболы и прямой *CB*. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{BC}$ параболы.

Ответ: *W* = 0, Ц = 0, П = -9,6.

5. Найти момент инерции относительно оси *Oy* однородного тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = R^2,\quad z = 0,\quad z = H,$ если масса тела равна *m*.

Ответ: $J_y = \frac{m}{12}\left(3R^2 + 4H^2\right)$.

6. Найти массу части поверхности $z = \sqrt{4 - x^2}$, отсеченной плоскостями *y* = 0, *y* = 5, *x*=0, *z*=0 *и расположенной в первой октанте*, если поверхностная плотность массы $\delta = z(x + y)$.

Ответ: *m* = 70.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}$, если $\vec{a} = \vec{b} \times \vec{c}$, где $\vec{a} = -(2x^2 + 3y^2)\vec{i} + 2x^2\vec{j} - (2x^2 + y^2)\vec{k},\ \vec{b} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j} - x^2\vec{k},\ \vec{c} = \vec{i} - 2\vec{j} - 3\vec{k}$ в точке *M (x ,y ,z)* и в точке M_0 (1,-1,1).

Ответ: $div\vec{a} = -4x,\quad rot\vec{a} = -2y\vec{i} + 4x\vec{j} + (4x + 6y)\vec{k}$.

Вариант 6

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $y = \frac{x}{2}, y = \sqrt{\frac{x}{2}},$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = -(xy^2 + 1).$

Ответ: $q = -\frac{47}{105}.$

2. Найти массу фигуры $1 \le x^2 + y^2 \le 9, \quad 0 \le x \le y,$ если поверхностная плотность массы $\delta = \frac{x}{y}.$

Ответ: $m = 2\ln 2.$

3. Найти момент инерции линии $y = e^x, \quad 0 \le x \le \frac{1}{2}$ относительно оси ох, если линейная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_x = \frac{1}{3}\left((1+e)^{\frac{3}{2}} - 2\sqrt{2}\right).$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x+2y)\vec{i} + (x-y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = 4\cos t, y = 3\sin t$ от B (0,3) до C (-4,0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, составленному из дуги эллипса $\overset{\smile}{BC}$ и прямых CD и DB, если D (0;-2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{BC}$ эллипса.

Ответ: $W = \frac{25 - 6\pi}{2}, \quad Ц = -4 - 3\pi, \quad П = -17.$

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $x = 3 - y^2 - z^2, x = 0.$

Ответ: C (1,0,0).

6. Найти площадь части плоскости $z = 4 - x$, вырезанной поверхностями $z = 0$, $x = y^2$.

Ответ: $S = \frac{32\sqrt{2}}{3}.$

6. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = -\left(3\frac{y}{x} + 2\frac{x}{y}\right)\vec{i} + 2\frac{x}{y}\vec{j} - \left(2\frac{x}{y} + \frac{y}{x}\right)\vec{k}$ в точке M (x, y, z) и в точке $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -1, rot\vec{a}(M_0) = \vec{i} + \vec{j} + 3\vec{k}.$

Вариант 7

1. Найти абсциссу центра массы однородной фигуры

Ответ: $\bar{x} = \dfrac{(4-\pi)(\sqrt{2}+1)}{4}$.

2. Вычислить площадь фигуры, ограниченной кардиоидой $\rho = 4(1+\cos\varphi)$ и прямой $\rho\cos\varphi = 3$ и расположенной справа от прямой.

Ответ: $S = 8\pi + 9\sqrt{3}$.

3. Найти координаты центра массы однородной кривой $\begin{cases} x = a\cos^3 t \\ y = a\sin^3 t \end{cases}, 0 \le t \le \dfrac{\pi}{2}$.

Ответ: $C\left(\dfrac{2a}{5}; \dfrac{2a}{5}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy - y^2)\vec{i} + x\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2\sqrt{x}$ от *O* (0,0) до *B* (1,2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *OCBO*, состоящему из дуги *BO* параболы и прямых *OC* и *CB*, если *C* (1; -1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OB}$ параболы.

Ответ: $W = -\dfrac{8}{15}$, Ц $= \dfrac{71}{30}$, П $= \dfrac{13}{6}$.

5. Вычислить электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 1,\ x^2 + y^2 = 3z,\ x = 0, y = 0,\ z = 0$ и расположенного в первом октанте $(x \ge 0, y \ge 0, z \ge 0),$ если плотность заряда $\lambda = -x.$

Ответ: $q = -\dfrac{1}{15}$.

6. Найти массу части плоскости $x + y + z = 4,$ вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = 4,$ если поверхностная плотность массы $\delta = (x^2 + y^2)^2 + z^2.$

Ответ: $m = \dfrac{280}{3}\pi\sqrt{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\,(2\vec{i} - 4\vec{j} + \vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ *и* $M_0(-2,2,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -\dfrac{11}{3}; rot\vec{a}(M_0) = \dfrac{1}{3}(6\vec{i} + 4\vec{j} + 4\vec{k}).$

Вариант 8

1. Найти ординату центра массы однородной фигуры $0 \le x \le \frac{\pi}{4}, 0 \le y \le \sin x.$

Ответ: $\bar{y} = \frac{(\pi - 2)(2 + \sqrt{2})}{16}.$

2. Найти момент инерции однородной фигуры $x^2 + y^2 \le 2y, y \ge 1$ относительно оси O*x*, если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_x = \frac{15\pi + 20}{24}.$

3. Найти длину дуги астроиды $\begin{cases} x = a\cos^3 t \\ y = a\sin^3 t \end{cases}.$

Ответ: $l = 6a.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x + 3y)\vec{i} + (y + 2x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = \frac{x + x^2}{2}$ от *B* (-1,0) до *O* (0,0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *OCBO*, состоящему из дуги *BO* параболы и прямых *OC* и *CB*, где *C* (-1,2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{BO}$.

Ответ: $W = -\frac{7}{12}$; Ц $= -\frac{13}{12}$; П $= -\frac{7}{6}.$

5. Вычислить электрический заряд тела, ограниченного плоскостями $x + y + z = 2$, $x = 0$, $z = 0$, $x - y = 0$, если плотность заряда $\lambda = -x.$

Ответ: $q = \frac{1}{6}.$

6. Найти массу полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta = z \cdot \sqrt{x^2 + y^2}.$

Ответ: $m = \frac{2}{3}\pi R^4.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = arctg\frac{z}{x + y}(2\vec{i} + \vec{j} + \vec{k})$ в точке *M(x,y,z)* и в точке $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -\frac{1}{5}$; $rot\vec{a}(M_0) = \frac{1}{5}(-3\vec{i} + 5\vec{j} + \vec{k}).$

Вариант 9

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $\sqrt{2y} = x, y = 2, x = 0.$

Ответ: $C\left(\frac{3}{4}, \frac{6}{5}\right).$

2. Найти электрический заряд кольца $\frac{\pi^2}{4} \le x^2 + y^2 \le 4\pi^2,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = \cos\sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = 2\pi - \pi^2.$

3. Найти электрический заряд участка кривой $\begin{cases} x = t^3 \\ y = t \\ z = t^2, \end{cases} \quad 0 \le t \le 1,$ если линейная плотность заряда $\lambda = \sqrt{1 + 4z + 9xy}$.

Ответ: $q = -\frac{62}{15}.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (2x + y)\vec{i} + (2x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y = 2x - x^2$ от *O* (0,0) до *B* (2,0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\smile}{BO}$ и прямых *OC* и *CB*, если *C* (2;-1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{OB}$.

Ответ: $W = \frac{8}{3}; Ц = \frac{7}{3}; \quad П = \frac{16}{3}.$

5. Найти массу тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x^2 + z^2}, y = b,$ если плотность массы $\delta = y.$

Ответ: $m = \frac{\pi b^4}{4}.$

6. Найти момент инерции относительно оси *Oz* части однородной поверхности сферы $x^2 + y^2 + z^2 = R^2, z \ge h,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_z = \frac{2\pi R}{3}(R - h)(2R^2 - Rh - h^2).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (2y^2 - 3x^2)\vec{i} - x^2\vec{j} + (y^2 - 3x^2)\vec{k}$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_o(1,3,-2).$

Ответ: $div\vec{a}(M_o) = -6, rot\vec{a}(M_o) = +6\vec{i} + 6\vec{j} - 14\vec{k}.$

Вариант 10

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $y=\sqrt{2x},\ x=2, y=0.$

Ответ: $C\left(\frac{6}{5},\frac{3}{4}\right).$

2. Найти момент инерции однородного круга $x^2+y^2\le 2Ry$ относительно оси Оx, если поверхностная плотность массы $\delta=1.$

Ответ: $J=\frac{5}{4}\pi R^4.$

3. Найти массу кривой $\sqrt{x}+\sqrt{y}=a, 0\le x\le a,$ если линейная плотность массы $\lambda=\sqrt{\frac{x^3}{x+y}}.$

Ответ: $m=\frac{a^2}{2}.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=(x+2y)\vec{i}+(x-y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x=\cos t, y=2\sin t$ от B (0;-2) до A (1;0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $BACB$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ и прямых AC и CB, если C (0;1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{BA}$.

Ответ: $W=\frac{5-\pi}{2};\ \text{Ц}=-\frac{1+\pi}{2};\ \Pi=\frac{9}{2}.$

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного плоскостями $z=0, z=ky$ и цилиндрической поверхностью $y=\sqrt{a^2-x^2}.$

Ответ: $C\left(0;\frac{3}{16}\pi a;\ \frac{3}{32}\pi ak\right).$

6. Найти электрический заряд части поверхности $2z=9-x^2-y^2,$ отсекаемой плоскостью $z=0,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda=x^2+y^2+z-2.$

Ответ: $q=\frac{\pi}{15}(500\sqrt{10}-23).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=\frac{2\vec{i}+\vec{j}-\vec{k}}{x^2+y^2+z^2}$ в произвольной точке $M(x,y,z)$ и в точке $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=-\frac{4}{9}; rot\vec{a}(M_0)=\frac{1}{9}(4\vec{i}-6\vec{j}+2\vec{k});$

Вариант 11

1. Вычислить массу плоской фигуры, ограниченной линиями $y = \frac{2}{3}\sqrt{9 - x^2}$, $y = 2x$, $x = 0$, если поверхностная плотность массы $\delta = y$.

Ответ: $m = \frac{4}{\sqrt{10}}$.

2. Найти момент инерции относительно оси Oy однородной фигуры $x^2 + y^2 \le 2x, x \ge 1,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = \frac{15\pi + 32}{24}$.

3. Найти массу кривой $y = \sqrt{x - x^2}$, если линейная плотность массы $\delta = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = 1$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 + y^2)\vec{i} + (y^2 - x^2)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге эллипса $x = 2\cos t$, $y = \sin t$ из A (0;-1) в B (2,0). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги AB эллипса и прямых BC и CA, если C (-2,0). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = \frac{5}{3}$; $\text{Ц} = -\frac{10}{3}$; $\text{П} = -\frac{13}{3}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = x^2 + y^2, y = x^2, z = 0, y = 1,$ если плотность заряда $\lambda = 3x + 4y$.

Ответ: $q = \frac{160}{63}$.

6. Найти координаты центра массы части однородной конической поверхности $x^2 + y^2 - z^2 = 0,$ находящейся между плоскостями $z = 0$, $z = h$.

Ответ: $C\left(0,0,\frac{2h}{3}\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}(3\vec{i} - 3\vec{j} + \vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке M_0 (2; -2,1).

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = \frac{13}{3}; rot\vec{a}(M_0) = \frac{1}{3}(\vec{i} + \vec{j})$.

Вариант 12

1. Вычислить координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной эллипсом $y = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}$ и осью абсцисс.

Ответ: $C\left(0; \frac{4b}{3\pi}\right)$.

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородного круга $x^2 + y^2 \le 4y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_0 = 24\pi$.

3. Найти электрический заряд линии $\begin{cases} x = t\cos t \\ y = t\sin t, 0 \le t \le 2\pi, \\ z = t \end{cases}$ если плотность заряда $\lambda = -z$.

Ответ: $q = \frac{\sqrt{8}}{3} - \frac{1}{3}\sqrt{(2+4\pi^2)^3}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (2x + y)\vec{i} + (2x - 3y)\vec{j}$ при перемещении точки от A (1,0) до B (-1,0) по параболе $y = 1 - x^2$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA, если C (-1;-1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{BA}$.

Ответ: $W = \frac{4}{3}$; Ц $= \frac{7}{3}$; П $= -\frac{4}{3}$.

5. Найти статический момент относительно плоскости xOz однородного тела, ограниченного поверхностями $x = \sqrt{y}$, $x = 2\sqrt{y}$, $z = 0$, $y + z = 6$, если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_{xz} = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти массу части поверхности $z = \frac{x^2 + y^2}{2}$, отсеченной плоскостью $z = 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = z$.

Ответ: $m = \frac{4\pi(6\sqrt{3}+1)}{15}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (x^2 + 2y^2)\vec{i} - 2y^2\vec{j} + \frac{2y^2 - x^2}{z}\vec{k}$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -3, rot\vec{a}(M_0) = 4\vec{i} + 2\vec{j} - 4\vec{k}$.

Вариант 13

1. Найти электрический заряд треугольной пластины с вершинами A (-2;-2), B (-1;2), C (-1; $-\frac{3}{2}$), если поверхностная плотность заряда $\lambda = 2x + y$.

Ответ: $q = -\frac{133}{24}$.

2. Найти момент инерции однородной фигуры, ограниченной кардиоидой относительно оси ox, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_x = \frac{21\pi a^4}{32}$.

3. Найти координаты центра массы кривой $\begin{cases} x = e^t \cos t \\ y = e^t \sin t \end{cases}, 0 \le t \le \frac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}}$.

Ответ: $C\left(\frac{e^{\frac{\pi}{2}} - 1}{\pi}; \frac{e^{\frac{\pi}{2}} + 1}{\pi}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 - 2xy)\vec{i} + (y^2 - 2xy)\vec{j}$ при перемещении точки по гиперболе $y = \frac{2}{x}$ от A (1,2) до B (2,1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\cup}{AB}$ и прямых BC и CA, если C (2,3). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 0$; Ц $= -\frac{2}{3}$; П $= -4$.

5. Найти статический момент относительно плоскости yoz однородного тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x}, y = 2\sqrt{x}, z = 0, x + z = 6$, если плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_{yz} = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти массу части конической поверхности $z = \sqrt{2xy}$, отсекаемой плоскостью $x + y = 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = \sqrt{2xy}$.

Ответ: $m = \frac{1}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (y^2 - 3x^2)\vec{i} + x^2\vec{j} + (2y^2 - 3x^2)\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,-1,1)$.

Ответ: $diva(M_0) = -6, rot\vec{a} = -4\vec{i} + 6\vec{j} + 4\vec{k}$.

Вариант 14

1. Найти момент инерции относительно оси *oy* однородного треугольника с вершинами *A* (,1); *B* (1,2); *C* (3,3), если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = 3.$

2. Найти статический момент относительно оси *Ox* однородной фигуры $1 \le x^2 + y^2 \le 2y,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $M_x = \dfrac{8\pi + 3\sqrt{3}}{12}.$

3. Найти длину дуги кривой $\begin{cases} x = e^t \cos t \\ y = e^t \sin t \\ z = e^t \end{cases}$ при $-\infty < t \le 0.$

Ответ: $l = \sqrt{3}.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^2 - 2xy)\vec{i} + (y^2 - 2xy)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = \dfrac{2}{x}$ от *A* (-2,-1) до *B* (-1,-2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ABCA*, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\smile}{AB}$ и прямых *BC* и *CA*, если *C* (1;-1). Найти поток вектора через дугу $\overset{\smile}{AB}$.

Ответ: $W = 0;$ Ц $= 2;$ $\Pi = -4.$

5. Вычислить массу тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 2z,$ z = 2, если плотность массы $\delta = x^2 + y^2.$

Ответ: $m = \dfrac{16\pi}{3}.$

6. Найти электрический заряд части поверхности конуса $x = \sqrt{y^2 + z^2},$ вырезанной цилиндром $y^2 + z^2 = 2ay,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = x^2 + y^2 + z^2.$

Ответ: $q = \dfrac{3\pi a^4}{\sqrt{2}}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = arctg\,\dfrac{z}{x+y}(\vec{i} - \vec{j} + \vec{k})$ в точках

M (x, y, z) и M_0 (1,1,1).

Ответ: $div a(M_0) = \dfrac{2}{5},$ $rot a(M_0) = \dfrac{1}{5}(i + 3j + 2k).$

Вариант 15

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной линиями $y^2 = 3x, y = x,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $C\left(\frac{6}{5}, \frac{3}{2}\right).$

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной кривой $\rho = 2a\cos\varphi,$ если плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_0 = \frac{3}{2}\pi a^4.$

3. Найти массу участка кривой $y = -\ln\cos x, 0 \le x \le \frac{\pi}{4},$ если линейная плотность массы $\delta = \sin^2 x \cdot \cos^2 x.$

Ответ: $m = \frac{\sqrt{2}}{12}.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{1}{x}\vec{i} + \frac{1}{y}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = 2\cos t, y = 2\sin t$ от $A(\sqrt{3}, 1)$ до $B(1, \sqrt{3})$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ACBA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ окружности и прямых AC и CB, где $C(\sqrt{3}; \sqrt{3})$. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ окружности.

Ответ: $W = 0,$ Ц $= 0,$ $\Pi = \frac{\pi}{3}.$

5. Найти заряд тела, ограниченного плоскостями $x = 0, y = 0, z = 0, y = h, x + z = a,$ если плотность заряда $\lambda = -x.$

Ответ: $q = -\frac{a^3 h}{6}.$

6. Вычислить массу участка поверхности $z = \sqrt{x^2 + y^2},$ отсеченного плоскостью $z = 1,$ если поверхностная плотность массы $\delta = x^2 + y^2 + 3z^2.$

Ответ: $m = 2\pi\sqrt{2}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (\vec{i} + 2\vec{j} + k)\ln(x + 2y + 3z)$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_1(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = \frac{4}{3}; rot\vec{a}(M_0) = \frac{-2i + j}{3};$

Вариант 16

1. Найти координаты центра массы фигуры, ограниченной линиями $x^2 = 3y$, $x = y$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(\frac{3}{2};\frac{6}{5}\right)$.

2. Найти массу круга радиуса *R*, плотность массы которого в каждой точке равна расстоянию от этой точки до окружности.

Ответ: $m = \frac{\pi R^3}{3}$.

3. Найти статический момент кривой $\begin{cases} x = 4\cos t \\ y = \sin t \end{cases}, 0 \le t \le \frac{\pi}{2}$ относительно оси *ox*, если линейная плотность массы $\delta = x$.

Ответ: $M_x = 5{,}6$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{x}{y}\vec{i} - \frac{y}{x}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = -\frac{2}{x}$ от *A* (1;-2) до *B* (2;-1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ACBA*, состоящему из дуги гиперболы $\overset{\cup}{BA}$ и прямых *AC* и *CB*, где $C(-2;-2)$. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ гиперболы.

Ответ: $W = 0$, $\text{Ц} = 0$, $\Pi = 2$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 = 2x$, $z = 0$, $z = 3$, если плотность заряда $\lambda = -z\sqrt{x^2 + y^2}$.

Ответ: $q = -8$.

6. Найти момент инерции относительно оси *oz* однородной полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \frac{4}{3}\pi R^4$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (y^2 + 3x^2)\vec{i} - 3x^2\vec{j} + (3x^2 - 2y^2)\vec{k}$ в точке *M* (*x*, *y*, *z*) и в точке $M_0(2,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 12, rot\vec{a}(M_0) = -4\vec{i} - 12\vec{j} - 14\vec{k}$.

Вариант 17

1. Найти момент инерции относительно оси *Ox* плоской однородной фигуры, ограниченной кривыми $y=\sqrt{2x}$, $x + y = 3$, $y = 0$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $J_x = 1{,}4.$

2. Найти массу фигуры $x^2 + y^2 \le 4x,$ если поверхностная плотность массы $\delta = x^2.$

Ответ: $m = 20\pi.$

3. Найти координаты центра массы однородной полуокружности $y=\sqrt{a^2 - x^2}.$

Ответ: $C\left(0; \frac{2a}{\pi}\right).$

4. Найти работу поля $\vec{F} = \frac{x\vec{i} - y\vec{j}}{x^2 + y^2}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = 3\cos t, y = 3\sin t$ от $A(3, 0)$ до $B(0, 3).$ Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ACBA*, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ окружности и прямых *AC* и *CB*, если *C*(3,3). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ окружности.

Ответ: $W = -1,$ $\text{Ц} = 1 - \ln 2,$ $\Pi = 0.$

5. Найти статический момент относительно плоскости *yoz* тела, ограниченного поверхностями $z = \frac{1}{2}x^2, x = 0, y = 0, z = 0, 3x + 2y = 12,$ если плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $M_{yz} = \frac{192}{5}.$

6. Найти электрический заряд части поверхности $z = 1 - (x^2 + y^2),$ отсеченной плоскостью $z = 0,$ если плотность заряда $\lambda = \sqrt{1 + 4x^2 + 4y^2}.$

Ответ: $q = 3\pi.$

7. Найти дивергенцию и ротор поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\,(2\vec{i} + \vec{y} + 3\vec{k})$ в точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(-1; 2; 2).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 2;$ $rot\vec{a}(M_0) = \frac{1}{3}(4\vec{i} + 7\vec{j} - 5\vec{k}).$

Вариант 18

1. Вычислить массу четверти кольца $4 \le x^2 + y^2 \le 9, \quad x \le 0, \quad y \ge 0,$ если поверхностная плотность массы $\delta = \dfrac{y - 2x}{x^2 + y^2}$.

Ответ: $m = 3.$

2. Найти координаты центра массы однородной фигуры, $1 \le x^2 + y^2 \le 2y,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1.$

Ответ: $C\left(0; \dfrac{8\pi + 3\sqrt{3}}{4\pi + 6\sqrt{3}}\right).$

3. Найти статический момент относительно оси Oy дуги кривой $\begin{cases} x = 4\cos t \\ y = \sin t, \end{cases}$ $0 \le t \le \dfrac{\pi}{2},$ если линейная плотность массы $\delta = y.$

Ответ: $M_y = 5{,}6.$

4. Найти работу поля $\vec{F} = \cos\sqrt{y}\vec{i} + (x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге $\overset{\cup}{BO}$ параболы $y = x^2.$ Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BOC}$ параболы $y = x^2$ и прямой CB, B (-1, 1), O (0, 0), C (1, 1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OC}$ параболы.

Ответ: $W = \dfrac{7}{6} + \sin 1, \quad \text{Ц} = \dfrac{4}{3} + 2\sin 1 - 2\cos 1, \quad \Pi = -2(\sin 1 + \cos 1) + \dfrac{1}{6},$

5. Найти момент инерции линии $y = \ln x, 1 \le x \le \sqrt{e},$ относительно оси оу, если линейная плотность $\delta = 1.$

Ответ: $J_y = \dfrac{1}{3}\left((1 + e)^{3/2} - 2\sqrt{2}\right).$

6. Вычислить электрический заряд части поверхности конуса $x = \sqrt{y^2 + z^2}$, отсеченной плоскостью $x = 2,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = -(5x^2 + 3y^2 + 3z^2 + 4).$

Ответ: $q = -80\pi\sqrt{2}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = (2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k})\cos(2x + y - z)$ в произвольной точке $M\ (x, y, z)$ и в точке $M_0\left(\dfrac{\pi}{4}; \dfrac{\pi}{4}; \dfrac{\pi}{4}\right).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -3; rot\vec{a}(M_0) = -7\vec{i} + 10\vec{j} - 4\vec{k}.$

Вариант 19

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной эллипсом $\frac{x^2}{25}+\frac{y^2}{16}=1$ и осями координат, если поверхностная плотность заряда $\lambda.=x$ и фигура расположена при $x\ge 0,\quad y\ge 0.$

Ответ: $q=\frac{100}{3}\cdot$

2. Найти координаты центра массы однородной фигуры $1\le x^2+y^2\le 2x,$ если поверхностная плотность массы $\delta=1.$

Ответ: $C\left(\frac{8\pi+3\sqrt{3}}{4\pi+6\sqrt{3}};0\right).$

3. Найти статический момент относительно оси ox однородной циклоиды $\begin{cases}x=t-\sin t\\ y=1-\cos t\end{cases},\ 0\le t\le 2\pi,$ если линейная плотность массы $\delta=1.$

Ответ: $M_x=\frac{32}{3}.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=\frac{y^2\vec{i}+x^2\vec{j}}{xy}$ при перемещении точки по дуге кривой $y=\frac{4}{x^2}$ от A (1, 4) до B (2, 1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ кривой $y=\frac{4}{x^2}$ и прямых BC и CA, если C (8, 4). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ этой кривой.

Ответ: $W=-0{,}5;\text{Ц}=8{,}5-\ln 8;\text{П}=7{,}1375.$

5. Вычислить момент инерции относительно оси oz однородного цилиндра $x^2+y^2\le 2Ry, 0\le z\le H,$ если масса цилиндра равна $m.$

Ответ: $J_z=\frac{3}{2}mR^2.$

6. Найти массу части поверхности, $z=\sqrt{9-x^2}$ отсеченной плоскостями $y = 0$ и $y = 3$, если поверхностная плотность массы $\delta=\frac{1}{x^2+y^2+z^2}.$

Ответ: $m=\frac{\pi^2}{4}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=\left(\frac{y}{x}+\frac{3x}{y}\right)\vec{i}-\frac{3x}{y}\vec{j}+\left(\frac{3x}{y}-\frac{2y}{x}\right)\vec{k}$ в произвольной точке M (x, y, t) и в точке $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=5; rot\vec{a}(M_0)=-5\vec{i}-5\vec{j}-\vec{k}.$

Вариант 20

1. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной кривой $\sqrt{x}+\sqrt{y}=\sqrt{a}$ и осями координат.

Ответ: $C\left(\frac{a}{5};\frac{a}{5}\right)$.

2. Найти статический момент относительно оси Ox однородной фигуры $x^2+y^2\le 2y$, если поверхностная плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $M_x=\pi$.

3. Найти момент инерции относительно оси *Ox* одной арки однородной циклоиды $\begin{cases}x=a(t-\sin t)\\ y=a(1-\cos t)\end{cases}$. Линейная плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $J_x=\frac{256}{15}a^3$.

4. Найти работу поля $\vec{F}=(x-y^2)\vec{i}+2xy\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y=2-x^2$ от *A* (-1,1) до *B* (1,1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ACBA*, составленному из дуги $\overset{\cup}{BA}$ параболы и прямых *AC* и *CB*, где *C* (-1; 0). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W=-\frac{142}{15};\text{Ц}=\frac{152}{15};\text{П}=\frac{4}{3}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $x^2+z^2=1, y=0$, $y=1$, если плотность заряда $\lambda=-(x^2+y^2+z^2)$.

Ответ: $q=-\frac{3}{2}\pi$.

6. Найти массу полусферы $z=\sqrt{R^2-x^2-y^2}$, если поверхностная плотность массы $\delta=\frac{z}{R}$.

Ответ: $m=\pi R^2$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=arctg\frac{x+y}{z}(\vec{i}+2\vec{j}+\vec{k})$ в произвольной точке $M(x, y, z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=\frac{1}{5};rot\vec{a}(M_0)=\frac{1}{5}(5\vec{i}-3\vec{j}+\vec{k})$.

Вариант 21

1. Найти массу фигуры, ограниченной эллипсом $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1,$ если плотность массы $\delta=|y|$.

Ответ: $m=\frac{4}{3}ab^2.$

2. Найти электрический заряд, распределенный с поверхностной плотностью $\lambda=\sqrt{1-x^2-y^2}$ в области $x^2+y^2\le y.$

Ответ: $q=\frac{3\pi-4}{9}.$

3. Найти статический момент относительно оси Ox циклоиды $\begin{cases}x=a(t-\sin t)\\y=a(1-\cos t)\end{cases},0\le t\le 2\pi,$ если линейная плотность массы $\delta=y.$

Ответ: $M_x=\frac{512}{15}a^3.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=\frac{y^2}{x}\vec{i}+\frac{x^2}{y}\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y=\sqrt{x}$ от $A(1;1)$ до $B(4;2)$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $ABCA$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA, где $C(1;2)$. Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ параболы.

Ответ: $W=6{,}75,\ Ц=6{,}75-\ln 2-4\ln 4,\ \Pi=\frac{57}{5}.$

5. Найти координаты центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z=1-\sqrt{x^2+y^2}, z=0.$

Ответ: $C\left(0;0;\frac{1}{4}\right).$

6. Найти момент инерции относительно оси oz , часть однородной поверхности $z=\frac{h}{a}\sqrt{x^2+y^2},$ отсеченной плоскостью $z=h.$

Ответ: $J_z=\frac{1}{2}\pi a^3\sqrt{a^2+h^2}.$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля вектора $\vec{a}$ в точке $M(x,y,z)$ и в точке $M_0(1,1,1)$, если $\vec{a}=\vec{b}\times\vec{c},$ где $\vec{b}=x^2\vec{i}+y^2\vec{j}-x^2\vec{k},\vec{c}=2\vec{i}+3\vec{j}+\vec{k}.$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=6, rot\vec{a}=(M_0)=-4\vec{i}-6\vec{j}-8\vec{k}.$

Вариант 22

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $\sqrt{x}+\sqrt{y}=\sqrt{a}, x=0, y=0,$ если поверхностная плотность заряда $\lambda = x.$

Ответ: $q=\frac{a^3}{30}.$

2. Найти площадь фигуры $1 \le x^2+y^2 \le 2x.$

Ответ: $S=\frac{2\pi+3\sqrt{3}}{6}.$

3. Найти моменты инерции однородной окружности $x^2+y^2=r^2$ относительно осей координат. Масса окружности равна m.

Ответ: $J_x=J_y=\frac{1}{2}mr^2.$

4. Найти работу поля $\vec{F}=xy\vec{i}+(y-x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $\begin{cases} x=t \\ y=(t+1)^2 \end{cases}$ от A (-1;0) до B (0,1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых BC и CA, если C (-1;2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W=\frac{3}{4}; Ц=-\frac{5}{12}; П=\frac{14}{15}.$

5. Вычислить массу тела, ограниченного поверхностями $2x + z = 4, x + z = 2, y = \sqrt{2x},$ если плотность $\delta = y.$

Ответ: $m=\frac{4}{3}.$

6. Найти координаты центра массы полусферы $z=\sqrt{R^2-x^2-y^2},$ если поверхностная плотность массы $\delta = x^2+y^2.$

Ответ: $C\left(0,0,\frac{3}{8}R\right).$

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $a=\text{grad}\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ в произвольной точке и в точке $M_0(2,2,1).$

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=\frac{2}{3}; rot\vec{a}(M_0)=0.$

Вариант 23

1. Найти электрический заряд, распределенный в области, ограниченной кривыми $x=0, y=\pi, \quad y=x$ с поверхностной плотностью $\lambda=\cos(x+y)$.

Ответ: $q=-2$.

2. Найти статический момент однородного круга $x^2+y^2\le 2x$ относительно оси оу.

Ответ: $M_y=\pi$.

3. Вычислить массу участка винтовой линии $\begin{cases} x=a\cos t \\ y=a\sin t, 0\le t\le \dfrac{\pi}{2} \\ z=bt \end{cases}$, если линейная плотность массы $\delta=xy$.

Ответ: $m=\dfrac{a^2}{2}\sqrt{a^2+b^2}$.

4. Найти работу поля $\vec{F}=(y-x)\vec{i}+xy\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы y = $(x+1)^2$ от *A* (-2;1) до *B* (0;1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру *ABCA*, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ параболы и прямых *BC* и *CA*, если *C* (0;3). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$ параболы.

Ответ: $W=\dfrac{52}{15}; \text{Ц}=-\dfrac{8}{5}; \Pi=\dfrac{22}{3}$.

5. Найти центр массы однородного конуса, ограниченного поверхностями $z=\dfrac{h}{R}\sqrt{x^2+y^2}$, z = *h*.

Ответ: $C=\left(0,0,\dfrac{3}{4}h\right)$.

6. Вычислить момент инерции относительно оси *Oz* части однородной поверхности сферы $x^2+y^2+z^2=R^2, x\ge 0, z\ge 0, y\ge 0,$ если поверхностная плотность массы $\delta=1$.

Ответ: $J_z=\dfrac{\pi R^4}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=\vec{i}\sin(y^2+3x^2)-\vec{j}\sin(y^2+3x^2)+\vec{k}\sin(3x^2-2y^2)$ в произвольной точке *M*(*x*, *y*, *z*) и в точке $M_0(\sqrt{\dfrac{\pi}{3}}; -\sqrt{\dfrac{\pi}{3}};0)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=-4\sqrt{\dfrac{\pi}{3}}; rot\vec{a}(M_0)=\sqrt{\dfrac{\pi}{3}}(2\vec{i}-3\vec{j}+2\vec{k})$.

Вариант 24

1. Найти массу, распределенную в области, ограниченной линиями $y=1, y=2, x=0$, $y = e^x$ с поверхностной плотностью $\delta = e^x$.

Ответ: $m = \frac{1}{2}$.

2. Найти момент инерции относительно начала координат однородной фигуры, ограниченной одним лепестком лемнискаты $\rho = a\sqrt{\cos 2\varphi}, -\frac{\pi}{2} \le \varphi \le \frac{\pi}{2}$.

Ответ: $J_0 = \frac{\pi a^4}{4}$.

3. Найти координаты центра массы однородной циклоиды $\begin{cases} x = a(t - \sin t) \\ y = a(1 - \cos t) \end{cases}, 0 \le t \le 2\pi$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(\pi a, \frac{4}{3}a\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy + x + y)\vec{i} + (xy + x - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $x = \sqrt{y}$ от O(0,0) до $A(2,4)$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $OACO$, состоящему из дуги OA параболы и прямых AC и CO, если C (0,2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\smile}{OA}$ в сторону выпуклости дуги.

Ответ: $W = 18{,}8; \Pi = 22{,}8; Ц = \frac{52}{15}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $y = \sqrt{x}, y = 2\sqrt{x}, z = 0, x + z = 6,$ если плотность заряда $\lambda = x$.

Ответ: $q = \frac{864\sqrt{6}}{35}$.

6. Найти координаты центра массы части поверхности $z = \frac{x^2 + y^2}{2}$ при $z \le 1$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $C\left(0, 0, \frac{6\sqrt{3}+1}{5(3\sqrt{3}-1)}\right)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}$, если $\vec{a} = \vec{b} \times \vec{c}$, где $\vec{b} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j} - x^2\vec{k}, \vec{c} = \vec{i} - \vec{j} + 2\vec{k}$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1, -1, 1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_o) = -2, rot\vec{a}(M_0) = 2\vec{i} + 2\vec{j} - 2\vec{k}$.

Вариант 25

1. Найти статический момент относительно оси *Ox* массы, распределенной с плотностью $\delta = \frac{1}{x}$ в области, ограниченной линиями $y = x, y = 2x, x = 1, x = 2.$

Ответ: $M_x = 2{,}25.$

2. Вычислить момент инерции однородного круга радиуса *R* массы *m* относительно начала координат.

Ответ: $J_0 = \frac{1}{2}mR^2.$

3. Вычислить массу участка кривой $y = 0{,}5x^2, 0 \le x \le 1,$ если линейная плотность массы $\delta = \sqrt{2y}$.

Ответ: $m = \frac{1}{3}(2\sqrt{2} - 1).$

4. Найти работу поля $\vec{F} = (x^3 - y)\vec{i} + (y^3 + x)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = R\cos t, y = R\sin t$ от $A(R,0)$ до $B(0,R)$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\smile}{BA}$ окружности и прямых *AC* и *CB*, где $C(2R, R)$. Найти поток вектора *R* через дугу $\overset{\smile}{AB}$ окружности.

Ответ: $W = \frac{\pi R^2}{2}; \text{Ц} = R^2(3 - \frac{\pi}{2}); \Pi = \frac{3\pi R^4}{8}.$

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = \sqrt{x}, z = 2\sqrt{x}, y + x = 6, y = 0$, если плотность заряда $\lambda = z.$

Ответ: $q = 54.$

6. Найти координаты центра массы части однородной полусферы $z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2},$ вырезанной плоскостями $x = 0, y = 0, x + y = R,$ $(x \ge 0, y \ge 0, x + y \le R).$

Ответ: $C\left(\frac{R\sqrt{2}}{4}, \frac{R\sqrt{2}}{4}, \frac{R}{\pi(\sqrt{2} - 1)}\right).$

7.Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}(\vec{i} - 2\vec{j} + 2\vec{k})$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,1,1).$

Ответ: $div\ \vec{a}(M_0) = \frac{\sqrt{3}}{3}, \quad rot\ \vec{a}(M_0) = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(4\vec{i} - \vec{j} - 3\vec{k}\right).$

Вариант 26

1. Найти момент инерции относительно оси *Ox* однородной полукруглой пластинки $0 \le y \le \sqrt{R^2 - x^2}$. Поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_{ox} = \dfrac{\pi R^4}{8}$.

2. Найти координаты центра массы плоской однородной фигуры, ограниченной кривой $\rho = a(1 + \cos\varphi)$.

Ответ: $C\left(\dfrac{5a}{6}; 0\right)$.

3. Найти статический момент относительно оси *Ox* однородной дуги астроиды $\begin{cases} x = a\cos^3 t \\ y = a\sin^3 t \end{cases}, 0 \le t \le \dfrac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_x = \dfrac{3a^2}{5}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = y^2 \ln x\vec{i} + xy\vec{j}$ при перемещении точки по дуге гиперболы $y = \dfrac{1}{x}$ от *A* (1;1) до $B\left(2; \dfrac{1}{2}\right)$. Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{BA}$ гиперболы и прямых *AC* и *CB*, если *C* (1; $-\dfrac{1}{2}$). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = -\dfrac{\ln 2}{2}$; Ц $= \dfrac{2}{3}\ln 2 - \dfrac{170}{72}$; П $= \dfrac{-3\ln 2 + 79}{72}$.

5. Найти электрический заряд тела, ограниченного поверхностями $z = \dfrac{1}{2}x^2$, $x = 0$, $y = 0$, z = 0, $3x + 2y = 12$, если плотность заряда $\lambda = x$.

Ответ: $q = \dfrac{192}{5}$.

6. Найти площадь части цилиндрической поверхности $z = \sqrt{a^2 - x^2}$, заключенной между плоскостями $y = x$ и $y = 0$.

Ответ: $S = 2a^2$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля:

$\vec{a} = y^2\vec{i} - x^2\vec{j} + z^2\vec{k}$ в точках *M* (*x*, *y*, *z*) и $M_0(2,3,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 0; rot\vec{a}(M_0) = -10\vec{k}$.

Вариант 27

1. Найти координаты центра масс однородной плоской фигуры, ограниченной линиями $y = \frac{2}{3}\sqrt{9 - x^2}$, $y = 0$.

Ответ: $C\left(0; \frac{8}{3\pi}\right)$.

2. Найти массу, распределенную в области $2x \le x^2 + y^2 \le 4x, \quad \frac{x}{\sqrt{3}} \le y \le x\sqrt{3},$ с поверхностной плотностью $\delta = \operatorname{arctg}\frac{y}{x}$.

Ответ: $m = \frac{\pi^2 + \pi\sqrt{3} - 6}{8}$.

3. Найти статический момент относительно оси Oy однородной дуги астроиды $\sqrt[3]{x^2} + \sqrt[3]{y^2} = 1, 0 \le x \le 1,$ если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_y = \frac{3}{5}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = x^2 y\vec{i} - xy^2\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = 2\cos t$, $y = 2\sin t$ от A (-2,0) до B (0,-2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ окружности и прямых BC и CA, где C (-2,2). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = -2\pi; \text{Ц} = -\frac{6\pi + 8}{3}; \text{П} = -2.$

5. Найти электрический заряд части шара $x^2 + y^2 + z^2 \le R^2,$ расположенной в первом октанте $(x \ge 0, y \ge 0, z \ge 0),$ если плотность заряда $\lambda = -z$.

Ответ: $q = -\frac{\pi R^4}{16}$.

6. Найти момент инерции относительно оси Oz части однородной поверхности $x^2 + y^2 = 2az, \ 0 \le z \le a,$ если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_z = \frac{4\pi(6\sqrt{3} + 1)}{15}a^4$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = arctg(x - y + z)(\vec{i} - 3\vec{j} - 2\vec{k})$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = \frac{1}{2}, rot\vec{a}(M_0) = \frac{5}{2}\vec{i} - \frac{3}{2}\vec{j} - \vec{k}.$

Вариант 28

1. Найти массу, распределенную с поверхностной плотностью $\delta = x^2 + y$ в области, ограниченной кривыми $y = x^2, y^2 = x$.

Ответ: $m = \frac{33}{140}$.

2. Найти момент инерции относительно оси *О*у однородного круга $x^2 + y^2 \le 2x$, если поверхностная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $J_y = \frac{5}{4}\pi$.

3. Найти статический момент относительно оси ох однородной дуги астроиды $\sqrt[3]{x^2} + \sqrt[3]{y^2} = 1$, расположенной в первой четверти $(0 \le x \le 1, y \ge 0)$, если линейная плотность массы $\delta = 1$.

Ответ: $M_x = \frac{3}{5}$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (y^2 - x)\vec{i} + (x^2 - y)\vec{j}$ при перемещении точки по дуге окружности $x = \cos t$, $y = \sin t$ от A (1,0) до B (0,1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{AB}$ окружности и прямых BC и CA, если C (0;-1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{AB}$.

Ответ: $W = 0; \text{Ц} = \frac{2}{3}; \Pi = \frac{4 - 3\pi}{6}$.

5. Найти координаты центра массы однородной фигуры, ограниченной поверхностями $x + y + z = 1, x = 0, y = 0, z = 0$.

Ответ: $C\left(\frac{1}{4}; \frac{1}{4}; \frac{1}{4}\right)$.

6. Найти электрический заряд части плоскости $x + y + z = a$, вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = a^2$, если плотность заряда $\lambda = z^2$.

Ответ: $q = \frac{3\sqrt{3}}{2}\pi a^4$.

8. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = xyz(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k})$ в точках $M(x, y, z)$ и $M_0(1, 2, 3)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = 36, rot\vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - 16\vec{j} + 9\vec{k}$.

Вариант 29

1. Найти электрический заряд фигуры, ограниченной линиями $x=1, \sqrt{y}=x, y=-\sqrt[3]{x}$, если поверхностная плотность заряда $\lambda = xy-(xy)^3$.

Ответ: $q=-\frac{5}{64}$.

2. Найти электрический заряд, распределенный в области $x^2+y^2 \le 2x$ с поверхностной плотностью $\lambda = \sqrt{4-x^2-y^2}$.

Ответ: $q=\frac{8}{9}(3\pi-4)$.

3. Найти координаты центра масс дуги окружности $\begin{cases} x=a\cos t \\ y=a\sin t \end{cases}, 0 \le t \le \frac{\pi}{2}$, если линейная плотность массы $\delta = xy$.

Ответ: $C\left(\frac{2a}{3};\frac{2a}{3}\right)$.

4. Найти работу поля $\vec{F}=xy^2\vec{i}+2x^2y\vec{j}$ при перемещении точки по дуге параболы $y=-\sqrt{x}$ от O (0;0) до B (1;-1). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру, состоящему из дуги $\overset{\cup}{OB}$ параболы и прямых BC и CO, если C (1;1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OB}$.

Ответ: $W=\frac{2}{3}; Ц=-\frac{1}{12}; П=-\frac{13}{35}$.

5. Найти ординату центра массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z=\frac{1}{2}y^2, x=0, y=0, z=0, 2x+3y=12$.

Ответ: $y_0=\frac{12}{5}$.

6. Найти массу части плоскости $2x+2y+z-4=0$, расположенной в первом октанте $(x \ge 0, y \ge 0, z \ge 0)$, если поверхностная плотность массы $\delta = z$.

Ответ: $m=\frac{8}{3}$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a}=xy\vec{i}-yz\vec{j}+yz\vec{k}$ в точках $M(x,y,z)$ и $M_0(2,1,1)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0)=1, rot\vec{a}(M_0)=2\vec{i}-2\vec{k}$.

Вариант 30

1. Найти моменты инерции относительно осей координат фигуры, ограниченной линиями $y = 2x - x^2, y = x^2$, если поверхностная плотность массы в каждой точке фигуры равна ординате точки.

Ответ: $J_x = \frac{31}{420}, J_y = \frac{1}{15}$.

2. Найти объем цилиндрического тела, ограниченного плоскостями $z = 0, z = 3, x + y = 0$ и цилиндрической поверхностью $x = \sqrt{-4y - y^2}$.

Ответ: $V = 3\pi - 6$.

3. Найти электрический заряд, распределенный по кривой $\begin{cases} x = a(\cos t + t\sin t) \\ y = a(\sin t + t\cos t) \end{cases}, 0 \le t \le 2\pi$ с линейной плотностью $\lambda = -(x^2 + y^2)$.

Ответ: $q = -2\pi^2 a^3(1 + 2\pi^2)$.

4. Найти работу поля $\vec{F} = (xy + y^2)\vec{i} + x\vec{j}$ при движении точки (m = 1) по параболе $y = 2\sqrt{x}$ от 0 (0,0) до A (1,2). Найти циркуляцию вектора $\vec{F}$ по замкнутому контуру $OACO$, состоящему из дуги $\overset{\cup}{OA}$ параболы и прямых AC и CO, где C (1, -1). Найти поток вектора $\vec{F}$ через дугу $\overset{\cup}{OA}$.

Ответ: $W = \frac{52}{15}$; Ц $= \frac{29}{30}$; П $= -\frac{19}{6}$.

5. Найти центр массы однородного тела, ограниченного поверхностями $z = \sqrt{1 - x^2 - y^2}$, z= 0.

Ответ: $C\left(0,0,\frac{3}{8}\right)$.

6. Найти площадь части гиперболического параболоида $az = xy$, вырезанной цилиндром $x^2 + y^2 = R^2$.

Ответ: $S = \frac{2\pi}{3a}(\sqrt{(a^2 + R^2)^3} - a^3)$.

7. Найти дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{a} = 2x^2 y\vec{i} - yz^2\vec{j} + \frac{x}{y}\vec{k}$ в произвольной точке и в точке $M_0(-1,1,2)$.

Ответ: $div\vec{a}(M_0) = -8, rot\vec{a}(M_0) = 5\vec{i} - \vec{j} - 2\vec{k}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. В 2-х ч. Ч. 2: учебное пособие для втузов. – 6-е изд., испр.- М.: Высш. шк., 2003. – 416 с.:ил.

Исрапилов Р. Б., Баутин С. П. Курс математики. Часть 3. Математический анализ функций нескольких переменных. – Екатеринбург: УГГГА, 1996.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс. -13-е изд.- М.: Айрис-пресс, 2015.- 608 с.: ил.- (Высшее образование).



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Д. В. Исламгалиев
Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова

МАТРИЦЫ. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ. СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Методические указания
и варианты контрольныхи
самостоятельных работ
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения

Екатеринбург

2019

П

Рецензент: В. Я. Раевский, доцент, к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории теоретической физики ИФМ.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры математики 28.05.2019 г. (протокол № 141) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Исламгалиев Д. В., Петровских Г. В., Пяткова В. Б.,

П МАТРИЦЫ. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ. СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ: методические указания и варианты контрольных и самостоятельных работ по разделу дисциплины «Математика» для студентов всех специальности очного обучения”

– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – с.

Учебно-методическое пособие предназначено студентам всех специальностей для изучения темы: «Матрицы. Определители. Стстемы линейных алгебраических уравнений».

© Исламгалиев Д. А., Петровских Г.В., Пяткова В.Б., 2019

© Уральский государственный горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. МАТРИЦЫ 5

1.1. Действия над матрицами 6

1.2. Определители 8

1.3. Обратная матрица 11

2.4. Ранг матрицы 12

2. РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ (СЛАУ) 13

2.1. Методы решений определенной неоднородной СЛАУ 16

2.2. Метод решения неопределенных неоднородных СЛАУ 23

2.3. Методы решений определенной однородной СЛАУ 25

2.4. Методы решений неопределенной однородной СЛАУ 27

3. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 29

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 59

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания по теме «Матрицы. Определители. Системы линейных алгебраических уравнений» могут быть использованы как для проведения контрольных работ, так и для самостоятельной работы студентов. Они удовлетворяют всем требованиям государственного образовательного стандарта по подготовке дипломированных специалистов всех специальностей.

В методических указаниях представлены основные теоретические сведения и разобраны примеры решения задач по теме «Матрицы. Определители. Системы линейных алгебраических уравнений» для студентов всех специальностей. Приведены решения большого количества типовых задач и варианты контрольных работ.

После изучения теории и решений типовых задач студенту рекомендуется самостоятельно решить один из вариантов контрольных работ.

МАТРИЦЫ

Матрица – это прямоугольная таблица чисел, расположенных в m строках и n столбцах. Матрицы обозначаются большими латинскими буквами: *A, B, C* и т.д.

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}. \qquad (1.1)$$

Числа ,входящие в таблицу называются ее элементами и обозначаются символом a_{ij} , где первый индекс i определяет номер строки, второй индекс j – номер столбца. Выражение $m \times n$ и называют размерностью матриц.

Например, матрица А имеет размерность 2×3:

$$A=\begin{pmatrix} -4 & 8 \\ 5 & 9 \\ -1 & 3 \end{pmatrix},$$

а матрица B имеет размерность 3×2:

$$B=\begin{pmatrix} 4 & 5 & -3 \\ 7 & 5 & -1 \end{pmatrix}.$$

Если в матрице число строк совпадает с числом столбцов, то матрица называется квадратной. Понятие размерности матрицы для квадратной матрицы заменяют понятием порядок матрицы. Порядок квадратной матрицы равен числу строк или столбцов этой матрицы.

Для квадратной матрицы вводятся понятия главной и побочной диагоналей. Главная диагональ состоит из элементов a_{ij} с одинаковыми индексами, побочная диагональ состоит из элементов a_{ij} сумма индексов которых равна $n+1$.
Если элементы квадратной матрицы, стоящей на главной диагонали, равны единице, а все остальные равны нулю, то матрица называется единичной и обозначается

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

1.1. ДЕЙСТВИЯ НАД МАТРИЦАМИ

Сложение матриц

Операция сложения вводится только для матриц , имеющих одинаковые размерности .Суммой двух матриц называют такую матрицу, у которой каждый элемент равен сумме соответствующих элементов исходных матриц.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \pm b_{11} & a_{12} \pm b_{12} & a_{13} \pm b_{13} \\ a_{21} \pm b_{21} & a_{22} \pm b_{22} & a_{23} \pm b_{23} \end{pmatrix} \qquad (1.2)$$

***Пример* 1.1.** Даны матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 2 & 1 \\ 6 & -2 \end{pmatrix} \text{ и } B = \begin{pmatrix} 7 & 3 \\ 4 & -5 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Найти $A + B$; $B - A$.

Решение: $A + B = \begin{pmatrix} 10 & 7 \\ 6 & -4 \\ 6 & -3 \end{pmatrix}$; $B - A = \begin{pmatrix} 4 & -1 \\ 2 & -6 \\ -6 & 1 \end{pmatrix}$.

Умножение матрицы на число

Для того чтобы умножить матрицу на число следует каждый элемент матрицы умножить на это число.

$$\lambda \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda a_{11} & \lambda a_{12} \\ \lambda a_{21} & \lambda a_{22} \end{pmatrix} \qquad (1.3)$$

***Пример* 1.2.** Дана матрица $A=\begin{pmatrix}4 & 5 & -3\\ 7 & 5 & -1\end{pmatrix}$. Найти матрицу $-3A.\ A\cdot B$

Решение:

$$-3\cdot A=-3\cdot\begin{pmatrix}4 & 5 & -3\\ 7 & 5 & -1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-12 & -15 & 9\\ -21 & -15 & 3\end{pmatrix}.$$

Умножение матриц

Произведение двух матриц определяется тогда, когда количество столбцов первой матрицы совпадает с количеством строк второй матрицы. Элемент c_{ij} матрицы произведения, стоящий на пересечении i–той строки и j–того столбца равен сумме произведений элементов i–той строки первой матрицы на элементы j–того столбца второй матрицы, т.е. по формуле $c_{ij}=\sum_k a_{ik}\cdot b_{kj}$.

$$\begin{pmatrix}a_{11} & a_{12}\\ a_{21} & a_{22}\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}b_{11} & b_{12}\\ b_{21} & b_{22}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_{11}\cdot b_{11}+a_{12}\cdot b_{21} & a_{11}\cdot b_{12}+a_{12}\cdot b_{22}\\ a_{21}\cdot b_{11}+a_{22}\cdot b_{21} & a_{21}\cdot b_{12}+a_{22}\cdot b_{22}\end{pmatrix} \qquad (1.4)$$

***Пример* 1.3.** Даны матрицы $A=\begin{pmatrix}4 & 5 & 1\\ 3 & 2 & -1\end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix}3 & 0\\ -1 & 2\\ 7 & 1\end{pmatrix}$. Найти произведение матриц: $A\cdot B$ и $B\cdot A$.

Решение:

$$A.\cdot B=\begin{pmatrix}4 & 5 & 1\\ 3 & 2 & -1\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}3 & 0\\ -1 & 2\\ 7 & 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}4\cdot 3+5\cdot(-1)+1\cdot 7 & 4\cdot 0+5\cdot 2+1\cdot 1\\ 3\cdot 3+2\cdot(-1)+(-1)\cdot 7 & 3\cdot 0+2\cdot 2+(-1)\cdot 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}14 & 11\\ 0 & 3\end{pmatrix}$$

$$B.\cdot A=\cdot\begin{pmatrix}3 & 0\\ -1 & 2\\ 7 & 1\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}4 & 5 & 1\\ 3 & 2 & -1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}3\cdot 4+0\cdot 3 & 3\cdot 5+0\cdot 2 & 3\cdot 1+0\cdot(-1)\\ -1\cdot 4+2\cdot 3 & -1\cdot 5+2\cdot 2 & -1\cdot 1+2\cdot(-1)\\ 7\cdot 4+1\cdot 3 & 7\cdot 5+1\cdot 2 & 7\cdot 1+1\cdot(-1)\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}12 & 15 & 3\\ 2 & -1 & -3\\ 31 & 37 & 6\end{pmatrix}$$

Отметим, что произведение матриц некоммутативное, т.е. $A\cdot B\neq B\cdot A$.

Транспонирование матрицы

Транспонированной к матрице A называется матрица, полученная из матрицы A путем замены строки на столбец с такими же индексами. Транспонированная матрица обозначается A^T.

Если $A=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}$, то $A^T=\begin{pmatrix} a_{11}\, a_{21} \\ a_{12}\, a_{22} \\ a_{13}\, a_{23} \end{pmatrix}$ (1.5)

***Пример* 1.4.** Найти транспонированную матрицу, к матрице $A=\begin{pmatrix} 3 & 0 \\ -1 & 2 \\ 7 & 1 \end{pmatrix}$.

Решение:

$$A^T=\begin{pmatrix} 3 & -1 & 7 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

1.2. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ

Определитель – это числовая характеристика квадратной матрицы. Определители в литературе обозначаются $\det A$, ΔA, $|A|$.

Определитель первого порядка

Определителем матрицы первого порядка, составленной из числа a_{11}, называется само число a_{11}

$$\det A = a_{11} \tag{1.6}$$

Определитель второго порядка

Определителем матрицы второго порядка, составленной из чисел $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$, называется число, определяемое равенством

$$\det A=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} \tag{1.7}$$

Числа $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ называются элементами определителя, причем элементы a_{11}, a_{22} образуют главную диагональ, а элементы a_{12}, a_{21} – побочную диагональ. Таким образом, определитель второго порядка равен произведению элементов главной диагонали минус произведение элементов побочной диагонали.

***Пример* 1.5.** Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 4 & -2 \end{vmatrix}$.

Решение:

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 4 & -2 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-2) - 3 \cdot 4 = -14$$

***Пример* 1.6.** Вычислить определитель $\det A = \begin{vmatrix} -5 & -3 \\ 4 & 1 \end{vmatrix}$.

Решение:

$$\det A = \begin{vmatrix} -5 & -3 \\ 4 & 1 \end{vmatrix} = -5 \cdot 1 - (-3) \cdot 4 = 7 .$$

Определитель третьего порядка

Рассмотрим определитель третьего порядка:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Минором M_{ij} элемента a_{ij} называется определитель, который получается вычеркиванием из данного определителя *i*–той строки и *j*–того столбца.

Алгебраическое дополнение A_{ij} элемента a_{ij} определяется по формуле

$$A_{ij} = (-1)^{i+j} M_{ij},$$

где M_{ij} – минор для элемента со строкой i и столбцом j.

Определителем третьего порядка, составленным из чисел $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{31}, a_{32}, a_{33}$, называется число:

$$\det A=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}=\sum_{k=1}^{3} a_{ik}\cdot A_{ik}\,;\det A=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}=\sum_{k=1}^{3} a_{kj}\cdot A_{kj} \quad (1.8)$$

для фиксированного значения *i*–той строки или *j*–того столбца.

Такие равенства называют разложением определителя по элементам строки или столбца.

Тогда разложение определителя третьего порядка по первой строке примет вид:

$$\det A=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}=(-1)^{1+1}\cdot a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}+(-1)^{1+2}\cdot a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}+ \quad (1.9)$$

$$+(-1)^{1+3}\cdot a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix},$$

а разложение по второму столбцу принимает вид:

$$\det A=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}=(-1)^{1+2}\cdot a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}+(-1)^{2+2}\div a_{22}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}+ \quad (1.10)$$

$$+(-1)^{3+2}\cdot a_{32}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix}.$$

***Пример* 1.7.** Вычислить определитель $\det A=\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}$.

а) разложением по элементам первой строки;

б) разложением по элементам третьего столбца

Решение:

$$a)\ \det A=\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}=(-1)^{1+1}\cdot 1\begin{vmatrix} 5 & 6 \\ 8 & 9 \end{vmatrix}+(-1)^{1+2}\cdot 2\begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 7 & 9 \end{vmatrix}+(-1)^{1+3}\cdot 3\begin{vmatrix} 4 & 5 \\ 7 & 8 \end{vmatrix}=.$$

$$=1(5\cdot 9-6\cdot 8)-2(4\cdot 9-6\cdot 7)+3(4\cdot 8-5\cdot 7)=0$$

$$б)\begin{vmatrix}1 & 2 & 3\\ 4 & 5 & 6\\ 7 & 8 & 9\end{vmatrix}=(-1)^{1+3}\cdot 3\begin{vmatrix}4 & 5\\ 7 & 8\end{vmatrix}+(-1)^{2+3}\cdot 6\cdot\begin{vmatrix}1 & 2\\ 7 & 8\end{vmatrix}+(-1)^{3+3}\cdot 9\cdot\begin{vmatrix}1 & 2\\ 4 & 5\end{vmatrix}=$$

$$=3\cdot(4\cdot 8-5\cdot 7)-6\cdot(1\cdot 8-2\cdot 7)+9(1\cdot 5-2\cdot 4)=$$

$$=3\cdot(-3)-6(-6)+9\cdot(-3)=0$$

***Пример* 1.8.** Вычислить определитель $\det A=\begin{vmatrix}2 & 1 & 5\\ 2 & 7 & 0\\ 3 & -1 & 0\end{vmatrix}$.

Решение: Так как наибольшее количество нулей в третьем столбце, то воспользуемся разложением по третьему столбцу (при этом второе и третье слагаемые будут равны нулю):

$$\det A=\begin{vmatrix}2 & 1 & 5\\ 2 & 7 & 0\\ 3 & -1 & 0\end{vmatrix}=(-1)^{1+3}\cdot 5\cdot\begin{vmatrix}2 & 7\\ 3 & -1\end{vmatrix}+0+0=5(-2-21)=-115.$$

1.3. ОБРАТНАЯ МАТРИЦА

Рассмотрим квадратную матрицу A порядка n. Если существует квадратная матрица B такая, что $AB=BA=E$, то матрица B называется обратной к матрице А и обозначается A^{-1}. Обратную матрицу A^{-1} можно найти по формуле:

$$A^{-1}=\frac{1}{\det A}\left(A^{*}\right)^{T}\qquad(\det A\neq 0),\tag{1.11}$$

где A^{*} – матрица алгебраических дополнений $\mathrm{A_{ij}}$:

$$A^{*}=\begin{pmatrix}A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n}\\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n}\\ \dots & \dots & \dots & \dots\\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn}\end{pmatrix},\quad A_{ij}=(-1)^{i+j}\cdot M_{ij}$$

M_{ij} – миноры для элементов a_{ij} со строкой i и столбцом j.

После нахождения обратной матрицы можно воспользоваться проверкой,

$$A\cdot A^{-1}=E,\ \text{т.е.}\tag{1.12}$$

должна получиться единичная матрица Е.

***Пример* 1.9.** Найти обратную матрицу для матрицы $A=\begin{pmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{pmatrix}$.

Решение:

1) Найдем определитель матрицы

$$\det A=\begin{vmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{vmatrix}=4$$

2) Найдем алгебраические дополнения:

$$A_{11}=(-1)^{1+1}\cdot\begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 0 \end{vmatrix}=-6 \qquad A_{21}=(-1)^{2+1}\cdot\begin{vmatrix} 4 & 4 \\ 2 & 0 \end{vmatrix}=8 \qquad A_{31}=(-1)^{3+1}\cdot\begin{vmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 3 \end{vmatrix}=-4$$

$$A_{12}=(-1)^{1+2}\cdot\begin{vmatrix} -1 & 3 \\ -3 & 0 \end{vmatrix}=-9 \quad A_{22}=(-1)^{2+2}\cdot\begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -3 & 0 \end{vmatrix}=12 \quad A_{32}=(-1)^{3+2}\cdot\begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -1 & 3 \end{vmatrix}=-4$$

$$A_{13}=(-1)^{1+3}\cdot\begin{vmatrix} -1 & 4 \\ -3 & 2 \end{vmatrix}=10 \quad A_{23}=(-1)^{2+3}\cdot\begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -3 & 2 \end{vmatrix}=-12 \quad A_{33}=(-1)^{3+3}\cdot\begin{vmatrix} 0 & 4 \\ -1 & 4 \end{vmatrix}=4$$

$$A^{*}=\begin{pmatrix} -6 & -9 & 10 \\ 8 & 12 & -12 \\ -4 & -4 & 4 \end{pmatrix},\ \left(A^{*}\right)^{T}=\begin{pmatrix} -6 & 8 & -4 \\ -9 & 12 & -4 \\ 10 & -12 & 4 \end{pmatrix},$$

$$A^{-1}=\frac{1}{4}\begin{pmatrix} -6 & 8 & -4 \\ -9 & 12 & -4 \\ 10 & -12 & 4 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} -1.5 & 2 & -1 \\ -2.25 & 3 & -1 \\ 2.5 & -3 & 1 \end{pmatrix}$$

Проверка:

$$A\cdot A^{-1}=\begin{pmatrix} 0 & 4 & 4 \\ -1 & 4 & 3 \\ -3 & 2 & 0 \end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix} -1.5 & 2 & -1 \\ -2.25 & 3 & -1 \\ 2.5 & -3 & 1 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

1.4. РАНГ МАТРИЦЫ

Рассмотрим матрицу размерности $\mathrm{m}\times\mathrm{n}$:

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Рангом матрицы *rang*(A) называют наибольший из порядков миноров данной матрицы, отличных от нуля.

***Пример* 1.10.** Найти ранг матрицы $A=\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$.

Решение:

Для большего понимания миноры будем обозначать $\mathrm{M_k}$, где k – количество строк и столбцов для выбранного минора.

$$M_1=|1|=1, \text{ то } \quad \mathrm{rang}(A)\geq 1$$

$$M_2=\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 5 \end{vmatrix}=1\cdot 5-2\cdot 4=-3, \text{ то } \quad \mathrm{rang}(A)\geq 2$$

$$M_3=\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}=(-1)^{1+1}1\begin{vmatrix} 5 & 6 \\ 8 & 9 \end{vmatrix}+(-1)^{1+2}2\begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 7 & 9 \end{vmatrix}+(-1)^{1+3}3\begin{vmatrix} 4 & 5 \\ 7 & 8 \end{vmatrix}=$$

$$=1(5\cdot 9-6\cdot 8)-2(4\cdot 9-6\cdot 7)+3(4\cdot 8-5\cdot 7)=0$$

Так как больше нет M_3, то $\mathrm{rang}(A)=2$.

1. РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ (СЛАУ)

Системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащей *m* уравнений и *n* неизвестных, называется система вида

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = b_m, \end{cases} \qquad (2.1)$$

где a_{ij} – коэффициенты системы, b_i – свободные члены, x_j – неизвестные, $i = \overline{1,m}$, $j = \overline{1,n}$. Такую систему удобно записывать в матричной форме:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \ldots \\ b_m \end{pmatrix} \text{ или } AX = B, \qquad (2.2)$$

$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} \end{pmatrix}$ – основная матрица, $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_n \end{pmatrix}$ – матрица-столбец из неизвестных, $B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \ldots \\ b_m \end{pmatrix}$ – матрица-столбец из свободных членов.

Расширенной матрицей $\overline{A}$ называют матрицу A с присоединенной матрицей B:

$$\overline{A} = \left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} & b_2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} & b_m \end{array}\right). \qquad (2.3)$$

Система уравнений называется совместной, если она имеет хотя бы одно решение, в противном случае – система несовместна.

***Теорема* 2.1: СЛАУ совместна тогда и только тогда, когда ранг расширенной матрицы равен рангу основной матрицы.**

***Пример* 2.1.** Дана расширенная матрица СЛАУ: $\overline{A}=\left(\begin{array}{cc|c}1 & 2 & 3\\ 2 & 4 & 5\end{array}\right)$. Найти ранг основной и расширенных матриц. Определить совместна ли соответствующая СЛАУ.

Решение:

1) Найдем ранг основной матрицы СЛАУ:

$$M_1=|1|=1,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(A)\geq 1.$$

$$M_2=\begin{vmatrix}1 & 2\\ 2 & 4\end{vmatrix}=0,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(A)=1.$$

2) Так как все миноры основной матрицы включаются в расширенную, то найдем оставшиеся миноры для расширенной:

$$\overline{M}_2=\begin{vmatrix}1 & 3\\ 2 & 5\end{vmatrix}=-1,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(\overline{A})=2.$$

Так как $\operatorname{rang}(\overline{A})=2$ и $\operatorname{rang}(\mathrm{A})=1$, то СЛАУ несовместна **и не имеет решения.**

***Пример* 2.2.** Дана расширенная матрица СЛАУ: $\overline{A}=\left(\begin{array}{cc|c}1 & 2 & 3\\ 2 & 4 & 6\end{array}\right)$. Найти ранг основной и расширенных матриц. Определить совместна ли СЛАУ.

Решение:

1) Найдем ранг основной матрицы СЛАУ:

$$M_1=|1|=1,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(A)\geq 1.$$

$$M_2=\begin{vmatrix}1 & 2\\ 2 & 4\end{vmatrix}=0,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(A)=1.$$

2) Так как все миноры основной матрицы включаются в расширенную, то найдем оставшиеся миноры для расширенной:

$$\overline{M}_2=\begin{vmatrix}1 & 3\\ 2 & 6\end{vmatrix}=0,\ \overline{M}_2=\begin{vmatrix}2 & 3\\ 4 & 6\end{vmatrix}=0,\ \text{то}\ \operatorname{rang}(\overline{A})=1.$$

Так как $\text{rang}(\overline{A})=1$ и $\text{rang}(A)=1$, то СЛАУ совместна.

Совместная система называется определенной, если она имеет единственное решение, и неопределенной, если имеет более одного решения.

Если все свободные члены равны нулю $b_i = 0$, то СЛАУ называется однородной, в противном случае – неоднородной.

2.1. МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННОЙ НЕОДНОРОДНОЙ СЛАУ

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая *n* уравнений и *n* неизвестных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots + a_{nn}x_n = b_n, \end{cases}$$

.

Метод Крамера

***Теорема* 2.2. Если ранг основной и расширенной матриц системы равен числу неизвестных, то система имеет единственное решение.**

Схема метода Крамера

1) Найти определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0 .$$

Если определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2) Найти определители $\det A_1$, $\det A_2$,..., $\det A_n$:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ b_2 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_n & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \det A_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & \dots & a_{1n} \\ a_{12} & b_2 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \dots, \det A_n = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & b_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & b_n \end{vmatrix}$$

3) Найти решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A}, \; x_2 = \frac{\det A_2}{\det A}, \dots \; x_n = \frac{\det A_n}{\det A}.$$

***Пример* 2.3.** Решить СЛАУ, используя метод Крамера:

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение:

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = 2 \cdot 1 - (-3) \cdot (-1) = -1 \neq 0.$$

Система имеет единственное решение.

2) Найдем определители $\det A_1$, $\det A_2$:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} -4 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = -1, \; \det A_2 = \begin{vmatrix} 2 & -4 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = -2.$$

3) Найдем решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A} = \frac{-1}{-1} = 1; \; x_2 = \frac{\det A_2}{\det A} = \frac{-2}{-1} = 2.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$.

***Пример* 2.4.** Решить СЛАУ, используя метод Крамера:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11. \end{cases}$$

Решение:

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det A \neq 0$, то система уравнений совместна и определённа.

2) Для нахождения её решения используем формулы Крамера:

$$\det A_1 = \begin{vmatrix} 5 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 11 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 24, \det A_2 = \begin{vmatrix} 3 & 5 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 11 & 3 \end{vmatrix} = -24, \ \det A_3 = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 5 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 11 \end{vmatrix} = 36.$$

3) Найдем решение определенной неоднородной СЛАУ:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A} = \frac{24}{12} = 2, \ x_2 = \frac{\det A_2}{\det A} = \frac{-24}{12} = -2, \ x_3 = \frac{\det A_3}{\det A} = \frac{36}{12} = 3.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

Матричный метод (метод обратной матрицы)

1) Найти определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0.$$

Если определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2) Найдем обратную матрицу A^{-1}.

3) Решение находится в виде

$$X = A^{-1}B.$$

***Пример* 2.5.** Решить СЛАУ, используя матричный метод :

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = 2 \cdot 1 - (-3) \cdot (-1) = -1 \neq 0,$$

то система имеет единственное решение.

2) Найдем обратную матрицу:

$$A^{-1} = \frac{1}{-1}\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} -1 & -3 \\ -1 & -2 \end{pmatrix}$$

3) Тогда решение находим в виде:

$$X = A^{-1}B = \begin{pmatrix} -1 & -3 \\ -1 & -2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$.

***Пример* 2.6.** Решить СЛАУ, используя матричный метод:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11. \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det A \neq 0$, то система уравнений является совместной и определенной.

2) Найдем обратную матрицу:

$$A^{-1} = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -4 & -4 \\ -5 & 7 & 1 \\ -1 & -1 & 5 \end{pmatrix}^T = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -5 & -1 \\ -4 & 7 & -1 \\ -4 & 1 & 5 \end{pmatrix}.$$

3) Тогда решение находим в виде:

$$X = A^{-1}B = \frac{1}{12}\begin{pmatrix} 8 & -5 & -1 \\ -4 & 7 & -1 \\ -4 & 1 & 5 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}.$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

Метод Гаусса

1) Найти определитель основной матрицы A неоднородной СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0.$$

Если определитель основной матрицы A неоднородной СЛАУ отличен от нуля, то СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2)Запишем СЛАУ в расширенном матричном виде:

$$\left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & b_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} & b_n \end{array}\right) \sim .$$

3) Преобразуем вторую, третью и т.д. строчки, чтобы получить нули вместо a_{21}, a_{31}, a_{n1}, то есть по формуле $\bar{a}_{ij} = a_{ij} - \frac{a_{ij}}{a_{1j}} a_{1j}$ и $\bar{b}_j = b_j - \frac{b_j}{a_{1j}} a_{1j}$:

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \bar{a}_{22} & \dots & \bar{a}_{2n} & \bar{b}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \bar{a}_{n2} & \dots & \bar{a}_{nn} & \bar{b}_n \end{array} \right) \sim .$$

4) Продолжая данные преобразования, получим со второй, третьей и т.д. строками, получим

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \bar{a}_{22} & \dots & \bar{a}_{2n} & \bar{b}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \bar{a}_{nn} & \bar{b}_n \end{array} \right) \sim .$$

5) После чего можно найти x_{n}, т.е. требуется разделить последнюю строку на $\bar{a}_{nn}$, тогда

$$\left(\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ 0 & \bar{a}_{22} & \dots & \bar{a}_{2n} & \bar{b}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & \bar{b}_n \end{array} \right) \sim .$$

6) Тогда преобразуя элементы a_{ij}, если $i \neq j$, и преобразуя a_{ii} в единицы, получим решение СЛАУ:

$$\sim \left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & \dots & 0 & \bar{b}_1 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & \bar{b}_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & \bar{b}_n \end{array} \right).$$

***Пример* 2.7.** Решить СЛАУ, используя метод Гаусса:

$$\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 = -4 \\ -x_1 + x_2 = 1 \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} -4 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A=\begin{vmatrix} 2 & -3 \\ -1 & 1 \end{vmatrix}=2\cdot 1-(-3)\cdot(-1)=-1\neq 0,$$

то система имеет единственное решение.

2) Запишем СЛАУ в виде расширенной матрицы и получим решение:

$$\left(\begin{array}{cc|c} 2 & -3 & -4 \\ -1 & 1 & 1 \end{array}\right)\sim\left(\begin{array}{cc|c} -1 & 1 & 1 \\ 2 & -3 & -4 \end{array}\right)\overset{1c\cdot(-1)}{\sim}\left(\begin{array}{cc|c} 1 & -1 & -1 \\ 2 & -3 & -4 \end{array}\right)\overset{2c-2\cdot 1c}{\sim}\left(\begin{array}{cc|c} 1 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{array}\right)\overset{2c\cdot(-1)}{\sim}$$

$$\overset{2c\cdot(-1)}{\sim}\left(\begin{array}{cc|c} 1 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 2 \end{array}\right)\overset{1c+2c}{\sim}\left(\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{array}\right)$$

или

$$\left(\begin{array}{cc|c} 2 & -3 & -4 \\ -1 & 1 & 1 \end{array}\right)\overset{1c+3\cdot 2c}{\sim}\left(\begin{array}{cc|c} -1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \end{array}\right)\overset{1c\cdot(-1)}{\sim}\left(\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{array}\right)\overset{2c+1c}{\sim}\left(\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{array}\right).$$

Ответ: $X=\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$.

***Пример* 2.8.** Решить СЛАУ, используя метод Гаусса:

$$\begin{cases} 3x_1+2x_2+x_3=5, \\ 2x_1+3x_2+x_3=1, \\ 2x_1+x_2+3x_3=11. \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 5 \\ 1 \\ 11 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A=\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix}=12.$$

Если определитель основной матрицы А неоднородной СЛАУ отличен от нуля, но СЛАУ является определенной (имеет единственное решение).

2) Запишем СЛАУ в виде расширенной матрицы и получим решение:

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ 2 & 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 & 11 \end{array}\right) \overset{\substack{2c-1c \\ 3c-3\cdot 1c}}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ -7 & -5 & 0 & -4 \end{array}\right) \overset{3c+5\cdot 2c}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ -12 & 0 & 0 & -24 \end{array}\right) \overset{1c\cdot(-12)}{\sim}$$

$$\overset{1c\cdot(-12)}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ -1 & 1 & 0 & -4 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right) \overset{2c+3c}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 3 & 2 & 1 & 5 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right) \overset{1c-2\cdot 2c-3\cdot 3c}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{array}\right) \sim$$

$$\sim \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 1 & 3 \end{array}\right).$$

Ответ: $X = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 3 \end{pmatrix}$.

2.2. МЕТОД РЕШЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ НЕОДНОРОДНЫХ СЛАУ

***Теорема* 2.3. Если ранг совместной системы меньше числа неизвестных, то система имеет бесчисленное множество решений.**

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая *m* уравнений и *n* неизвестных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = b_m, \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \ldots \\ b_m \end{pmatrix} \text{ или } AX = B.$$

1) Найдем ранг основной матрицы для неоднородной СЛАУ.

2) Найдем ранг расширенной матрицы для неоднородной СЛАУ. Проверим СЛАУ на совместность и на неопределенность. Будем обозначать найденные миноры *n*-ого порядка расширенной матрицы $\tilde{M}_{\text{n}}$.

3) Если СЛАУ совместно и неопределенно решим СЛАУ, например, методом Гаусса.

Решение неопределенных неоднородных СЛАУ называют общим решением.

***Пример* 2.9.** Дано СЛАУ $\begin{cases} x_1 + x_2 - 3x_3 = 1 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 = 4 \end{cases}$. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -3 \\ 1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -3 & 1 \\ 1 & 2 & -1 & 4 \end{array}\right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \operatorname{rang}(A) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = 1, \text{ то } \operatorname{rang}(A) = 2.$$

2) Так как строк в основной и расширенной матриц две, то и ранг расширенной матрицы $\operatorname{rang}(\overline{A}) = 2$. СЛАУ совместна и неопределенна.

3) Найдем общее решение СЛАУ. Так как $\operatorname{rang}(\overline{A}) = 2$, требуется две строки (два уравнения):

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & -3 & 1 \\ 1 & 2 & -1 & 4 \end{array}\right) \sim \left| x_3 = a \right| \sim \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1+3a \\ 1 & 2 & 4+a \end{array}\right) \overset{2\text{c}-1\text{c}}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1+3a \\ 0 & 1 & 3-2a \end{array}\right) \overset{1\text{c}-2\text{c}}{\sim} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -2+5a \\ 0 & 1 & 3-2a \end{array}\right).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2+5a \\ 3-2a \\ a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 5 \\ -2 \\ 1 \end{pmatrix} a,\ a \in R.$$

***Пример* 2.10.** Дано СЛАУ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 2 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 4 \\ 3x_1 + 3x_2 + 3x_3 = 6 \end{cases}$. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ 6 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 4 \\ 3 & 3 & 3 & 6 \end{array}\right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \operatorname{rang}(\mathrm{A}) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = 0, \; M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \operatorname{rang}(A) = 1.$$

2) Найдем ранг расширенной матрицы:

$$\overline{M}_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 0, \overline{M}_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 6 \end{vmatrix} = 0, \overline{M}_2 = \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 3 & 6 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \operatorname{rang}(\overline{A}) = 1.$$

СЛАУ совместна и неопределенна.

3) Найдем общее решение СЛАУ. Так как $\operatorname{rang}(\overline{\mathrm{A}}) = 1$, требуется одна любая строчка (любое уравнение):

$$\left(1 \;\; 1 \;\; 1 \middle| 2\right) \sim \begin{vmatrix} x_1 = a \\ x_2 = b \end{vmatrix} \sim \left(1 \middle| 2 - a - b\right).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ 2 - a - b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} a + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} b; \; a, b \in R.$$

2.3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ОДНОРОДНОЙ СЛАУ

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая *m* уравнений и *n* неизвестных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = 0, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots + a_{nn}x_n = 0, \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \ldots \\ 0 \end{pmatrix} \text{ или } AX = B.$$

Воспользовавшись теоремой 3.2, если

$$\det A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{vmatrix} \neq 0,$$

то однородное СЛАУ имеет единственное нулевое решение. Такое решение называют тривиальным.

***Пример* 2.11.** Решить СЛАУ, используя матричный метод:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 0, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 0, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 0. \end{cases}$$

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 12 \neq 0.$$

СЛАУ имеет тривиальное решение, т.е. $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$.

2.4. МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ ОДНОРОДНОЙ СЛАУ

Пусть имеется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), содержащая *m* уравнений и *n* неизвестных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = 0, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = 0, \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_{\text{n}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \ldots \\ 0 \end{pmatrix} \text{ или } AX = B.$$

Заметим, что ранги основной и расширенной матриц в однородной СЛАУ всегда совпадают, то есть однородная СЛАУ всегда совместна.

***Теорема* 2.4. Если в совместной системе ранг основной матрицы меньше числа неизвестных, то система имеет бесчисленное множество решений.**

1) Найдем ранг основной и расширенной матриц для однородной СЛАУ. Проверим СЛАУ на неопределенность.

2) Если СЛАУ совместна и неопределенна решим СЛАУ, например, методом Гаусса.

Решение неопределенных однородных СЛАУ называют фундаментальной системой решений.

***Пример* 2.12.** Дана СЛАУ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 0 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 0 \\ 3x_1 + 3x_2 + 3x_3 = 0 \end{cases}$. Найти решение СЛАУ.

Решение: Представим СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ или } \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 0 \\ 3 & 3 & 3 & 0 \end{array}\right).$$

1) Найдем ранг основной матрицы:

$$M_1 = |1| = 1, \text{ то } \operatorname{rang}(A) \geq 1$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} = 0, \; M_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, M_2 = \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0, \text{ то } \operatorname{rang}(A) = 1 \text{ и } \operatorname{rang}(\bar{A}) = 1.$$

СЛАУ неопределенна.

2) Найдем фундаментальную систему для однородной СЛАУ. Так как $\operatorname{rang}(\bar{A}) = 1$, требуется одна любая строчка (любое уравнение):

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 0 \end{array}\right) \sim \begin{vmatrix} x_1 = \mathrm{a} \\ x_2 = \mathrm{b} \end{vmatrix} \sim \left(\begin{array}{c|c} 1 & -\mathrm{a} - \mathrm{b} \end{array}\right).$$

Тогда общее решение

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ -a - b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} a + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} b; a, \; b \in R.$$

Классификация систем линейных алгебраических уравнений.

СЛАУ				
ОДНОРОДНАЯ СЛАУ		НЕОДНОДНАЯ СЛАУ		
СОВМЕСТНАЯ СЛАУ		СОВМЕСТНАЯ СЛАУ		НЕСОВМЕСТНАЯ СЛАУ
ОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ	НЕОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ	ОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ	НЕОПРЕДЕЛЕННАЯ СЛАУ	_____
ТРИВИАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ	ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА	ЕДИНСТВЕННОЕ РЕШЕНИЕ	ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ	НЕТ РЕШЕНИЯ

2. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix}2 & 0 & 1\\ 3 & -1 & 2\\ 0 & 1 & 1\end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix}3 & 1\\ -1 & 1\\ 0 & 1\end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C=(A+3A^T)\cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix}1 & -2\\ 0 & 1\end{pmatrix}\cdot X=\begin{pmatrix}2 & 4\\ -1 & -2\end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix}-2 & 3 & 4 & 0\\ 1 & -1 & 1 & 3\\ 3 & 0 & 1 & 1\\ -3 & 2 & 1 & 0\end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases}3x_1+4x_2+2x_3=8\\ 2x_1-4x_2-3x_3=-1\\ x_1+5x_2+x_3=0\end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases}2x_1-x_2+2x_3+2x_5=6\\ x_2+x_3-2x_4+x_5=3\\ x_1-x_2+2x_3-x_4-x_5=5\\ 4x_1+x_2+4x_3-2x_4-10x_5=14\end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 2

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix} 3 & -1 & 1 \\ 0 & 2 & 3 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^2 - 3A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 6 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -7 & -6 \\ 3 & 16 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -3 & 5 & 2 \\ 1 & 0 & -3 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & 4 & 1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 \\ 2x_1 - x_2 - 2x_3 = 9 \\ 5x_1 + 8x_2 - x_3 = 7 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 - 3x_5 = -3 \\ 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 + 3x_4 - x_5 = -1 \\ x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 6x_5 = 6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 3

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix} -1 & 4 & 0 \\ 2 & 2 & 0 \\ 4 & 1 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A \cdot A^T - 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -1 & 3 & 4 \\ 2 & 0 & 4 & 0 \\ 5 & 3 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 2 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + x_2 + x_3 = 21 \\ x_1 - 4x_2 - 2x_3 = -16 \\ 3x_1 - 5x_2 - 6x_3 = -41 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 4 \\ 2x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 + 3x_5 = 6 \\ 3x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 6 \\ 2x_1 + 2x_2 + 8x_3 - 3x_4 + 9x_5 = 14 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

.

Вариант 4

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 0 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T + 2B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 10 & 0 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & -2 & 0 \\ 3 & 1 & 1 & 1 \\ -4 & 0 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 5x_3 = 4 \\ 5x_1 + 2x_2 + 13x_3 = 2 \\ 3x_1 - x_2 + 5x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 + x_5 = 1 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = 1 \\ 4x_1 - 10x_2 + 5x_3 - 5x_4 + 7x_5 = 1 \\ 2x_1 - 14x_2 + 7x_3 - 7x_4 + 11x_5 = -1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 5

1. Даны матрицы и А= $\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$ Найти матрицу $X = A^T \cdot A - 4B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -3 \\ 4 & -6 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 8 & 4 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -3 & 2 & 1 & -1 \\ -2 & 1 & 0 & 3 \\ -1 & -1 & 4 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & -3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = -2 \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 = 1 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 - 2x_4 + 4x_5 = 1 \\ 13x_1 + 8x_2 + 4x_3 - 3x_4 + 6x_5 = 9 \\ 5x_1 + 4x_2 + 2x_3 - 3x_4 + 6x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 - x_4 + 2x_5 = 2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 6

1. Дана матрица $A = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C= $A^T \cdot A + 5E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 4 & 6 \\ 6 & 8 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -6 & 4 \\ -10 & 8 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & -3 & 0 & 1 \\ 4 & 1 & -1 & 1 \\ 2 & 3 & 1 & -1 \\ 3 & 0 & 5 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 = 4 \\ 3x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 1 \\ 2x_1 + 7x_2 - x_3 = 8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + x_3 + 6x_4 + 9x_5 = 2 \\ x_2 - 2x_3 + 2x_4 + 3x_5 = -7 \\ 2x_1 + x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 4x_4 + 6x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 7

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix} 0 & 3 & 4 \\ -1 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & -5 \end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 4 & 0 \\ 2 & -3 & 1 \end{pmatrix}$

Найти матрицу $C = (2A^T - \mathrm{B}) \cdot \mathrm{A}$

2. Решить матричное уравнение $\mathrm{X} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 2 & 3 & 1 & 2 \\ 3 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & 0 & 5 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = 1 \\ 8x_1 + 3x_2 - 6x_3 = 2 \\ 4x_1 + x_2 - 3x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 - x_5 = -1 \\ 5x_1 - 5x_2 + 12x_3 + 11x_4 - 4x_5 = -4 \\ x_1 - 3x_2 + 6x_3 + 3x_4 - 3x_5 = -2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 8

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -2 & -1 \\ 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & -2 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = \mathrm{B} - 3A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $\mathrm{X} \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 5 & 2 & -1 & 3 \\ 0 & -2 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 5 & 6 \\ 0 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 + 3x_2 - 4x_3 = 20 \\ 3x_1 - 2x_2 - 5x_3 = 6 \end{cases}$

) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 - 3x_3 - 4x_4 - 5x_5 = -7 \\ 6x_1 + 2x_2 + 2x_3 - x_4 = -2 \\ 3x_1 - x_2 - x_3 - 2x_4 - 3x_5 = -5 \\ 11x_1 + 3x_2 + 3x_3 + x_4 - x_5 = -5 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 9

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix}4 & 3 & 0\\ 1 & -2 & 5\\ 6 & 0 & 2\end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix}7 & 2 & 1\\ -3 & -4 & 0\end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = B \cdot (A^T + 2A)$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix}1 & 3\\ 2 & 5\end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix}4 & 0 & 14\\ 5 & 2 & 22\end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix}-4 & -1 & 0 & 2\\ 0 & 3 & 1 & 0\\ 2 & 1 & -4 & 0\\ 3 & 5 & 2 & 5\end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases}4x_1 - 3x_2 + 2x_3 = 8\\ 2x_1 + 5x_2 - 3x_3 = 11\\ 5x_1 + 6x_2 - 2x_3 = 13\end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases}x_1 + x_2 - 3x_3 - x_5 = -2\\ x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 = 1\\ 4x_1 - 2x_2 + 6x_3 + 3x_4 - 4x_5 = 7\\ 2x_1 - 4x_2 - 2x_3 + 4x_4 - 7x_5 = 1\end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 10

1. Дана матрицы $A=\begin{pmatrix} 2 & -2 & 1 \\ 5 & 0 & 7 \\ -1 & 4 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^2 + 2A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -7 & 11 & 2 \\ 7 & -6 & -3 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 0 & 5 \\ 5 & 4 & -1 & 2 \\ 0 & 2 & 3 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 4x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 1 \\ 5x_1 + 3x_2 - 2x_3 = 2 \\ 3x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 - 2x_3 + 5x_4 - 7x_5 = 2 \\ 3x_1 + x_2 - 2x_3 + x_4 - x_5 = 4 \\ 2x_1 - x_2 + 7x_3 - 3x_4 + 5x_5 = 6 \\ 3x_1 - 2x_2 + 7x_3 - 5x_4 + 8x_5 = 5 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 11

1. Даны матрицы $A=\begin{pmatrix} -5 & 4 & 1 \\ 0 & 7 & 2 \\ -2 & 4 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^T \cdot A + 3E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 0 \\ 1 & 2 \\ -5 & -4 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & -7 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 & 4 \\ 5 & 0 & 2 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 + x_2 + 3x_3 = 2 \\ 5x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 + x_5 = 4 \\ 3x_1 + 6x_2 + 5x_3 - 4x_4 + 3x_5 = 5 \\ x_1 + 2x_2 + 7x_3 - 4x_4 + x_5 = 11 \\ 2x_1 + 4x_2 + 2x_3 - 3x_4 + 3x_5 = 6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 12

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -3 \\ 0 & 4 & 5 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 3 \\ 2 & 5 & 4 \\ 0 & -2 & 1 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = A^T \cdot A - 2B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 4 & -3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6 & 2 \\ 8 & -7 \\ -8 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 1 & -3 & 1 \\ 4 & 2 & -2 & 1 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 5x_1 + 2x_2 + 5x_3 = 4 \\ 3x_1 + 5x_2 - 3x_3 = -1 \\ 2x_1 + 4x_2 - 3x_3 = -1 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 2x_5 = 2 \\ x_1 - x_2 - 3x_3 - 4x_4 - 3x_5 = -4 \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 - 5x_4 + 2x_5 = 1 \\ x_1 - 2x_2 - 2x_3 - 3x_4 - 5x_5 = -7 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 13

1.Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 3 & 0 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 7 & -2 \\ 0 & 6 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = B^T \cdot A + 4E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ -3 & 4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & -4 & 3 \\ 9 & 16 & -2 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -1 & 1 & 2 & -4 \\ 2 & 0 & -2 & 3 \\ 3 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 7x_1 + 6x_2 + 3x_3 = 10 \\ 3x_1 + 5x_2 + 7x_3 = 1 \\ 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 = -4 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 - x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 4 \\ 6x_1 + x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 5x_5 = 0 \\ 6x_1 + 5x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 7x_5 = 6 \\ 4x_1 + 7x_2 - 2x_3 + 6x_4 + 5x_5 = 8 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 14

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 5 & -6 & 0 \\ 1 & 2 & 4 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = A^T \cdot A + 7E$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 6 & 4 \\ 3 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 & 7 \\ 9 & 4 \\ 24 & 18 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 2 & 4 & 3 \\ 5 & 3 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & -2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 = 10 \\ 4x_1 + 3x_2 - x_3 = 3 \\ 2x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 15 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 5x_5 = 8 \\ 2x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 4x_4 + x_5 = 3 \\ 3x_1 + 7x_2 + 8x_3 - 11x_4 - 3x_5 = -2 \\ 2x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 4x_4 + x_5 = 3 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 15

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix} -5 & 1 & 3 \\ 1 & -1 & 2 \\ 2 & 0 & -3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $C = A \cdot A^T - 3A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 9 \\ 4 & 7 \\ 36 & -7 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -7 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 7 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 3 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 = 6 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 = 9 \\ x_1 - 4x_2 - 2x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 4x_2 - 4x_3 + x_4 - 3x_5 = -3 \\ x_1 + 7x_2 + 6x_3 - 2x_4 + 6x_5 = 2 \\ 9x_1 + 8x_2 + 4x_3 - 3x_4 + 9x_5 = -7 \\ 7x_1 + 5x_2 + 2x_3 - 2x_4 + 6x_5 = -6 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 16

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -2 & -3 \\ 1 & 4 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 3 & 3 & 1 \\ -2 & 4 & -3 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = 3B - A \cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 6 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 7 \\ -3 & 6 & 12 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 0 & 3 & 5 \\ 0 & 1 & 3 & 5 \\ 4 & 0 & 1 & -1 \\ 5 & 2 & 0 & -1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 7 \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 11 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 = 11 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 3x_3 + 7x_4 + 11x_5 = 8 \\ 4x_1 - 2x_2 + x_3 + 2x_4 + 2x_5 = 1 \\ 8x_1 - 4x_2 + 3x_3 + 6x_4 + 8x_5 = 5 \\ 10x_1 - 5x_2 + 5x_3 + 9x_4 + 15x_5 = 10 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 17

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix}0 & 3 & 1\\ 0 & 2 & 4\\ 1 & -1 & 3\end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3E - A\cdot A^T$

2. Решить матричное уравнение $X\cdot\begin{pmatrix}5 & 1\\ 6 & 2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-23 & -3\\ 12 & 0\\ -7 & -3\end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix}2 & 4 & 6 & 1\\ 0 & 2 & 0 & 5\\ 1 & -3 & 0 & 0\\ 2 & -1 & 1 & 4\end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases}3x_1+5x_2+2x_3=6\\ 5x_1+4x_2+5x_3=4\\ 5x_1+6x_2+4x_3=7\end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases}x_1-3x_2+x_3-x_5=-2\\ 2x_1+x_2+3x_3-3x_4=3\\ 4x_1-7x_2+5x_3-x_4-2x_5=-1\\ x_1-4x_2+x_3+x_4-x_5=-2\end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 18

1. Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $C = A \cdot B + 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 1 \\ 6 & 2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & -9 & 11 \\ -2 & -6 & 14 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 0 & 7 \\ 0 & 3 & -1 & 0 \\ 4 & 2 & 1 & -2 \\ 3 & -1 & 2 & 0 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 - x_3 = 3 \\ 4x_1 + 6x_2 - x_3 = 1 \\ 2x_1 - 5x_2 + x_3 = 10 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 - 3x_4 + 2x_5 = 3 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - 3x_5 = 2 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 - 2x_5 = 4 \\ 2x_1 + 3x_2 - 5x_3 - 17x_4 + 10x_5 = -7 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 19

1. Дана матрица $A=\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 2 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$ и $B=\begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 \\ 3 & 1 & -1 \\ -2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C=(3B-A^T)\cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $X\cdot\begin{pmatrix} 4 & 3 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 6 & 9 \\ 1 & -6 \\ 10 & 21 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 4 & 0 & -1 \\ -3 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 2 & 3 \\ 3 & -1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1-4x_2-x_3=-17 \\ 2x_1+x_2-x_3=0 \\ 2x_1-3x_2-5x_3=-8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1-3x_2+5x_3+4x_4+6x_5=5 \\ 3x_1-x_2-x_3=1 \\ 2x_1+2x_2+2x_3+2x_4+3x_5=3 \\ 4x_1-4x_2-2x_4-3x_5=-1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 20

1.Дана матрица A= $\begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 4 & -2 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3E - A \cdot A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 3 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 1 & 10 & -13 \\ 3 & -22 & 27 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 4 & 5 \\ -1 & 2 & 0 & 4 \\ 1 & 3 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & 3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = -3 \\ 2x_1 - 6x_2 - 9x_3 = 11 \\ 4x_1 + 3x_2 - 8x_3 = 2 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 - 2x_4 + x_5 = 5 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 - x_5 = -2 \\ x_1 - 4x_2 + x_3 + x_4 - x_5 = -2 \\ 3x_1 - 3x_2 + 4x_3 - 2x_4 - x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 21

1.Дана матрица $A = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 1 \\ -1 & 2 & -3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу X= $A^T \cdot A - 2E$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot \mathrm{X} = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} -2 & 3 & -1 & 1 \\ 0 & 5 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & 7 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 9 \\ x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 14 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 = 16 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_4 + 2x_5 = 1 \\ 2x_1 - x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 4 \\ 3x_1 - 3x_2 + 2x_3 - x_4 = 7 \\ 5x_2 - x_3 + 5x_4 + 3x_5 = -4 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 22

1.Даны матрицы $A = \begin{pmatrix} -1 & 4 \\ 2 & 1 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ -1 & 3 \end{pmatrix}$.

Найти матрицу $C = 3B - A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 10 & 0 & 5 & -2 \\ 1 & -3 & 2 & 1 \\ 0 & -3 & 1 & -2 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 5x_3 = -9 \\ x_1 - x_2 + 3x_3 = 2 \\ 3x_1 - 6x_2 - x_3 = 25 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 2 \\ 6x_1 - 3x_2 + 2x_3 + 4x_4 + 5x_5 = 3 \\ 6x_1 - 3x_2 + 4x_3 + 8x_4 + 13x_5 = 9 \\ 4x_1 - 2x_2 + x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 23

1. Дана матрица $B = \begin{pmatrix} -4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $A = 3E - B^T \cdot B$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 8 & 3 \\ 4 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16 & 5 \\ 24 & 11 \\ -28 & -8 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \\ -1 & 0 & 4 & 0 \\ 3 & 3 & -3 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 - 3x_2 + x_3 = 2 \\ x_1 + 5x_2 - 4x_3 = -5 \\ 4x_1 + x_2 - 3x_3 = -4 \end{cases}$

   а) матричным методом;

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 6x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + 4x_3 + x_4 + 2x_5 = 3 \\ 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 + x_4 = -7 \\ 9x_1 + 6x_2 + x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 2 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 24

1. Даны матрицы $X = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ и $Y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$.

   Найти матрицу $A = Y - 2X^T \cdot X$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & -4 \\ 3 & -2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 14 & 13 & 38 \\ 8 & 9 & 14 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 2 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & -3 & 1 \\ 0 & -1 & 2 & -2 \\ -3 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 5x_3 = 1 \\ x_1 + 3x_2 + 4x_3 = -3 \\ 3x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 3 \end{cases}$

   а) матричным методом

   б) методом Крамера;

   в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 + 3x_5 = 2 \\ 3x_1 + 3x_2 + 5x_3 - 2x_4 + 3x_5 = 1 \\ 2x_1 + 2x_2 + 8x_3 - 3x_4 + 9x_5 = 6 \end{cases}$

   а) проверить, является ли система уравнений совместной;

   б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

   в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 25

1. Дана матрица $X = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ -1 & 2 & 0 \\ 1 & 3 & 4 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $Y = X - 3X \cdot X^T$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 5 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 15 & 7 \\ 14 & 10 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 4 & 1 \\ -1 & 3 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 9 \\ -2 & 1 & -1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 2 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = -3 \\ 3x_1 + 10x_2 + 8x_3 = -8 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} 6x_1 + x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 5x_5 = 0 \\ 6x_1 + 5x_2 - 3x_3 + 9x_4 + 7x_5 = 6 \\ 4x_1 + 7x_2 - 2x_3 + 6x_4 + 5x_5 = 8 \\ 2x_1 + 4x_2 - x_3 + 3x_4 + 2x_5 = 4 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 26

1. Дана матрица A= $\begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 \\ -1 & 1 & -2 \\ 3 & 1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу $B = 3A^T - A^2$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 8 & 9 & 8 \\ 4 & 1 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 0 & 3 & 4 & 0 \\ 0 & -2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & -2 & 5 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 2x_1 + x_2 - x_3 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 = 1 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 = 5 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 + x_5 = 0 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 + 2x_4 - 3x_5 = 1 \\ 3x_1 - 2x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = -1 \\ 2x_1 - 5x_2 + x_3 - 2x_4 + 2x_5 = -2 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 27

1. Дана матрица A= $\begin{pmatrix} 4 & -3 & 2 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$. Найти матрицу X= $3E - A \cdot A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 3 & 2 & 0 & 5 \\ -4 & 3 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -1 & 2 & 4 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} 3x_1 - 2x_2 + x_3 = 7 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = -5 \\ 4x_1 - x_2 + 3x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 2x_4 + 4x_5 = 0 \\ 2x_1 + 3x_2 + 7x_3 + x_4 + 2x_5 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 + 4x_5 = 4 \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 6x_5 = 5 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 28

1. Даны матрицы A = $\begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 0 & 0 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 4 & 1 & -1 \\ 3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C= $A \cdot A^T + 2B$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 6 & -4 \\ 3 & -1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 4 & 18 & -2 \\ -2 & 12 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 3 & 3 \\ 3 & -3 & 1 & 3 \\ 4 & 0 & 0 & -3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 6 \\ 4x_1 + 5x_2 + 6x_3 = 9 \\ 7x_1 + 8x_2 + 4x_3 = 2 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 + x_4 - 2x_5 = 0 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 - x_4 + x_5 = 1 \\ 3x_1 + 3x_2 - 3x_3 - 3x_4 + 4x_5 = 2 \\ 4x_1 + 5x_2 - 5x_3 - 5x_4 + 7x_5 = 3 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 29

1. Даны матрицы A = $\begin{pmatrix} -4 & 3 \\ 3 & -4 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} 0 & -9 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$. Найти матрицу C= $5B - A^T \cdot A$.

2. Решить матричное уравнение $X \cdot \begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 3 & 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 & -6 \\ 10 & 33 \\ 1 & -17 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 2 & -2 & 1 & -1 \\ 3 & 0 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 = -11 \\ 2x_1 + x_2 - 2x_3 = -2 \\ 3x_1 + 2x_2 - x_3 = 3 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 4x_4 + 2x_5 = 0 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 - x_5 = 1 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - 3x_4 = -1 \\ x_2 - x_3 + x_4 - 2x_5 = -1 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

Вариант 30

1. Дана матрица A= $\begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 \\ -3 & 5 & 2 \end{pmatrix}$. Найти матрицу B= $3E - A \cdot A^T$.

2. Решить матричное уравнение $\begin{pmatrix} 5 & 6 \\ -2 & -4 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 & -4 \\ 4 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Вычислить определитель $\begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 \\ -1 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 3 \end{vmatrix}$.

4. Решить систему уравнений $\begin{cases} x_1 - 3x_2 - 2x_3 = 5 \\ 3x_1 + x_2 - 2x_3 = 19 \\ 4x_1 - x_2 + x_3 = 6 \end{cases}$

а) матричным методом;

б) методом Крамера;

в) методом Гаусса.

5. Дана система линейных уравнений $\begin{cases} x_1 + 3x_2 + x_3 + 4x_4 - 4x_5 = -5 \\ 2x_1 + x_3 - 2x_4 + 2x_5 = -1 \\ 2x_1 - 6x_2 - 4x_3 - x_4 - 2x_5 = -9 \\ x_1 + 3x_2 + 4x_3 - x_4 - 3x_5 = 4 \end{cases}$

а) проверить, является ли система уравнений совместной;

б) если система уравнений совместна, то найти её общее решение;

в) найти фундаментальную систему решений соответствующей однородной системы уравнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. / Д. Т. Письменный // – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2015. – 281 с.

Дополнительная литература

2. Красс М. С. Математика для экономистов. / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов // –СПб.; Питер. 2005. – 464 е.: ил. – (Серия «Учебное пособие»).
3. Сурнев В.Б. Алгебра и аналитическая геометрия :учеб. пособие /В.Б. Сурнев// Екатеринбург, УГГГА. 2003 – 656 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ОГСЭ.01 «ОСНОВЫ ФИЛОСОФИИ»

специальность 15.02.01
Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования
(машиностроение)

программа подготовки специалистов среднего звена

очная форма обучения
на базе основного общего образования
год набора: 2017

Автор: Шемонаев Т.И., доцент, канд. филос. н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Философии и культурологии	горномеханического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Беляев В.П.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

содержание

ВВЕДЕНИЕ 2
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 3
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 5
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы 6
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 7
Подготовка к зачёту 7
Подготовка к экзамену ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов - это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того, самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без

его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к семинарам
- подготовка к реферату, написание реферата;

для подготовки к промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как дома, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, защита рефератов, защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы

студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:
для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- умения вести дискуссию,
- моделировать типичные жизненные ситуаций.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к семинарским занятиям

Семинарские занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения общекультурных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На семинарских занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям*:*

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- умения вести дискуссию,
- моделировать типичные жизненные ситуаций.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Подготовка и написание реферата

Реферат - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Реферат является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к реферату

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

Реферат может быть выполнен в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией - это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

Темы рефератов и докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы

Курсовая работа - форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологиче-

скую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту): *для овладения знаниями*:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы;
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы.
-

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту реферата (доклад с презентацией).

Тест - это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте,
- продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Е.В. АНДРЕЕВА,
С.М. АБРАМОВ

ИСТОРИЯ

Учебно - методическое пособие
по дисциплине «История»
для студентов направления бакалавриата
для студентов среднего специального образования
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2015

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Института мировой экономики
и бизнеса
«___» _____ 2015 г.
Председатель комиссии
д.э.наук, доцент Мочалова Л.А.

Е.В. Андреева,
С.М. Абрамов

ИСТОРИЯ

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «История»
для студентов направления бакалавриата
для студентов среднего специального образования
очного и заочного обучения

Издание УГГУ

Екатеринбург, 2015

Рецензент: Беляев В.П., начальник Управления международной деятельности, канд. филос. наук, доцент кафедры философии и культурологии УГГУ

Методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры управления персоналом «___» _____ 2015 г. (протокол №) и рекомендовано для издания в УГГУ

Андреева Е.В, Абрамов С.М.
ИСТОРИЯ: методическое пособие по дисциплине «История России» для студентов направления бакалавриата очного и заочного обучения по специальности «управление персоналом» / Е.В. Андреева, С.М. Абрамов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – с.

Учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «История России». Оно включает в себя развернутую программу курса, планы семинарских занятий, темы контрольных работ, варианты тестов и кейс-заданий для проверки знаний студентов, методические рекомендации по написанию реферата, вопросы для самоподготовки и подготовки к экзамену, информационно-методическое обеспечение дисциплины.

Андреева Е.В.,
Абрамов С.М.
.Уральский государственный
горный университет, 2015

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

1. **Учебно-методический комплекс дисциплины «История»** составлен в соответствии с требованиями **Федерального государственного образовательного стандарта** (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) высшего профессионального образования к освоению основных образовательных программ

2. Требования к уровню подготовки студентов

Для успешного освоения дисциплины студенты должны обладать следующими *общекультурными* компетенциями:

✓способностью владеть культурой мышления, целостной системой научных знаний об окружающем мире, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры (ОК-1);

✓готовностью использовать базовые положения гуманитарных наук при решении социальных и профессиональных задач (ОК-2);

✓ способностью к анализу социально значимых процессов и явлений, к ответственному участию в общественно-политической жизни (ОК-5);

✓готовностью к восприятию культуры и обычаев других стран и народов, с терпимостью относиться к национальным, расовым, конфессиональным различиям, способностью к межкультурным коммуникациям (ОК-7).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В ходе изучения дисциплины студенты осваивают следующие *общекультурные* компетенции:

- обладают знанием базовых ценностей мировой культуры и готовы опираться на них в своем личном и общекультурном развитии (ОК-2);
- обладают способностью понимать и анализировать мировоззренческие, социально и личностно значимые философские проблемы (ОК-3);
- умеют анализировать и оценивать исторические события и процессы в их динамике и взаимосвязи (ОК-4);
- обладают способностью к социальному взаимодействию на основе принятых моральных и правовых норм, социальных стандартов; демонстрировать уважение к людям, толерантность к другой культуре, готовность к поддержанию партнерских отношений (ОК-8).

В результате освоения компетенций студенты:

знают

- основные факты, явления, процессы, понятия, теории, гипотезы, характеризующие целостность исторического процесса;

- периодизацию отечественной истории (основные закономерности и этапы исторического развития общества);

- особенности процессов социально-экономического, административно-политического и духовного развития Российского государства;

- современные версии и трактовки важнейших проблем отечественной и всемирной истории;

- историческую обусловленность формирования и эволюции общественных институтов, систем социального взаимодействия, норм и мотивов человеческого поведения;

- взаимосвязь и особенности истории России и мира; всемирной, региональной, национальной и локальной истории;

- методы исторического анализа (теоретические основы в области источниковедения и историографии для объективной оценки достижений выдающихся деятелей отечественной и всеобщей истории);

- роль России в мировом сообществе;

умеют

- пользоваться источниками информации (проводить комплексный поиск исторической информации в источниках разного типа; критически анализировать источник исторической информации (характеризовать авторство источника, время, обстоятельства и цели его создания);

- анализировать историческую информацию, представленную в разных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд);

- различать в исторической информации факты и мнения, описания и объяснения, гипотезы и теории;

- устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, пространственные и временные рамки изучаемых исторических процессов и явлений;

- систематизировать разнообразную историческую информацию на основе своих представлений об общих закономерностях всемирно-исторического процесса;

- формировать собственный алгоритм решения историко-познавательных задач, включая формулирование проблемы и целей своей работы, определение адекватных историческому предмету способов и методов решения задачи, прогнозирование ожидаемого результата и сопоставление его с собственными историческими знаниями;

- участвовать в групповой исследовательской работе, определять ключевые моменты дискуссии, формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, использовать для ее аргументации исторические сведения, учитывать различные мнения и интегрировать идеи, организовывать работу группы;

- представлять результаты индивидуальной и групповой историко-познавательной деятельности в формах конспекта, реферата, исторического сочинения, резюме, рецензии, исследовательского проекта, публичной презентации;

владеют

- методами сбора, обработки и анализа информации (могут использовать при поиске и систематизации исторической информации методы электронной обработки, отображения информации в различных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд) и перевода информации из одной знаковой системы в другую);

- навыками исторического анализа при критическом восприятии получаемой извне социальной информации;

- собственной позицией по отношению к явлениям современной жизни, исходя из их исторической обусловленности;

- навыками участия в дискуссиях по историческим проблемам, могут формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, используя для аргументации исторические сведения;

- нормами взаимодействия и сотрудничества; толерантностью, социальной мобильностью, осознают себя как представителей исторически сложившегося гражданского, этнокультурного, конфессионального сообщества, граждан России.

3. Технологии обучения

В преподавании используются методы активного обучения (работа в малых группах, тестирование), IT-технологии (лекции-визуализации), а также проблемное обучение (лекции-дискуссии).

5. Учебные материалы и методические разработки

Для реализации методов активного обучения используются: аналитические задания, сценарии дискуссий, тестовые задания, презентации.

6. Контрольно-измерительные материалы

В качестве оценочных средств используются: рефераты, доклады, презентации; тесты (открытые, закрытые, на сопоставление), контрольные работы.

Рекомендуемое количество часов на освоение программы учебной дисциплины:

максимальной учебной нагрузки обучающегося 164 часа, в том числе:

обязательной аудиторной нагрузки обучающегося 114 часов;

самостоятельной работы обучающегося 50 часов.

II. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ПО МОДУЛЯМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДАМ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Учебно-тематический план занятий студентов очной формы обучения 080400 «Управление персоналом»

Таблица 1:

№ п/п	Учебный модуль дисциплины	Всего часов (акад.)	Аудиторная работа (в акад. час.)		Самостоятельная работа (в акад. часах)
			Лекции	Семинары	
1.	Введение в курс «История России»	6	1	1	4
2.	История России с древнейших времен по XIX в.	24	7	3	14
3.	История России в начале XX в.	21	8	3	10
4.	История России во второй половине XX в.	21	8	3	10
	ИТОГО:	72	24	10	38

Учебно-тематический план занятий студентов заочной формы обучения

Таблица 2:

№ п/п	Учебный модуль дисциплины	Всего часов (акад.)	Аудиторная работа (в акад. час.)		Самостоятельная работа (в акад. часах)
			Лекции	Семинары	
1.	Введение	5	1	-	4
2.	История России с древнейших времен по XIX в.	25	2	1	22
3.	История России в начале XX в.	20	1	1	18
4.	История России во второй половине XX в.	22	2	2	18
	ИТОГО:	72	6	4	62

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Модуль, тема дисциплины	Содержание тем в дидактических единицах
Модуль 1. Введение в курс «История»		
1.	Тема 1.1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории	История как комплекс наук, ее основные разделы. **Сущность, формы, функции исторического знания**. Концепции исторического процесса: цивилизационный, модернизационный, формационный, либеральный пути развития. **Понятие и классификация исторического источника**. **Методы и источники изучения истории**. Вспомогательные исторические дисциплины. **Отечественная историография в прошлом и настоящем: общее и особенное**. **Методология и теория исторической науки**. **История России – неотъемлемая часть всемирной истории**. Факторы своеобразия российской истории: природно-климатический, геополитический, этно-конфессиональный, социокультурный.
Модуль 2. История России с древнейших времен по XIX в.		
2.	Тема 2.1. Славянский этногенез. Образование государства у восточных славян	Праславянские племена и индоевропейцы. Аркаим. Древние народы на территории нашей страны. **Античное наследие в эпоху Великого переселения народов. Проблема этногенеза восточных славян**. Миграционные и автохтонная теории происхождения славян. Влияние античности на славянскую общность. Венеды, анты, склавины. Складывание славяно-русского этноса. Предпосылки создания Древнерусского государства. **Основные этапы становления государственности**. Варяги и Рюрик. Норманнская и антинорманнская теории. Проблема происхождения названия «Русь». Признаки государственности в среднем Поднепровье и в северном регионе в середине IX в. Объединение Киева и Новгорода под властью Олега. **Особенности социального строя Древней Руси. Византийско-древнерусские связи**. **Древняя Русь и кочевники**.
3.	Тема 2.2. Киевская Русь	**Этнокультурные и социально-политические процессы становления русской государственности**.

		Первое древнерусское государство – Киевская Русь. Внутренняя политика первых киевских князей. Русь и Хазарский каганат. Формирование системы государственного управления. Полюдье. Княгиня Ольга. Святослав и его походы. Владимир I. **Причины и последствия христианизации Руси. Распространение ислама.** Борьба за власть сыновей Владимира Святославича. Ярослав Мудрый. Любечский съезд князей. Владимир Мономах. Социальная структура Древнерусского государства. «Русская Правда». Проблема феодализма и феодальных отношений применительно к Киевской Руси. **Эволюция восточнославянской государственности в XI-XII вв.** Культура Киевской Руси.
4.	Тема 2.3. Русь в эпоху феодальной раздробленности	**Социально-политические изменения в русских землях в XIII-XV вв**. Предпосылки распада Киевской Руси и начала феодальной раздробленности. Основные феодальные центры. Новгородская боярская республика: географическое положение, хозяйство, государственное устройство. Владимиро-Суздальская Русь: географическое положение, хозяйство, причины формирования неограниченной власти владимирских князей. Юрий Долгорукий, Андрей Боголюбский, Всеволод Большое Гнездо. Галицко-Волынская земля: географическое положение, экономическое развитие, особенности политической жизни. Роман Мстиславич, Даниил Романович. Киевская земля в период феодальной раздробленности. Культура русских земель в период XII – начала XIII вв. Последствия раздробленности.
5.	Тема 2.4. Борьба русских земель с внешними вторжениями в XIII в.	Монголо-татарское нашествие. Держава Чингисхана. Завоевательные походы монголов. Битва на р. Калке. Нашествие Батыя на Русь. Проблемы сущности и характера «монголо-татарского ига»**. Золотая Орда и русские княжества: проблемы взаимовлияния**. Последствия монголо-татарского нашествия. **Россия и средневековые государства Европы и Азии**. Борьба с агрессией немецких и шведских феодалов. Причины вторжения на Русь немецких рыцарей. Оборона северо-западных рубежей русских земель. Невская битва. Александр Невский как военачальник и государственный деятель. Ледовое побоище. Последствия борьбы с немецкой и шведской агрессией.
6.	Тема 2.5. Складывание Московского государства в XIV - XVI в.	Экономическое, социальное и политическое развитие русских земель на рубеже XIII – XIV вв. **Специфика формирования единого российского государства.** Обособление Северо-Восточной Руси. Предпосылки объединения русских земель. Выделение трех центров формирования возможной государственности: Московского, Тверского и Великого княжества Литовского. **Причины и условия возвышения Москвы.** Иван Калита и его сыновья. Дмитрий

		Иванович Донской. Куликовская битва и ее историческое значение (1380 г.). Роль церкви в борьбе с монголо-татарским игом. Сергий Радонежский. Рост национального самосознания. Феодальная война в Московском княжестве. Завершение объединения русских земель (XV – нач. XVI в.). Правление Ивана III. Свержение монголо-татарского ига. Стояние на р. Угре (1480 г.). Присоединение Ярославля, Твери, Новгорода и других территорий к Московскому государству. Социальные процессы в Московском государстве. Начало оформления крепостного права. Формирование идеологии самодержавия «Москва – третий Рим». Государство и церковь в конце XV – нач. XVI в. Дискуссии между иосифлянами и нестяжателями. Иван IV, его оценки в исторической литературе. Социальная и политическая борьба в XVI в. Начало деятельности Земских соборов. Период внутренних преобразований в эпоху Избранной рады. Внешнеполитическая деятельность Ивана IV. Присоединение Казани и Астрахани. Ливонская война. Начало присоединения Сибири. Утверждение идеи неограниченной власти в общественном сознании. Опричнина. Дискуссии в исторической науке о причинах и сущности опричнины. Итоги деятельности Ивана Грозного. Царь Федор Иоаннович и его правление. Борис Годунов и его деятельность. Итоги развития Русского государства в XVI в.
7.	Тема 2.6. Русское государство в XVII в.	Смута. Власть и общество в смутное время. Крестьянское выступление И. Болотникова. Самозванчество: Лжедмитрий I и Лжедмитрий II. Царь Василий Шуйский. Польская и шведская интервенция. Формирование народных ополчений. Д.Пожарский и К.Минин. Земский собор 1613 г. и начало династии Романовых. Последствия Смутного времени: экономические и социальные процессы в русском государстве. Вотчинное хозяйство, развитие мелкотоварного производства и появление мануфактур. Политика государства в сфере экономики. **Эволюция форм собственности на землю**. **Структура феодального землевладения**. **Формирование сословной системы организации общества**. **Крепостное право в России**. Земский собор 1649 г., его значение. **Складывание русского абсолютизма, его особенности.** Реформы Алексея Михайловича и Федора Алексеевича. Государство и церковь. Патриарх Никон. Церковный раскол. Соляной и медный бунты. Крестьянская война под руководством С. Разина. Внешняя политика Московского государства в XVII в. Тенденции культурного развития в XVII в.
8.	Тема 2.7. Россия в XVIII в.	Предпосылки преобразований первой четверти XVIII в. Северная война 1700-1721 гг. **Реформы Петра I**. Эпоха «дворцовых переворотов»: политические и социально-

		экономические процессы. Екатерина I и Меньшиков. Петр II. Анна Иоанновна. «Бироновщина». Елизавета Петровна. Петр III. Манифест о вольности дворянства. **Век Екатерины II**. Крестьянская война под руководством Е. Пугачева. 1773-1775 гг. Жалованная грамота дворянству и Жалованная грамота городам. Результаты деятельности Екатерины II. Русско – турецкие войны. Павел I: особенности внутриполитического курса. Причины его свержения. **Дискуссии о генезисе самодержавия.**
9.	Тема 2.8. Россия в перв. пол. XIX в.	Россия в первой четверти XIX в. **Особенности и основные этапы экономического развития России**. Александр I. Особенности либеральных реформ. Проекты М.М. Сперанского. Отечественная война 1812 г.: причины, ход событий, последствия. Заграничные походы русских войск. Декабристы: «Южное» и «Северное» общества. Проекты конституционных преобразований Н.М.Муравьева и П.И.Пестеля. Исторические последствия движения декабристов. Эпоха Николая I. Противоречивость внутренней политики. Консервативная модернизация. Укрепление полицейско-бюрократического аппарата. Начало промышленного переворота. **Общественная мысль и особенности общественного движения России XIX в**. Крымская война.
10.	Тема 2.9. Россия во втор. пол. XIX в.	Александр II. Подготовка крестьянской реформы. Сущность и последствия отмены крепостного права. Земская, судебная, городская, военная реформы и реформы в сфере просвещения и печати. Последствия преобразований. Идейно-политическая борьба в пореформенной России. «Земля и воля». Народовольцы. Убийство Александра II. Александр III и «эпоха контрреформ». Экономическое и социальное развитие в пореформенной России. **Становление индустриального общества в России: общее и особенное.** Появление марксизма в России: Г.В.Плеханов, В.И.Ленин. **Реформы и реформаторы в России**. **Русская культура XIX в. и ее вклад в мировую культуру**.
Модуль 3. История России в начале XX в.		
11.	Тема 3.1. Россия в начале XX в.	**Роль XX столетия в мировой истории. Глобализация общественных процессов. Проблема экономического роста и модернизации. Революции и реформы. Столкновение тенденций интернационализма и национализма, интеграции и сепаратизма, демократии и авторитаризма.** **Россия в начале XX в**. **Объективная потребность в индустриальной модернизации России**. Экономическое и социальное развитие страны. Николай II. Деятельность С.Ю.Витте. **Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика**. Внешняя политика страны в начале XX в.

		Русско-японская война. Первая русская революция: причины, ход событий, последствия. Манифест 17 октября. Создание либеральных партий. Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика. Деятельность П.А.Столыпина. Аграрная реформа. Деятельность Государственной Думы. **Российские реформы в контексте общемирового развития в начале века**. Международные противоречия в начале XX в. Причины Первой мировой войны. **Россия в условиях мировой войны и общенационального кризиса**. Февральская **революция 1917 г**. Борьба за выбор путей развития страны в марте – октябре 1917 г. Апрельский, июньский, июльский кризисы Временного правительства. Корниловский мятеж. Большевизация Советов. Октябрьская революция: дискуссии о причинах, характере и последствиях. Судьба Учредительного собрания. **Гражданская война и интервенция, их результаты и последствия. Российская эмиграция**. Начало складывания советской государственности.
12.	Тема 3.2. Советское государство в 1920 – 1930-е гг.	Советское государство после окончания Гражданской войны: **социально-экономическое развитие страны в 1920-е гг. Новая экономическая политика**. **Образование СССР**. «Политическое завещание» В.И.Ленина и его судьба. Л.Д.Троцкий. И.В.Сталин. Хозяйственные, социальные и идеологические сдвиги в стране в 1920-е гг. Внутрипартийная борьба в 1920-е гг. Альтернативы развития страны. **Формирование однопартийного политического режима**. Сталинская модель модернизации страны - «Большой скачок» (1928-1939 гг.). **Социально-экономические преобразования в 1930-е гг.** Индустриализация страны. Первые пятилетки. Коллективизация сельского хозяйства. Административно-командные методы ее осуществления. **Культурная жизнь страны в 1920-е гг. Усиление режима личной власти И.В.Сталина**. **Курс на строительство социализма в одной стране и его последствия**. Складывание советского тоталитаризма. Репрессии. **Сопротивление сталинизму**. **Внешняя политика Советской России и СССР в 1920-1930-е гг**.
13.	Тема 3.3. СССР в годы Второй мировой войны	**СССР накануне и в начальный период Второй мировой войны**. Советско-германский пакт о ненападении. Внешняя политика СССР в условиях начавшейся войны**. Великая Отечественная война (1941-1945 гг.**). Дискуссии о причинах и характере войны. Боевые действия в июне 1941 – осенью 1942 гг. Битва за Москву. Оборона Ленинграда. Коренной перелом в ходе войны. Сталинград. Курская битва. Советский тыл в годы войны. Государство и общество. Завершение Великой Отечественной войны. Боевые действия в 1944-1945 гг. Разгром Германии. Разгром Японии. Окончание Второй мировой войны. Итоги и

		уроки войны.
Модуль 4. История России во второй половине XX в.		
14.	Тема 4.1. СССР в 1945-1964 гг.	**Социально-экономические последствия Великой Отечественной войны**. **Страна в послевоенный восстановительный период**. Начало «холодной войны». Смерть И.В.Сталина и борьба за власть в высшем партийно-государственном руководстве страны. Н.С.Хрущев. XX съезд КПСС, осуждение культа личности Сталина. Курс на построение коммунистического общества. Социально-экономическое развитие страны в конце 1950 - начале 1960-х гг. Противоречивость и непоследовательность политики Н.С.Хрущева. Духовное развитие советского общества. «Оттепель». **Внешняя политика в 1950-1960-х гг**. **Холодная война**.
15.	Тема 4.2. Советское общество в эпоху «застоя»	**Попытки осуществления политических и экономических реформ**. Поиски новых форм и методов управления. **НТР и ее влияние на ход общественного развития**. **СССР в 1960-80-е гг.: нарастание кризисных явлений**. Бюрократизация партийного и государственного аппарата. Л.И.Брежнев. Концепция «развитого социализма». Противоречивость духовной жизни общества. Диссидентское движение: А.Д.Сахаров, А.И.Солженицын. Приход к власти Ю.В.Андропова. «Мини-застой» К.У.Черненко. Внешняя политика в эпоху «разрядки» и начало новой конфронтации с Западом.
16.	Тема 4.3. СССР в сер. 1980-х – начале 1990-х гг.	**Советский Союз в 1985-1991 гг**. М.С.Горбачев: динамика политических взглядов и позиций. **«Перестройка»**: сущность и этапы. КПСС и реформы. Утверждение многопартийности. Политические партии и их лидеры. Размежевание общества на основе политических воззрений и идеалов. Обострение национальных противоречий. Духовная культура в новых условиях. «Новое политическое мышление». Кризис политики «перестройки». **Попытка государственного переворота 1991 г. и ее провал**. **Распад СССР**. **Беловежские соглашения**.
17.	Тема 4.4. Современная Россия	Начало радикальных социально-экономических преобразований. Б.Н.Ельцин. Либерализация цен и ее последствия. Приватизация государственной собственности. Рост социального расслоения в обществе. Поляризация политических сил. Противостояние законодательной и исполнительной власти в **октябре 1993 г.** Конституция РФ 1993 г. **Становление новой российской государственности (1993-1999 гг.)**. Россия и субъекты Федерации. Война в Чечне. Россия и мировое сообщество. Экономический кризис 1998 г. Уход Б.Н.Ельцина. Президентские выборы 2000 г. В.В.Путин. **Россия на пути радикальной социально-экономической модернизации**.

		Культура в современной России. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации.

IV. СОДЕРЖАНИЕ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задачи семинарских занятий:

В ходе работы на занятиях студенты научатся практически применять приобретенные теоретические знания:

1) вести дискуссии по проблемным вопросам курса;
2) осознавать взаимосвязь прошлых и настоящих событий;
3) критически относиться к различным аспектам развития общества;
4) вырабатывать и формулировать собственную точку зрения по той или иной проблеме;
5) видеть и оценивать значимость экономического, политического, социального и культурного окружения, в котором осуществляется образование или работа;
6) аргументировать свои ответы на поставленные вопросы;
7) оценивать и формировать социальные привычки, связанные со здоровьем, потреблением, сохранностью окружающей среды.

Модуль 1. Введение в курс «История»

Тема 1.1. История как наука и учебная дисциплина

1. Место истории в системе наук. Специфика исторического знания.
2. Исторический источник.
3. Концепции (интерпретации) исторического процесса.
4. Всеобщая история и Отечественная история.
5. Историография отечественной истории.

Основные понятия:

История, этнос, менталитет, государство, цивилизация, формация, классы.

Вопросы:

1. Что означает понятие «история»? Для чего необходимо знать историю?
2. Какими основными источниками пользуются в познании истории? Каких русских историков вы знаете? Как они трактуют значение истории, выделяют ее периодизацию?
3. Какова периодизация истории России? Какие этапы всемирной истории совпадают с хронологическими рамками истории России?
4. Назовите факторы и особенности российского исторического процесса. В чем причины чрезмерной роли государства в истории России?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место и роль России в мировом сообществе;
- ✓ узнают периодизацию истории России;
- ✓ получат представление об особенностях российского исторического процесса.

Литература

Основная:

1. Кириллов В.В. учеб. пособие для бакалавров / В.В. Кириллов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 665 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
2. История России (IX – начало XXI вв.): учебник / С. Н. Полторак, А.Ю. Дворниченко, З.О. Джалиашвили и др.; под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2005. – 479с. – С. 5-18.
3. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.I.- Глава 2-3. – С. 6-24.
4. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – С. 15-49.

Дополнительная:

4. Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – С. 3-9.
5. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. - Глава 1. – С. 12-37.
6. Личман Б.В. Многоконцептуальная история России. Пособие для абитуриентов. – Екатеринбург: Из-во «СВ-96», 2000.- С.4-20.
7. Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – С. 4-52.

Текущий контроль знаний:

1.**Познавательная функция истории заключается в …**

А) изучении и теоретическом обобщении исторических фактов и событий

Б) формирование нравственных и гражданских ценностей

В) формирование историзма мышления

Г) укрепление обороноспособности государства

2.**Субъективистский подход к историческому процессу, отождествление истории России с историей самодержавия был характерен для …**

А) Н.М. Карамзина

Б) В.О. Ключевского

В) А.А. Корнилова

Г) М.Н. Покровского

3.**Историческая наука в СССР основывалась на _____ подходе к истории**

А) марксистском

Б) эволюционном
В) теологическом
Г) субъективном

Модуль 2. История России с древнейших времен по XIX в.

Тема 2.1. Восточные славяне и Киевская Русь

1. Этногенез восточных славян.
2. Быт, общественный строй и верования восточных славян в древности.
3. Норманнская и антинорманнская теории происхождения Древнерусского государства.
4. Киевская Русь: особенности социального и политического развития.
5. Древнерусская культура.

Основные понятия:

Этногенез, военная демократия, язычество, полюдье, варяги, вече, Боярская дума, «Русская Правда», вотчина, децентрализация, уделы, иго.

Вопросы:

1. Каково происхождение восточных славян? На какой территории они проживали и каким был общественный строй восточных славян?

2. Каковы точки зрения современных ученых на проблему образования Древнерусского государства?

3. Каким был экономический и политический строй Древнерусского государства?

4.Какое значение имело принятие христианства для Киевской Руси и последующей истории России?

5. Как развивалась внутренняя и внешняя политика киевских князей в IX-XII вв.? Почему на Руси установилось монголо-татарское иго?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ узнают теории этногенеза и теории образования древнерусского государства;
- ✓ получат представление о культурном влиянии Византии на Русь;
- ✓ осознают последствия монголо-татарского нашествия на Русь.

Литература

Основная:

1. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

2. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 1. – С. 12-45.

3. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел I. – Глава 1-3, 5-7. - С. 3-61, 78-106.

4. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.II.- Глава 1-2. – С. 26-66.
5. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 1. – С. 50-76.

Дополнительная:

6. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 2. – С. 38-68.
7. Кульгин Э.С. Золотая Орда: проблемы генезиса Российского государства. - М., 2006.
8. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 5-64.
9. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава I-IV. – С. 13-169.

Текущий контроль знаний:

1. **Заключение династических браков стало основным средством внешней политики Киевской Руси в годы правления …**
   А) Ярослава Мудрого
   Б) Владимира Крестителя
   В) Владимира Мономаха
   Г) Мстислава Великого

2. **Памятником древнерусской литературы XII в., посвященным походу на половцев новгород-северского князя Игоря Святославича в 1185 году, является …**
А) “Слово о полку Игореве”
Б) “Поучение Владимира Мономаха”
В) “Слово о погибели русской земли”
Г) “Сказание о Мамаевом побоище”

3. **В 1223 г. первое сражение русских дружин с монголо-татарами произошло на реке …**
А) Калке
Б) Дон
В) Угре
Г) Воже

Тема 2.2. Образование русского централизованного государства

1. Предпосылки образования Московского государства:
   а) экономические;

б) социальные;
в) политические;
г) причины возвышения Москвы.

2. Основные этапы централизации русских земель.
3. Государство и церковь в XV – нач. XVI вв.

Основные понятия:

Централизация, поместье, сословно-представительная монархия, Земский собор, «Москва – третий Рим», митрополит, крепостное право.

Вопросы:

1. Каковы были предпосылки и причины объединения русских земель? Почему борьба за объединение сопровождалась соперничеством между русскими княжествами?

2. Почему Москва стала центром объединения русских земель? Каков вклад Ивана Калиты в возвышение Москвы?

3. Какую роль сыграла Русская православная церковь в период ордынского ига и борьбы за единство русских земель? Почему сложился союз между церковью и московскими князьями?

4. В чем значение Куликовской битвы? Охарактеризуйте деятельность Дмитрия Донского. Почему объединение русских земель привело к разрушению традиций самоуправления?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место Московского княжества и роль московских князей в процессе объединения земель;
- ✓ получат представление о взаимоотношениях Москвы, Твери, Новгорода, Литвы;
- ✓ узнают этапы объединения русских земель вокруг Москвы.

Литература

Основная:

1. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

2. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 2. – С. 46-61.

3. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II. – Глава 3-5. - С. 132-177.

4. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 1. – С. 81-98.

5. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 2. – С. 99-160.

Дополнительная:

6. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 8-10. – С. 232-334.
7. Скрынников Р.Г. Иван III / Р.Г. Скрынников. – М., 2006.
7. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VI. – С. 241-302.

Текущий контроль знаний:

1.**Основателем династии московских князей был …**
А) Даниил Александрович
Б) Юрий Данилович
В) Алексей Михайлович
Г) Иван Данилович

2. Земельное владение, предоставляемое на условиях несения службы, называется …
А) поместьем
Б) вотчиной
В) уделом
Г) отрезком

3. Победа русского войска на Куликовом поле в 1380 г.:
А) полностью освободила Русь от ордынского ига
Б) была первой крупной победой русских в борьбе с Ордой
В) завершилась гибелью Дмитрия Донского
Г) усилила роль Москвы как центра объединения русских земель

Тема 2.3. Русское государство в XVI в.

1. Реформы Избранной рады.
2. Опричнина.
3. Русское государство в конце XVI в.
4. Внешняя политика в XVI в.

Основные понятия:

Венчание на царство, Избранная рада, реформа, Приказы, стрельцы, Стоглав, опричнина, губные избы, династический кризис.

Вопросы:

1. Какие реформы были проведены в середине XVI в.? Каковы их результаты?
2. Какова роль Ивана Грозного в укреплении самодержавия?
3. Что такое опричнина? В чем ее смысл? Почему она была отменена?
4. На каких направлениях внешней политики Россия достигла наилучших результатов? Почему?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают роль Ивана Грозного в установлении монархического правления;
- ✓ узнают последствия опричнины;
- ✓ смогут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

1. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.
2. Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 7. - С.83-104.
3. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 2. – С. 46-47, 61-77.
4. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II. – Глава 6. - С. 178-212.
5. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 2. – С. 99-121.
6. Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.2. - С. 185-238.

Дополнительная:

7. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 12. – С. 352-396.
8. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 68-86.
9. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VII. – С. 303-339.

Текущий контроль знаний:

1. В 1552 г. к России было присоединено _____ ханство.

А) Казанское
Б) Астраханское
В) Сибирское
Г) Крымское

2. В 1551 г. был созван Собор русской церкви, получивший название …

А) Стоглавого
Б) Земского
В) Негласного
Г) Избранного

3.**Результатами опричнины были:**
А) принятие Соборного уложения
Б) экономический кризис в стране
В) завоевание Россией Сибирского ханства
Г) сокращение посевных площадей и голод
Д) установление режима неограниченной власти Ивана IV
Е) создание регулярной армии

3.

Тема 2.4. Россия в XVII в.

1. Причины, периодизация и последствия Смуты.
2. Социально-экономическое развитие России в XVII в.
3. Русское государство и его институты в XVII в. Возникновение русского абсолютизма.
4. Внешняя политика России в XVII в.

Основные понятия:

Смута, польско-шведская интервенция, крестьянская война, Семибоярщина, народное ополчение, Земский собор, сословно-представительная монархия, патриарх, бунты, тягло, урочные и заповедные лета, мануфактуры.

Вопросы:

1. Что такое Смутное время?
2. Какие страны и с какой целью предприняли в начале XVII в. интервенцию в Россию? Каковы последствия Смутного времени?
3. Что позволило отстоять независимость России?
4. С чем связано усиление роли Земских соборов в начале XVII в.?
5. Какова роль Русской православной церкви и ее деятелей в годы Смуты и после нее?
6. Почему вторую половину XVII в. называют «бунташным веком»?
7. С кем воевала Россия в XVII в.? Каковы результаты этих войн?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место социальных институтов (Земского собора, Боярской думы, патриарха и Русской православной церкви) в период Смуты и правления первых Романовых;
- ✓ узнают об основных изменениях в государственном управлении, об установлении крепостного права в России.

Литература

Основная:

1. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

2. Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 8-9. - С. 105-128.
3. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 3. – С. 78-118.
4. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II-III. – Глава 7-8, 1-2. - С. 213-250, 250-304.
5. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 3. – С. 122-144.
6. Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.2. - С. 239-461.

Дополнительная:

7. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 13-15, 18-22. – С. 396-461, 504-710.
8. Козляков В.Н. Марина Мнишек. - М., 2005.
9. Патриарх Никон: трагедия русского раскола (сборник) / Составители В.И. Мельник, И.М. Стрижова. - М., 2006.
10. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 87-145.
11. Скрынников Р.Г. Минин и Пожарский. - М., 2007.
12. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VIII-X. – С. 340-474.

Текущий контроль знаний:

1. **Кодекс законов Российского государства, принятый Земским собором в 1648-1649 гг., называется …**
А) Соборным уложением
Б) Судебником
В) Русской Правдой
Г) Конституцией

2.**К причинам поражения восстания С. Разина относится …**
А) стихийность и низкая организованность
Б) появление самозванцев
В) вмешательство интервентов
Г) смерть С. Разина

3.**В царствование Михаила Федоровича в 1632-1634 гг. Россия вела Смоленскую войну с …**

А) Речью Посполитой
Б) Швецией
В) Данией
Г) Австрией

Тема 2.5. Россия в XVIII в.

1. Реформы Петра I и их историческое значение.
2. Эпоха дворцовых переворотов.
3. «Просвещенный абсолютизм». Екатерина II.
4. Внешняя политика России в XVIII в.

Основные понятия:

Абсолютизм, империя, регулярное государство, Синод, Сенат, министерства, «Великое посольство», подушная подать, Табель о рангах, рекруты, ассамблеи, Кунсткамера, протекционизм, дворцовые перевороты, гвардия, Верховный Тайный совет, кондиции, «бироновщина», просвещенный абсолютизм, Уложенная комиссия, Жалованные грамоты дворянству и городам.

Вопросы:

1. Почему XVIII в. называют веком Просвещения и модернизации?
2. Каковы особенности складывания абсолютизма в России?
3. Каковы предпосылки реформ Петра I? Как Петр проводил реформы одновременно или в какой-то хронологической последовательности?
4. Что стало причиной Северной войны? Каковы ее последствия?
5. Почему после смерти Петра Великого происходили дворцовые перевороты?
6. Какие социально-экономические процессы происходили во время правления Екатерины II и Павла I? Каково значение крестьянской войны под предводительством Е. Пугачева?
7. Какие успехи были достигнуты во внешней политике во второй пол. XVIII в.?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают роль личности правителя для развития государства;
- ✓ имеют представление о дворцовых переворотах;
- ✓ знают основные реформы XVIII в. и их значение для становления абсолютизма в нашей стране;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

1. Орлов А.С., Георгиев В.А., Георгиева Н.Г., Сивохина Т.А. История России. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Проспект, 2015. - 680 с.
2. Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 10-12. – С. 129-205.
3. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 4,5. – С. 119-150, 151-168.
4. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел III. – Глава 3-5. - С. 305-438.
5. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.IV.- Глава 1-2. – С. 145-198.
6. Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава IV-V. –С. 92-124, 125-153.
7. Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.3. – С. 462-686.

Дополнительная:

8. История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Цинбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 1, 3-4, 6-7, 10, 12-13. – С. 9-45, 74-97, 127-195, 216-267, 280-308.
9. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 146-188.
10. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава X-XII. – С.475-579.

Текущий контроль знаний:

1. **Крестьянская война под руководством Е.И. Пугачева началась в _____ году.**

А) 1773
Б) 1767
В) 1775
Г) 1785

2. **В 1727-1730 гг. российским императором был внук Петра I …**

А) Петр II
Б) Петр III
В) Иван V
Г) Иван VI

3. **Назовите имя непримиримого противника церковной реформы XVII в.:**
А) патриарх Никон
Б) митрополит Макарий
В) протопоп Аввакум
Г) Алексей Михайлович

Тема 2.6. Россия в первой половине XIX в.

1. Александр I и его преобразования. М.М.Сперанский.
2. Царствование Николая I.
3. Общественно-политические движения в первой пол. XIX в.
4. Внешняя политика России в первой половине XIX в.

Основные понятия:

Либеральные реформы, конституционализм, Гос. Совет, реакция, консерватизм, общественное движение, декабристы, западники, славянофилы, бюрократизация, кодификация, финансовая реформа Е. Ф. Канкрина.

Вопросы:

1. В чем суть государственных преобразований при Александре I в начальный период царствования? Какова роль в них М.М. Сперанского?
2. Почему «дней Александровых прекрасное начало…»? Что такое «Аракчеевщина», какие последствия она имела для развития государства?
3. Какие последствия для России имели Отечественная война 1812 г. и восстание декабристов?
4. Почему первую половину XIX в. называют «золотым веком» русской культуры?
5. В чем состоял кризис николаевской системы правления? Почему Россия потерпела поражение в Крымской войне?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают причины и значение общественного движения XIX в.;
- ✓ знают основные либеральные реформы Александра I, реакционные мероприятия Николая I;
- ✓ умеют отличать программные документы декабристов;
- ✓ знают главные достижения культуры «золотого века».

Литература

Основная:

1. История России с древнейших времен до наших дней: учебник / В.А. Федоров, В.И. Моряков, Ю.А. Щетинов. – М.: ТК Велби, ЗАО «КноРус», 2010. – 544с.
2. Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 13-14. – С. 206-267.
3. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание

2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 6. – С. 169-197.
4. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 1-3. - С. 439-504.
5. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.IV.- Глава 3. – С. 199-234.
6. Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VI. – С. 154-192.

Дополнительная:

7. В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с. – С. 107-127.
8. История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Цинбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 18-23. – С. 407-589.
9. История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Глава 1-3. – С. 5-124.
10. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 189-233.
11. Экштут С.А. Александр I. Его сподвижники. Декабристы: в поиске исторической альтернативы. - СПб., 2004.

Текущий контроль знаний:

1. **В 1809 г. по заданию Александра I проект преобразований в сфере государственного управления подготовил …**

А) М.М. Сперанский
Б) Е.Ф. Канкрин
В) П.И. Пестель
Г) Н.М. Муравьев

2.**В 1803 г. император Александр I издал указ о (об) …**

А) вольных хлебопашцах
Б) обязанных крестьянах
В) отмене крепостного права
Г) секуляризации церковных земель

3.**Форма организации войск, появившаяся в период правления Александра I, при которой строевая служба совмещалась с ведением хозяйства, - это:**

А) опричное войско

Б) Запорожская Сечь
В) стрелецкое войско
Г) военные поселения

Тема 2.7. Эпоха «Великих реформ»

1. Кризис феодально-крепостнической системы к середине XIX в.
2. Крестьянская реформа.
3. Буржуазные реформы 1860-1870-х гг. и их значение.
4. Общественно-политические движения в пореформенной России.

Основные понятия:

Буржуазия, капитализм, рабочий класс, промышленный переворот, крестьянская реформа, выкупные платежи, временнообязанные, уставные грамоты, крестьянская община, народничество, социал-демократия, контрреформы.

Вопросы:

1. Каковы предпосылки и идеология реформ Александра II?
2. В чем суть и каковы результаты крестьянской реформы 1861 г.?
3. Почему реформы 60-70-х гг. XIX в. называют либеральными? Какие изменения произошли в стране в итоге проведения земской, судебной, финансовой, образовательной и военной реформ?
4. Каковы были сильные и слабые стороны пореформенной модели развития России? В чем своеобразие российского капитализма?
5. Как развивалось общественное движение в России во второй половине XIX в.? Почему «царя-освободителя» убили в 1881 г.?
6. Почему Александр III проводил «контрреформы»? Каковы их цели и результаты? В чем суть курса, предложенного министром финансов С.Ю. Витте? Каковы итоги его «золотой» реформы?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают причины и значение «Великих реформ»;
- ✓ умеют отличать реформы и контрреформы;
- ✓ знают основные общественно-политические движения в пореформенной России.

Литература

Основная:

1. Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 15-16. – С. 268-320.
2. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 7. – С. 198-234.
3. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 4-6. - С. 504-546.

4. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.IV.- Глава 4. – С. 234-248.
5. Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VII. – С. 193-230.
6. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 4. – С. 293-340.

Дополнительная:

7. История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. – Глава 6. – С. 179-200.
8. История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Цинбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 24-26. – С. 589-688.
9. Эйдельман Н.Я. Твой девятнадцатый век. - М., 2006.
10. Юрьевская Е.М. Александр II.- М., 2004.

Текущий контроль знаний:

1. **С отменой крепостного права связан термин …**
А) заповедные годы
Б) урочные лета
В) присяжные заседатели
Г) временнообязанные крестьяне

2. **Один из важнейших итогов Крестьянской реформы 1861 г.:**
А) началась крестьянская война против царя и помещиков
Б) резко выросла производительность сельского хозяйства
В) были сняты препятствия для капиталистического развития России
Г) возрос экспорт хлеба

3.**Укрепление российских финансов на рубеже XIX-XX вв. связано с именем …**
А) С.Ю. Витте
Б) Е.Ф. Канкрина
В) Н.А. Милютина
Г) К.П. Победоносцева

Модуль 3. История России в начале XX в.

Тема 3.1. Создание Советского государства. Советская Россия и СССР в 1920-30-е годы

1. Великая русская революция начала XX в.
2. Гражданская война в России.
3. Этапы формирования советского авторитаризма и тоталитаризма. Особенности советского тоталитаризма.

4. Внешняя политика страны в 1920-1930-е гг.

Основные понятия:

Модернизация, революция, «Манифест 17 октября», конституционная монархия, политическая партия, Государственная дума, Прогрессивный блок, Антанта, аграрная реформа П.А. Столыпина, Советы, Учредительное собрание, «военный коммунизм», продразверстка, гражданская война, авторитаризм, тоталитаризм, Коминтерн, республика, индустриализация, коллективизация.

Вопросы:

1. Каковы причины революции 1905-1907 гг.? Какие позиции занимали в годы революции политические партии? В чем причины неудачи революции? В чем ее значение?

2.Как зародился парламентаризм в России? В чем суть аграрной реформы П.А. Столыпина? Каков ее ход и каковы результаты?

3. Почему Россия оказалась втянутой в Первую мировую войну? Каково значение участия России в мировой войне?

4. В чем причина свержения самодержавия? Что такое двоевластие? Как произошла Октябрьская революция? Почему большевикам удалось взять власть?

5. В чем причины гражданской войны? Почему большевики одержали победу?

6. Каковы причины перехода большевиков к новой экономической политике, а дальнейшем отказ Сталина от нее?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность демократического режима и конституционной монархии;
- ✓ осознают роль политических партий в обществе;
- ✓ знают особенности становления многопартийной системы в России, основные события революции и гражданской войны;
- ✓ умеют отличать советский авторитаризм от тоталитаризма;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

1. История России. XX век: 1894-1939 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2010. - 1023 с.

2. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 8,9,10,11. – С. 235-262, 263-296, 297-328, 329-361.

3. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 8-9. – С. 559-591. - Раздел V. – Глава 1-4. – С. 591-658.

4. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.V.- Глава 1-3. – С. 249-304. - Ч.VI. – Глава 1-2. – С. 305-336.

5. Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VIII-IX. – С. 231-352.

6. Оськин М.В. История Первой мировой войны. – М.: ООО «Издательский дом «Вече», 2014. – 496 с. Глава 1-2. – С. 7-195.

Дополнительная:

7. Бок М.П. П.А. Столыпин: Воспоминания о моем отце. - М., 2006.

8. В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с. – С. 23-50.

9. История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Глава 13-14, 16-19. – С. 343-408, 440-618.

10. Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 1-3. – С. 10-112.

11. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 234-553.

Текущий контроль знаний:

1. **Созданная в октябре 1905 г. партия кадетов относилась к _____ направлению общественного движения.**

А) радикальному
Б) либеральному
В) революционному
Г) охранительному

2.**Союзником России в Первой мировой войне была …**

А) Германия
Б) Австро-Венгрия
В) Болгария
Г) Великобритания

3.**1 сентября 1917 г. Россия была провозглашена …**

А) дуалистической монархией
Б) конституционной монархией
В) республикой
Г) федерацией советских республик

Тема 3.2. СССР в годы Второй мировой войны

1. Причины Второй мировой войны. СССР в начальный период мировой войны.
2. Начало Великой Отечественной войны, ее происхождение и характер. Этапы Великой Отечественной войны.
3. Власть и общество в годы войны. Исторические последствия Великой Отечественной войны.

Основные понятия:

«Мюнхенский сговор», Лига наций, коллективная безопасность, пакт о ненападении, ГКО, антигитлеровская коалиция, план «Барбаросса», коренной перелом, партизанское движение, добровольцы, фашизм, ленд-лиз, безоговорочная капитуляция..

Вопросы:

1. Какая была международная обстановка в 1930-е гг. и какую внешнюю политику проводил Советский Союз? Почему СССР оказался участником Второй мировой войны? Какую цель преследовала Германия, нападая на СССР?

2. Каковы причины военных неудач СССР в 1941-1942 гг.? Почему советским войскам удалось победить под Москвой, Сталинградом, на Курской дуге?

3. Почему советско-германский фронт был решающим фронтом в годы Второй мировой войны?

4. Как сложилась антигитлеровская коалиция? Почему СССР победил в войне? Каковы были последствия этой победы?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность фашизма;
- ✓ знают основных участников и периодизацию Второй мировой и Великой Отечественной войн;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России;
- ✓ осознают цену победы в войне.

Литература

Основная:

1. История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

2. Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с. – Глава VIII. – С. 298-328.

3. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 12. – С. 362-400.

4. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 5. – С. 658-675.

5. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VI.- Глава 3-4. – С. 337-370.

Дополнительная:

6. История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Т.2. – Глава 20. – С. 619-656.
7. Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 4. – С. 113-136.
8. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 554-570.

Текущий контроль знаний:

1. **Заключительной операцией Великой Отечественной войны стало в мае 1945 г. освобождение …**

А) Минска
Б) Парижа
В) Праги
Г) Лондона

2. **СССР был исключен из Лиги Наций в декабре 1939 г. в связи с нападением на …**

А) Прибалтику
Б) Польшу
В) Финляндию
Г) Бессарабию

3. **План германского командования под кодовым названием «Барбаросса» предусматривал …**

А) захват Мурманска
Б) уничтожение Красной Армии под Курском
В) разгром Красной Армии под Сталинградом
Г) молниеносный разгром сил Красной Армии

Модуль 4. История России во второй половине XX в.

Тема 4.1-3. СССР в 1945 – 1991 гг.

1. Борьба за власть в советском руководстве на рубеже 1940-1950-х гг.
2. Реформы Н.С.Хрущева.
3. СССР в эпоху «застоя». Л.И.Брежнев. Поиск путей развития в первой половине 1980-х гг.
4. «Перестройка» в СССР. Причины неудавшегося реформирования советского общества.

Основные понятия:

Либерализация политического режима, , десталинизация, «оттепель», ГУЛАГ, реабилитация, НТР, «холодная война», косыгинская реформа,

паритет, правозащитное движение, диссиденты, «развитой социализм», герантократия, разрядка, «новое политическое мышление», плюрализм.

Вопросы:

1. Какие задачи стояли перед экономикой страны после окончания войны? Насколько обоснованным было возвращение И.В. Сталина к довоенным методам руководства?

2. Какие изменения произошли после смерти И.В. Сталина во внутренней и внешней политике? С чем связана либерализация политического режима? Как развивалась экономика в 1950-60-е годы?

3. Что такое «эпоха застоя»? Какие изменения произошли в эти годы в экономическом, социальном, политическом развитии, во внешней политике?

4. Почему советское государство, добившись в 1960-70-е гг. в соревновании с капиталистическим миром паритета в военной области, не смогло добиться в это же время паритета в области экономики?

5. В чем причины перестройки? Каковы ее цели и результаты? Каковы объективные и субъективные причины распада СССР?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ умеют отличать реформаторские проекты Маленкова, Берии, Хрущева;
- ✓ понимают сущность политики «оттепели» и «развитого социализма»;
- ✓ знают события и результаты эпохи перестройки;
- ✓ осознают последствия августовского политического кризиса 1991 г.

Литература

Основная:

1. История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

2. Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с. – Глава IX-XII. – С. 329-528.

3. История России с древнейших времен до наших дней / Под ред. А.Н. Сахарова, Морозова Л.Е. М., 2008.

4. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 13,14,15,16. – С. 401-427, 428-449, 450-474, 475-499.

5. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 6-9. – С. 675-731.

6. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VI.- Глава 4-6. – С. 351-402. - Ч.VII.- Глава 1. – С. 403-425.

Дополнительная:

7. Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 5-6. – С. 136-168, 168-187.

8. История России с начала XIX до начала XXI вв. / Под ред. А.Н. Сахарова. – М.: 2008. - Т.2. – Глава 23-24. – С. 728-793.
9. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 571-595.

Текущий контроль знаний:

1. **Правящий слой, господствующий в бюрократической системе управления СССР в 1960-1980-е гг., назывался …**

А) коллаборационистами
Б) общественниками
В) шестидесятниками
Г) номенклатурой

2. **Заключительный акт Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе, подписанный в Хельсинки в августе 1975 г., констатировал …**

А) создание Совета Безопасности ООН
Б) окончание «холодной войны» между Востоком и Западом
В) нерушимость послевоенных границ в Европе
Г) создание в Европе системы коллективной безопасности

3. **Одной из причин кризисных явлений в экономике СССР в 1970-е – первой половине 1980-х гг. было …**

А) развитие предпринимательства
Б) создание частных банков
В) господство административно-командной системы
Г) создание валютных и других бирж

Тема 4.4. Современная Россия

1. Август 1991 г. и его последствия. Начало становления современной России.
2. Социально-экономические и политические преобразования 1990-х гг., их последствия.
3. Россия в начале XXI в. В.В.Путин.
4. Россия и современный мир: опыт конца XX – начала XXI в.

Основные понятия:

СНГ, приватизация, «шоковая терапия», ваучер, правовое государство, рыночная экономика, дефолт, «вертикаль власти», олигархи, глобализация, Совет Федерации, ВТО.

Вопросы:

1. Имелась ли возможность сохранить СССР, советский строй, социалистические производственные отношения в начале 1990-х гг.? Каковы проблемы и перспективы развития СНГ?

2. Какие реформы проводились в России после 1991 г.? В чем причины их неудач? Какие силы и партии участвуют в политической борьбе в современной России?

3. Какие события и действия властей способствовали укреплению российской государственности, развитию экономики страны на рубеже XXI в.? Какие задачи стоят перед современной Россией?

4. Какие трудности и противоречия выявились в процессе формирования в России рыночной экономики и правового государства в начале XXI в.?

5. Каковы место и роль современной России в международной политике?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность демократического режима;
- ✓ знают основные вехи становления многопартийности и демократии в России;
- ✓ умеют различать ветви государственной власти в Российской Федерации;
- ✓ осознают необходимость модернизации современной России.

Литература

Основная:

1. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 17. – С. 500-534.

2. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 10. – С. 737-760.

3. История России с древнейших времен до наших дней: учебник / Н.Л. Клименко, В.Г. Кошкидько, С.В. Пронкин (и др.); под ред. А.В. Сидорова. – М.: Проспект, 2009.- 464с. – Глава 5. – С. 410-462.

4. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VII.- Глава 2. – С.426-451.

Мотревич В.П. Экономическая история России. Екатеринбург, 2004. – Глава XVIII. – С. 559-592.

5. Семенникова Л.И. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 11. – С. 747-761.

Дополнительная:

6. История России (IX – начало XXI вв.): учебник / С. Н. Полторак, А.Ю. Дворниченко, З.О. Джалиашвили и др.; под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2005. – 479с. – Ч. V. – Глава 20. – С. 385-417.

7. Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 7. – С. 188-213.

8. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 614-642.

Текущий контроль знаний:

1. **Договор о создании СНГ был подписан 8 декабря 1991 г. между:**

А) РСФСР, Украиной и Белоруссией
Б) РСФСР, Грузией и Азербайджаном
В) РСФСР, Казахстаном и Белоруссией
Г) РСФСР, Татарстаном и Украиной

2. **Политический кризис 1992-1993гг. проявился в:**
А) противостоянии законодательной и исполнительной ветвей власти
Б) роспуске СССР и создании СНГ
В) принятии Федеративного договора
Г) переходе к рыночным отношениям

3.**Референдум о принятии Конституции РФ проходил одновременно с выборами в новый парламент:**
А) 19 августа 1991 г.
Б) 11 марта 1985 г.
В) 8 декабря 1991 г.
Г) 12 декабря 1993 г.

V. ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ТЕКУЩЕЙ, ТВОРЧЕСКОЙ, ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ)

№ п/п	Формы организации	Формы контроля
1	Подготовка к семинарским работам, запоминание терминов, дат, известных личностей	Заполнение таблиц, диктанты
2	Выполнение проблемных, творческих заданий	Подготовка сообщений, докладов, презентаций
3	Работа с карто-схемой	Заполнение контурных карт , работа с атласами
4	Освоение тем, вынесенных на самостоятельное изучение	Собеседование, дискуссии, задания в тестовой форме
5	Структурирование информации	Схемы классификаций

VI. СОДЕРЖАНИЕ ТЕКУЩЕЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ПОДГОТОВКА К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ)

При изучении дисциплины студенты должны овладеть научными и прикладными знаниями в области истории Отечества. Для более успешного усвоения материала рекомендуется:

- систематически работать с учебной, прикладной, дополнительной литературой;
- применять полученные знания в процессе деловых игр и упражнений;
- использовать выдаваемый раздаточный материал;
- выполнять задания к семинарским занятиям;
- активно участвовать в лекционных и семинарских занятиях;

- выполнять промежуточные тестовые и контрольные задания по пройденным темам;
- использовать знания других дисциплин, близких по направленности с «Историей Отечества»;
- подбирать дополнительный материал на изученные темы.

Семинарские занятия являются формой организации самостоятельной работы студентов и активизации их познавательной самостоятельности.

Целью семинарских занятий является развитие интеллектуальных возможностей и способностей студентов, которые должны стать средством индивидуального освоения науки и культуры, основой профессиональной компетентности и внутренним источником ее развития. Содержание семинарских занятий - совместное проективно-деятельностное решение студентами и преподавателем познавательных задач, возникающих в результате **проблематизации** учебного процесса.

В процессе семинарских занятий по дисциплине студент должен приобрести умения получать новые эмпирические, теоретические и аксиологические знания, их систематизировать и концептуализировать; оперировать базовыми понятиями, теоретическими и ценностными конструктами учебного курса; решать познавательные задачи; логично выстраивать устные и письменные тексты.

С целью приобретения навыков усвоения знаний эмпирического характера студенту предлагаются задания для самостоятельной работы, например, заполнить **таблицы тематического содержания** (см. табл. 1,2,3).

С целью приобретения умений систематизации и концептуализации исторических знаний студент должен научиться выстраивать **устные и письменные тексты** в соответствии с определенным алгоритмом, который предварительно разрабатывается самим преподавателем. Подобный алгоритм студент может использовать во время своего ответа как на экзамене, так и на семинарском занятии.

Таблица 1.

Политика правителей Киевской Руси

Правители	Внутренняя политика	Внешняя политика
Олег		
Игорь		
Ольга		
Святослав		
Владимир		
Ярослав Мудрый		
Владимир Мономах		

Таблица 2.

Основные события внешней политики России XVI-XVIII вв.

Западное направление	Южное направление	Восточное направление

Одним из возможных алгоритмов такой систематизации и концептуализации может быть следующее:

1. Хронология, периодизация, время исторических событий (процессов).
2. Историография (знание различных научных точек зрения по тому или иному вопросу, исторической проблеме).
3. Теория вопроса (определение базового понятия вопроса).
4. Предпосылки и причины исторических процессов или событий.
5. Ход исторических событий (процессов).
6. Значение (необходимо показать историческую роль, дать оценку, выявить последствия для развития России).

Таблица 3.

Реформы в России

Годы проведения	Содержание реформы
Первая четверть XVIII в.	
1860-70-е гг.	
Начало XX в.	
1920-30-е гг.	
Середина 50-х-начало 60-х гг.	
Середина 60-х-конец 70-х гг.	
1980-е гг.	
1990-е гг.	
Начало XXI в.	

С целью активизации познавательной самостоятельности и развития логики исторического мышления студентам предлагаются задания по решению разного рода познавательных задач, например, на доказательство и сравнение. При этом студент должен вначале усвоить определенный алгоритм их решения. Так, при решении **задачи на доказательство** можно использовать следующий алгоритм: 1) дать определение того, что надо доказать; 2) выявить, исходя из определения, основные направления поиска доказательства; 3) найти согласно этим направлениям конкретно-исторические факты доказательства. При решении **задачи на сравнение** можно использовать такой алгоритм: дать определение того, что сравнивается; 2) выделить, исходя из определения, параметры сравнения; 3) установить общее и различное между сравниваемыми историческими явлениями.

С целью развития творческой самостоятельности и креативного мышления, связанного с формализацией исторических знаний, студентам могут быть предложены **задания на составление** (заполнение) структурно-логических **схем** по вопросам семинарских занятий.

Особое место в структуре семинарского занятия принадлежит учебным докладам студентов. **Доклад** – важный вид самостоятельной деятельности студента по изучению истории, способствующий углубленному усвоению проблем курса, формированию навыков научно-исследовательской работы и ораторского мастерства. Доклад может быть выполнен как в письменной, так и в устной форме, но обязательно в ходе доклада должна быть освещена проблема по тому или иному историческому событию или процессу.

Доклад требует от студента: теоретического осмысления первоисточников, умения применять усвоенные знания в анализе исторических событий прошлого и современной общественно-политической жизни, приобретения навыков работы с литературой, грамотного изложения изученной темы, правильного оформления (если в виде письменного сообщения – по плану раскрытия содержания с постраничными сносками) или составления презентации (если в виде слайд-шоу).

Для проверки качества полученных знаний и умений на семинарских занятиях практикуются 10-15-минутные контрольные **проверочные работы**. Например, дать определение 2-3 понятий; решить логическую задачу на доказательство или сравнение; ответить на вопрос, каковы были причины того или иного события; заполнить хронологическую таблицу или структурно-логическую схему и т.д.

Семинарские занятия по дисциплине завершаются **тестированием** студентов по соответствующему изученному разделу (см. примеры тестовых заданий в пункте «VIII. Содержание различных видов контроля по дисциплине»).

VII. УЧЕБНЫЙ СЛОВАРЬ ДИСЦИПЛИНЫ

АГК – антигитлеровская коалиция в составе СССР, Англии и США.

Антанта – неофициальное название военно-политического союза России, Франции и Великобритании в ходе Первой мировой войны.

Антоновщина – антибольшевистское выступление крестьян в Тамбовской губернии под руководством А.С. Антонова в 1920-1921 гг.

Баскачество – сборщики дани, представители ордынского хана на Руси.

Булыгинская Дума – законосовещательный орган по проекту председателя Особого совещания А.Г. Булыгина, о создании которого было объявлено 6 августа 1905 г.

Бояре – высший слой общества в России в X-XVII вв., владеющие вотчинами, осуществляющие подле великого князя государственное управление.

Брестский мир – сепаратный мир между Советской Россией и Германией, подписанный в Брест-Литовске 3 марта 1918 г.

Варяги – в русских источниках скандинавы или викинги, в Западной Европе их называли норманнами, были отважными мореходами и храбрыми воинами.

Вече – орган государственного самоуправления на Руси. На вече обсуждались вопросы войны и мира, кандидатуры князя, посадника, тысяцкого и др.

Вотчина – наследственное земельное владение князей, бояр, Церкви.

ВЧК – ОГПУ – НКВД – Всероссийская Чрезвычайная Комиссия по борьбе с контрреволюцией и саботажем, созданная по постановлению Совнаркома в 1917 г., переорганизованная в Объединенное государственное политическое управление на правах самостоятельных наркоматов в 1923 г. В последующие годы слияние и разделение наркоматов внутренних дел и государственной безопасности (как и их переименование) происходило неоднократно.

«Выход» - дань Золотой Орде, которую платили русские княжества в период ига.

Государственный Совет – высшее законосовещательное учреждение Российской империи в период с 1810 по 1906 г.

ГУЛАГ – главное управление трудовых лагерей и трудовых поселений.

Двоевластие – деятельность двух органов власти - Временного правительства и Петроградского Совета рабочих и солдатских депутатов после Февральской революции 1917 г.

Дворцовые перевороты – смена власти после правления Петра I, происходившая при поддержке дворянских группировок и гвардии.

Дворянство – слой служилых людей при князе, а позднее при царе, исполняющие административно-судебные и хозяйственные поручения, владеющие поместьем.

Депортация – принудительное переселение некоторых народов СССР.

Закупы – полузависимые крестьяне, взявшие в долг «купу» - ссуду на заранее оговоренных условиях. При ее погашении должник становился свободным, в ином случае – он оставался в зависимом положении.

Земские соборы – периодически созываемые царем съезды представителей всех слоев русского общества, за исключением помещичьих крестьян.

Интервенция – насильственное вторжение в политику другого государства.

КВЖД – Китайская Восточная железная дорога, построенная Россией в 1896-1904 гг.

Кодификация – систематизация и расположение в хронологическом порядке всех существующих законов и государственных актов.

Комбеды – комитеты бедноты, которые осуществляли продразверстку в деревне в годы гражданской войны.

Коминтерн - Коммунистический Интернационал.

Кондиции – условия ограничения царской власти.

«Кормление» - форма «платы» наместникам – князьям и боярам, передача им земель с правом сбора дани как средство их содержания.

Кровавое воскресенье – расстрел рабочих, обратившихся с петицией к царю в ходе манифестации у Зимнего дворца 9 января 1905 г.

Кронштадтский мятеж – антибольшевистское выступление моряков Кронштадта в 1921 г.

Ленд-лиз – передача в аренду или взаймы другому государству ресурсов, необходимых для обороны.

«Люди» - свободные крестьяне-общинники.

Мануфактура – производственное предприятие с разделением ручного труда.

Местничество – порядок назначения на должности по знатности рода и давности службы великому князю.

Наместник – с XII в. глава местной администрации.

Национализация – огосударствление собственности в годы советской власти.

НЭП – новая экономическая политика 1921-1928 гг.

Община (мир, вервь) – коллектив земледельцев в рамках одной деревни или села. Она решала все важные вопросы внутренней сельской жизни: вопросы оборота земель (передела земель внутри общины), организации общих и общественных работ (в пользу князя, государства), распределения и сбора с ее членов податей и сборов, розыска преступников.

Печенеги – тюркоязычный кочевой народ, с IX в. обитавший в южнорусских степях, совершавшие набеги на Русь, победу над ними в 1036 г. одержал князь Ярослав Мудрый.

Полюдье – форма сбора дани от Рюрика до княгини Ольги. Полюдье начиналось в ноябре, продолжалось всю зиму и заканчивалось в апреле; полгода князь ездил «по людям», собирал дань, общался с местным населением, «напоминал» о своем руководстве, судил местное население.

Православие – восточное направление в христианстве.

Приказы – органы государственного управления по отраслям.

Продналог – продовольственный налог взамен продразверстки с 1921 г.

Продразверстка – продовольственная разверстка по деревням в качестве натуральной повинности принудительное изъятия у крестьян требуемого государством количества продовольствия.

«Просвещенный абсолютизм» - политика ряда монархов Европы второй половины XVIII в., пытавшихся воплотить идеи Просвещения в практику правления.

Полки «иноземного строя» - наемные войска, сформированные по новому принципу, находились на полном довольствии государства.

Поместье – условное землевладение дворян.

Посадские люди – торговцы и ремесленники.

Промышленный переворот – переход от ручного труда к машинному от мануфактур к фабрично-заводскому производству.

Протекционизм – политика покровительства отечественной торговле и промышленности путем предоставления налоговых льгот, кредитов, заказов.

Раскол – религиозно-общественное движение, отделение от РПЦ части верующих, не принявших реформу патриарха Никона (1653-1656 гг.).

Реестр – список казаков Украины, состоящих на военной службе и получающих жалованье.

Родовая община – коллектив кровных родственников, который имеет общую собственность и хозяйство. Несколько родов объединялись в племена.

РПЦ – Русская Православная Церковь.

Рядовичи - полузависимые крестьяне, служившие феодалам по договору («ряду»), по положению близкие закупам.

Самодержавие – самодержавное правление царя в России.

Семибоярщина – правительство, состоящее из семи бояр, организовавшие заговор против Василия Шуйского во время Смуты.

Совнарком – Временное рабоче-крестьянское правительство, появившееся в результате декрета о власти с 26 октября 1917 г..

Тягло – денежные и натуральные повинности крестьян и посадских людей в пользу государства.

Усобицы – войны между князьями за великокняжеский престол.

Уроки – четкая форма сбора дани, введенная княгиней Ольгой.

«Урочные лета» - срок розыска беглых крестьян в XVI-XVII вв. С 1649 г. установлен бессрочный сыск беглых.

Феодализм – система имущественных и общественных отношений (преобладавшая в средние века), связанная с феодом – землей, как с основным средством жизнеобеспечения.

Феодальные повинности - барщина и оброк.

Хазарский каганат – государство, созданное хазарами – тюркоязычным кочевым племенем в Прикаспийских и Причерноморских степях в VII в.

«Холодная война» - политика противостояния, проводимая двумя сверхдержавами СССР и США.

Холопы – безземельные и полностью бесправные крестьяне, фактически находящиеся на положении рабов.

Челядь – домашние слуги.

Ярлык – ханская грамота на великое княжение.

Ясак – натуральный налог с народов Севера и Сибири, чаще пушниной.

VIII. СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИСТОРИЯ»

1.1. Примеры текущих тестовых заданий

по модулю II «История России с древнейших времен по начало XVIII в.»

Вариант №1

1.Какое из событий произошло позже всех других?

1) восстание древлян
2) крещение Руси

3) призвание варягов
4) объединение Киева и Новгорода

2. Среди перечисленных дат найди год образования древнерусского государства: 1) 945 г.; 2) 882 г.; 3) 988.; 4) 1015 г.

3. Заполнить таблицу. Основные точки зрения на генезис Древнерусского государства

Название теории	Содержание	Представители теории
Норманская		
Антинорманская		

4. Расположи имена русских князей в хронологической последовательности их деятельности:
1) Владимир Мономах; 2) Святослав; 3) Ярослав Мудрый; 4) Игорь; 5) Рюрик
5. **Сравните:** А) полюдье и повоз; Б) поместье и вотчину.
Что между ними общего? Каковы различия?

6. Чем прославились в русской истории Д. Пожарский и К. Минин?

7. Первый письменный свод законов Древней Руси:
1) «Русская Правда»
2) Судебник
3) «Домострой»
4) Стоглав

8. Перечисли княжества появившиеся в результате феодальной раздробленности Руси в XII в.

9. Расположите в хронологической последовательности следующие события:
1) княжение Даниила Александровича;
2) «стояние на реке Угре»;
3) присоединение Новгорода к Москве;
4) «Мамаево побоище».

10. Победа на Куликовском поле в 1380 г. привела:
1) к падению монголо-татарского ига;
2) к усилению позиций московского князя;
3) к гибели Золотой Орды;
4) к ликвидации системы баскачества

11. Объясни отрицательные и положительные последствия монголо-татарского ига на Руси.

12. Распишите все события в истории России в начале XVII в. Почему этот период в истории прозвали Смутным временем?

13. Опишите все преобразования Петра I. В какой последовательности он их проводил: последовательно или все одновременно? Почему Петр назван Великий?

Вариант №2

1.Какое из событий произошло позже всех других?

1) крещение Руси
2) Невская битва
3) Куликовская битва
4) призвание варягов

2. Среди перечисленных дат найдите год крещения Руси:

1) 945 г.; 2) 882 г.; 3) 988.; 4) 1015 г.

3. Расположите имена русских князей в хронологической последовательности их деятельности:

1) Святослав; 2) Игорь; 3) Ярослав Мудрый; 4) Олег Вещий; 5) Рюрик

4. Сравните: А) барщину и оброк; Б) поместье и вотчину.

Что между ними общего? Каковы различия?

5. Чем прославился в русской истории Александр Невский?

6. Сохранившийся до наших дней первый письменный исторический источник:

1) Повесть временных лет;
2) «Русская Правда»
3) «Домострой»
4) Стоглав

7. Перечислите княжества появившиеся в результате феодальной раздробленности Руси в XII в.

8. Расположите в хронологической последовательности следующие события:

1) княжение Ивана Калиты;
2) битва на реке Калке;
3) присоединение Твери к Москве;
4) «стояние на реке Угре»

9. Победа на Куликовском поле в 1380 г. привела:

1) к падению монголо-татарского ига;
2) к усилению позиций московского князя;
3) к гибели Золотой Орды;
4) к ликвидации системы баскачества

10. Объясни отрицательные и положительные последствия правления Ивана Грозного в XVI в.

11. Заполните таблицу. Этапы закрепощения крестьян

Этап	Краткое содержание этапа
1497 г.	
1550 – 1581 гг.	
1597 г.	
1649 г.	

12. Распишите все события в истории России второй половины XVII в. Почему этот период назван «бунташным веком»?

13. Опиши все преобразования Петра I. В какой последовательности он их проводил: последовательно или все одновременно?

1.2. Примеры текущих тестовых заданий *по модулю II «История России XVIII-XIX вв.»*

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?

1) правление Елизаветы Петровны
2) восстание Е.Пугачева
3) правление Петра III
4) губернская реформа Екатерины II

2. Какие из перечисленных понятий, терминов возникли в ходе государственных преобразований Петра I?

А) судебник; Б) коллегии; В) Гос.Совет; Г) Табель о рангах; Д) Соборное уложение; Е) Духовный регламент.

Укажи верный ответ: 1) АВГ; 2) АГД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

3. Главные итоги петровских реформ:

А) ослабление центральной власти
Б) полное подчинение церкви государству
В) укрепление крепостного гнета
Г) сокращение бюрократического аппарата
Д) создание боеспособной профессиональной армии и военного флота.

4. Восстановите последовательность царствований русских монархов 1725 – 1762 гг.:

А) Елизавета Петровна
Б) Екатерина Алексеевна
В) Петр Алексеевич
Г) Иван Антонович
Д) Петр Федорович
Е) Анна Ивановна

5. Каким было условие для получения Анной Иоанновной престола?

1) ликвидация Верховного совета, восстановление Сената;
2) командование гвардейскими полками;
3) освобождение дворян от обязательной военной службы;
4) совместное правление с Верховным советом.

6.Установите соответствие между понятиями и именами исторических личностей, с которыми связано их возникновение:

1) Анна Иоанновна	А) временнообязанные крестьяне
2) Екатерина II	Б) бироновщина
3) Александр I	В) «теория официальной народности»
4) Николай I	Г) «Аракчеевщина»
5) Александр II	Д) Уложенная комиссия

7. Опиши предпосылки, причины, события, значение и итоги Отечественной войны 1812 г.

8. Почему «дней Александровых прекрасное начало»?

9.Что обозначают понятия: уставные грамоты, Секретный комитет, мировые посредники, крестьянская община, отрезки.
10. Заполнить таблицу. Реформы 60-70- х гг. в России.

Название реформы	Время проведения	Основные положения
Крестьянская		
Земская		
Городская		
Судебная		
Военная		
Финансовая		

11. Что из перечисленного ниже связано с событиями 1 марта 1881 г.?
А) создание «» Союза борьбы за освобождение рабочего класса; Б) убийство Александра II; В) баррикадные бои в Москве; Г) арест С.Л. Перовской; Д) созыв Государственной Думы; Е) суд над народовольцами.
Укажите верный ответ: 1) АБВ; 2) АВД; 3) БГЕ; 4) ВГД.
12. Почему русская культура XIX в. получила название «золотого века»? Докажите примерами.

Вариант №2

1. Причинами дворцовых переворотов в период 1725-1762 гг. были:
А) отсутствие четкого порядка престолонаследия
Б) народные волнения
В) высокая роль гвардии при дворе
Г) недовольство дворян петровскими реформами
Д) борьба за власть среди высшей знати.
2. Какое из событий произошло позже всех других?
1) правление Петра II
2) кондиции Анны Иоанновны
3) Семилетняя война
4) правление Елизаветы Петровны

3. Какие из перечисленных понятий, терминов возникли в ходе государственных преобразований Петра I?
А) судебник; Б) ассамблеи; В) Гос.Совет; Г) Табель о рангах;
Д) Соборное уложение; Е) Духовный регламент.
Укажи верный ответ: 1) АВГ; 2) АГД; 3) БГЕ; 4) ВГД
4. Что из названного относится к эпохе дворцовых переворотов?
1) прекращение деятельности Земских соборов;
2) упразднение Боярской Думы;
3) усиление роли гвардии;
4) учреждение патриаршества.

5. Установите соответствие между понятиями и именами исторических личностей, с которыми связано их возникновение:
1) Анна Иоанновна А) народовольцы
2) Екатерина II Б) кондиции

3) Александр I В) «чугунный устав»
4) Николай I Г) указ о вольных хлебопашцах
5) Александр II Д) Жалованная грамота дворянству

6. Расположите события периода правления Александра I в правильной хронологической последовательности:

1) созыв Государственного Совета
2) насаждение военных поселений
3) восстание декабристов на Сенатской площади
4) деятельность негласного комитета
5) «Указ о вольных хлебопашцах»
6) Бородинское сражение
7) учреждение министерств

7. Опиши предпосылки, причины, события, значение и итоги Отечественной войны 1812 г.

8. Важнейшие государственные посты в первые годы правления Александра I занимали:

А) либералы
Б) революционеры
В) консерваторы

9**. Что обозначают понятия: редакционные комиссии, Главный комитет, мировые посредники, крестьянская община, выкупные платежи.**

10. Опишите военную реформу 1874 г. Ее сильные и слабые стороны.

11. Что из перечисленного ниже связано с событиями 1 марта 1881 г.?

А) создание «» Союза борьбы за освобождение рабочего класса; Б) убийство Александра II; В) баррикадные бои в Москве; Г) арест С.Л. Перовской; Д) созыв Государственной Думы; Е) конституция Лорис-Меликова.
Укажите верный ответ: 1) АБВ; 2) АВД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

12. Храм Христа Спасителя был построен в Москве в честь:

А) победы русского народа в войне 1812 г.
Б) 900-летия введения христианства на Руси
В) тысячелетия российского государства
Г) победы советского народа в войне 1941-1945 гг.

1.3. Примеры текущих тестовых заданий *по модулю III «История России начала XX в.»*

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?

1) первая русская революция;
2) русско-японская война;
3) аграрная реформа П.А. Столыпина;
4) деятельность I Гос. Думы.

2. Какая партия представляла либеральное движение России начала XX в.

1) меньшевики; 2) кадеты; 3) анархисты; 4) эсеры

3.Заполните таблицу: Основные политические партии (1900 – 1917):

Название партии (дата образования)	Лидеры политической партии	Политическая программа	Аграрная программа

4. Первая российская революция привела к

1) провозглашению России республикой;
2) опубликованию Манифеста 17 октября;
3) формированию многопартийности;
4) провозглашению демократических прав.

5. Что является результатами

А) русско-японской войны;
Б) Первой мировой войны;
В) внешней политики 1920-30-х гг.

6. Кто из перечисленных деятелей были современниками:

1) А.Ф. Керенский и Гапон;
2) Л.П. Корнилов и Троцкий;
3) П.А. Столыпин и С.Ю. Витте;
4) Николай II и Г.К. Жуков.

7. Почему гражданская война является трагедией победителей и побежденных?

8. Опишите причины, мероприятия и результат Февральской революции.

9. В 1924 г. в СССР объединились:

1) РСФСР, УССР, ЗСФСР, Туркменская ССР, БССР, Узбекская ССР;
2) РСФСР, БССР, Киргизская ССР, УССР, Казахская ССР;
3) РСФСР, УССР, Молдавия, ЗСФСР, БССР, Узбекская ССР;
4) РСФСР, БССР, УССР, ЗСФСР.

10. Почему введена была «новая экономическая политика», и какие она имела положительные и отрицательные результаты?

11. Что означает «великий перелом», какие три мероприятия, в какие годы, какое из них на твой взгляд является наиболее значимым и почему?

12. О событиях 25 октября 1917 г. в Петрограде

Спокойствие на октябрьских улицах, отсутствие толп и боев давали противникам повод говорить о заговоре ничтожного меньшинства, об авантюре кучки большевиков … В действительности же большевики могли свести в последний момент борьбу за власть к «заговору» не потому, что были маленьким меньшинством, а, наоборот, потому, что имели за собою в рабочих кварталах и казармах подавляющее большинство, сплоченное, дисциплинированное.

(Троцкий Л.Д. История русской революции. М., 1990)

Вопросы: Какие причины победы большевиков называет автор? Вы согласны с ним? Свой ответ аргументируйте.

Вариант №2

1. Какое из событий произошло позже всех других?

1) декабрьское вооруженное восстание в Москве;
2) русско-японская война;
3) издание Манифеста о политических свободах и созыве Гос. Думы;
4) реформы С.Ю. Витте.

2. Какая партия представляла консервативное движение России начала XX в.

1) союз русского народа; 2) кадеты; 3) большевики; 4) эсеры.

3. Первая российская революция привела к

1) созданию Гос. Совета;
2) появлению Гос. Думы»
3) провозглашению России республикой;
4) крушению самодержавия.

4. Расположите в хронологическом порядке события первой буржуазно-демократической революции:

1) восстание на броненосце «Потемкин»
2) Декабрьское вооруженное восстание в Москве
3) Кровавое воскресенье
4) Третьеиюньский переворот
5) провозглашение Манифеста 17 октября
6) начало деятельности Первой Государственной думы

5. Что является причинами

А) русско-японской войны;
Б) Первой мировой войны;
В) противоречивой советской внешней политики 1920-30-х гг.

6. Кто из перечисленных деятелей были современниками:

1) А.Ф. Керенский и Троцкий;
2) Л.П. Корнилов и Гапон;
3) Николай II и С.Ю. Витте;
4) П.А. Столыпин и Г.К. Жуков.

7. Причины и источники победы большевиков в октябрьские дни 1917 года

8. Опиши причины, мероприятия и результат Февральской революции.

9. В 1922 г. в составе СССР объединились:

1) РСФСР, УССР, Молдавия;
2) РСФСР, БССР, Польша;
3) РСФСР, УССР, Молдавия, ЗСФСР;
4) РСФСР, БССР, УССР, ЗСФСР.

10. Почему введена была «политика военного коммунизма», и какие она имела положительные и отрицательные последствия?

11. Что означает «великий перелом», какие три мероприятия, в какие годы, какое из них на твой взгляд является наиболее значимым и почему?

1.4. Примеры текущих заданий *по модулю IV «История России 1985 –1991 гг.»*

1.Укажите первого президента СССР:

1) Ю. Андропов; 2) Б. Ельцин; 3) М. Горбачев; 4) Л. Брежнев

2. XIX Всесоюзная партконференция, принявшая решение о реформировании политической системы СССР, проходила в:

1) 1980 г., 2) 1988 г., 3) 1989 г., 4) 1990 г.

3.Провозглашенный М. Горбачевым курс на ускорение социально-экономического развития страны включал в себя:

1) введение госприемки на предприятиях;
2) проведение антиалкогольной кампании;
3) решительный переход к рыночной экономике;
4) укрепление трудовой дисциплины;
5) массовые забастовки рабочих.

4. Составьте структурно-логическую таблицу «Преобразования страны в годы перестройки»

Экономические реформы	Политические преобразования	Реформы в социальной сфере	Изменения в области культуры

5. В Содружество Независимых Государств вошли:

1) Россия, 2) Литва, 3) Белоруссия, 4) Грузия, 5) Украина.

6. По какому принципу образован ряд?

Г. Янаев, В. Павлов, Д.Язов, В. Крючков, Б. Пуго.

7. Расположите в хронологической последовательности:

А) Л.Брежнев, б) М.Горбачев, в) Б.Ельцин, г) К.Черненко, д) Ю.Андропов

8. О чем идет речь?

Принципами этой политики были: отказ от представлений о расколе мира на две противоположные системы: капиталистическую и социалистическую; признание мира единым; в качестве основного способа решения международных проблем объявлялся баланс интересов, а не баланс сил; признание приоритета общечеловеческих ценностей в качестве главных.

9. Высшим органом законодательной власти в СССР по новому избирательному закону 1988 г. стал: 1) Государственный Совет; 2) Государственная Дума; 3) Съезд народных депутатов; 4) Съезд Коммунистической партии.

10. Один из основных итогов экономической реформы 1987 г.:

1) либерализация цен;
2) переход государственных предприятий в частные руки;
3) начало формирования частного сектора в экономике;
4) роспуск колхозов.

11. Расположите в хронологической последовательности:

а) избрание президента РСФСР,
б) создание ГКЧП и проведение путча,
в) принятие Декларации о государственном суверенитете РСФСР,

г) отставка М. Горбачева,
д) Беловежское соглашение.

12. В конце 1980-х – 1990-х гг. представители коммунистического политического направления выступали за:

1) преимущественное развитие общественной собственности,
2) свободу личности,
3) развитие парламентской демократии,
4) социалистический выбор развития,
5) учреждение частной собственности.

13. Как вы оцениваете в целом личность М. Горбачева и его деятельность («+» или «-»)? Почему? Можно ли, только его одного обвинять в развале СССР?

1.5. Пример итогового (рубежного) теста

К социальным функциям исторического знания не относится функция …

А) социального проектирования
Б) воспитательная
В) познавательная
Г) прогностическая

Определение степени вероятности осуществления того или иного события, процесса на основе анализа объективных реальностей и возможностей называется принципом …

А) альтернативности
Б) социального подхода
В) историзма
Г) объективности

Важной составляющей воспитательной функции исторического знания является …

А) выработка научно обоснованного курса
Б) формирование гражданских, нравственных ценностей
В) описание исторических событий и явлений
Г) сопоставление исторических объектов в пространстве и времени

Конкретные способы изучения исторических процессов называются …

А) методами
Б) категориями
В) принципами
Г) историко-философскими подходами

Характерной чертой современной исторической науки в России является …
А) методологический плюрализм
Б) географический детерминизм
В) субъективизм
Г) эволюционизм

Автором первого обобщающего труда по истории России был …
А) В.Н. Татищев
Б) М.Н. Тихомиров
В) В.О. Ключевский
Г) М.Н. Покровский

Налоговая реформа княгини Ольги с целью упорядочивания сбора дани установила …
А) барщину и оброк
Б) ясак и подать
В) уроки и погосты
Г) полюдье и повоз

Иван Калита получил от монголо-татар право …
А) заключения союза с Тверью
Б) торговли с Литвой
В) сбора дани с русских княжеств
Г) окончательного объединения русских княжеств

В XIII в. новгородское войско во главе с князем Александром Невским противостояло агрессии …
А) Ливонского ордена
Б) Речи Посполитой
В) Франции
Г) Венгрии

Закономерный процесс экономического усиления и политической обособленности феодальных владений называется …
А) централизацией
Б) местничеством
В) кормлением
Г) политической раздробленностью

Возвышение Московского княжества в XIV в. связано с именем …
А) Дмитрия Донского
Б) Ивана Красного
В) Ивана Калиты
Г) Симеона Гордого

В 1382 г. состоялся поход на Русь во главе с ханом …
А) Тохтамышем
Б) Батыем
В) Узбеком
Г) Ахматом

«Стояние на реке Угре» привело к …
А) новому походу монголо-татар на Русь
Б) полному разгрому русского войска
В) окончанию монголо-татарского ига на Руси
Г) возобновлению уплаты дани монголо-татарам

Годы, в течение которых устанавливался розыск беглых крестьян, называются _____ лета.
А) заповедные
Б) крестьянские
В) крепостные
Г) урочные

Столица Византийской империи, Константинополь, был захвачен в 1453 году …
А) готами
Б) булгарами
В) вандалами
Г) турками-османами

Регентом в период малолетства Ивана IV (1533-1538) был (-а) …
А) Алексей Адашев
Б) Андрей Курбский
В) Елена Глинская
Г) митрополит Макарий

Исторический источник по истории средневековой России – «Стоглав» представляет собой …
А) сборник решений церковного собора 1551 г.
Б) летописный свод
В) политический трактат
Г) свод законов Российского государства

В XVII в. самосожжение и уход в леса и пустоши были основными формами протеста …
А) казачества
Б) старообрядцев
В) крестьянства

Г) горожан

В царствование Михаила Федоровича в 1632-1634 гг. Россия вела Смоленскую войну с …
А) Австрией
Б) Данией
В) Речью Посполитой
Г) Швецией

В 1648 г. произошел _____ бунт.
А) Соляной
Б) Медный
В) Хлебный
Г) Соловецкий

Петр I правил Россией в _____ годах.
А) 1700-1721
Б) 1682-1725
В) 1700-1725
Г) 1698-1725

Северная война завершилась подписанием _____ мира.
А) Шведского
Б) Северного
В) Ништадского
Г) Парижского

«Золотым веком» российского дворянства историки называют правление …
А) Петра I
Б) Елизаветы Петровны
В) Екатерины I
Г) Екатерины II

В сентябре 1814 - июне 1815 г. состоялся _____ конгресс.
А) Лондонский
Б) Венский
В) Парижский
Г) Берлинский

Реорганизация управления государственной деревней в правление Николая I была поручена …
А) И.И. Шувалову
Б) П.Д. Киселеву
В) М.М. Сперанскому

Г) А.Х. Бенкендорфу

В 1870-х гг. генерал М.Д. Скобелев принимал активное участие в _____ войне.
А) русско-турецкой
Б) русско-японской
В) Первой мировой
Г) Гражданской

Активное проникновение России в Среднюю Азию во второй половине XIX в. привело к обострению отношений с …
А) Францией
Б) Италией
В) Англией
Г) Германией

После вступления в Первую мировую войну Турции начались военные действия на _____ фронте.
А) Бессарабском
Б) Крымском
В) Галицийском
Г) Кавказском

Центром подготовки вооруженного восстания в Петрограде в октябре 1917 г. стал …
А) Коммунистический Интернационал
Б) Совет Народных Комиссаров
В) Военно-революционный комитет
Г) Временный комитет Государственной думы

В 1918-1930 гг. наркомом иностранных дел в советском правительстве был …
А) В.И. Ленин
Б) Н.И. Бухарин
В) П.Н. Милюков
Г) Г.В. Чичерин

Под влиянием Всероссийской политической стачки Николай II был вынужден подписать _____ Манифест «Об усовершенствовании государственного порядка».
А) 9 января 1905 г.
Б) 17 октября 1905 г.
В) 27 апреля 1906 г.
Г) 3 июня 1907 г.

27 апреля 1906 г. в Петербурге открылись заседания …
А) Учредительного собрания
Б) I Государственной думы
В) Всероссийского съезда Советов
Г) IV Государственной думы

После отречения Николая II в марте 1917 г. в России …
А) власть попытался захватить генерал Л.Г. Корнилов
Б) было создано Временное правительство
В) открылся II Всероссийский съезд Советов
Г) к власти пришли большевики

Декларация прав народов России, изданная 2 ноября 1917 г., провозгласила …
А) создание унитарного государства
Б) равенство и суверенность наций
В) привилегии для русских
Г) запрет на создание самостоятельных государств

В ходе Гражданской войны на стороне красных воевал …
А) Н.Н. Юденич
Б) М.В. Фрунзе
В) Е.К. Миллер
Г) А.И. Деникин

Решающую роль в ходе Гражданской войны сыграли настроения …
А) рабочих
Б) крестьян
В) дворян
Г) интеллигенции

Социально-экономическая политика советской власти в годы Гражданской войны и военной интервенции, сущностью которой были: ускоренная и полная национализация промышленности, продразверстка, отмена торговли и денежного обращения, централизованное нормированное распределение продуктов населению, жесткая централизация, введение всеобщей трудовой повинности, контроль государства за средствами массовой информации, преследование инакомыслия, красный террор, а цель – быстрый рывок в коммунизм – это _____ . (выбрать: Новая экономическая политика, «военный коммунизм», государственный капитализм, диверсификация производства)

Первая Конституция СССР была принята …

А) 25 апреля 1923 г.
Б) 31 января 1924 г.
В) 30 декабря 1922 г.
Г) 6 апреля 1924 г.

Понятие «великий перелом» относится к …
А) освоению целины
Б) введению продналога
В) сплошной коллективизации
Г) введению продразверстки

В 1934 г. СССР вступил в международную организацию …
А) ОБСЕ
Б) Лига Наций
В) Совет Безопасности
Г) Коминтерн

Первая встреча руководителей ведущих держав антигитлеровской коалиции состоялась в Тегеране в _____ году.
А) 1933
Б) 1943
В) 1939
Г) 1945

Второй фронт был открыт в _____ года.
А) ноябре 1943
Б) июле 1943
В) июне 1944
Г) феврале 1945

В ходе Второй мировой войны в июне 1944 года …
А) открылась Тегеранская конференция
Б) началась блокада Ленинграда
В) союзники высадились в Нормандии
Г) завершилась Сталинградская битва

Неприятие советского внешнеполитического принципа мирного сосуществования стран с различным общественно-политическим строем и критики Сталина стали причиной ухудшения отношений СССР с …
А) Чехословакией
Б) Югославией
В) Германской Демократической Республикой
Г) Китаем

Понятие «Новоогаревский процесс» возникло в связи с разработкой …

А) нового союзного государства
Б) внешнеполитической стратегии СССР
В) новой Программы КПСС
Г) программы перехода к рыночной экономике

Экономическая политика Е.Т. Гайдара, проводимая в 1992 г., предусматривала …
А) централизацию управления народным хозяйством
Б) государственное регулирование ценообразования
В) либерализацию цен
Г) увеличение финансирования социальной сферы

Противостояние между законодательной и исполнительной ветвями власти в октябре 1993 г. завершилось …
А) проведением президентских выборов
Б) формированием нового состава Верховного Совета РФ
В) роспуском Съезда народных депутатов и Верховного Совета РФ
Г) внесением дополнений в действующую Конституцию страны

Кейс задание: Кейс 1.

Из рассказа Н.А. Бестужева о событиях 14 декабря в Петербурге:
« Мы были окружены со всех сторон: бездействие поразило оцепенением умы; дух упал, ибо тот, кто на этом поприще раз остановился, уже побежден вполовину. Сверх того, пронзительный ветер леденил кровь в жилах солдат и офицеров, стоявших так долго на открытом месте. Атаки на нас и стрельба наша прекратилась; «ура» солдат становилось реже и слабее. День смеркался. Вдруг мы увидели, что полки, стоявшие против нас, расступились на две стороны и батарея артиллерии стала между нами с разверстыми зевами, тускло освещаемая серым мерцанием сумерек …»

Упоминаемые в тексте события произошли в __ _году.

Кейс-задание: Кейс 2.
Из Манифеста о незыблемости самодержавия:
«В бозе почивший родитель Наш, приняв от Бога самодержавную власть на благо вверенного ему народа, пребыл верен до смерти принятому им обету и кровию запечатлел великое свое служение … благостию и кротостью совершил он величайшее дело своего царствования – освобождения крепостных крестьян … Посреди великой Нашей скорби глас Божий повелевает Нам стать бодро на дело правления в уповании на Божественный промысел, с верою в силу и истину самодержавной

власти, которую Мы призваны утверждать, и охранять для блага народного от всяких на нее поползновений».

В тексте идет речь о смерти российского императора …

- Александра II
- Николая I
- Александра III
- Николая II

Кейс-задание: Кейс 3.
Из Манифеста о незыблемости самодержавия:
«В бозе почивший родитель Наш, приняв от Бога самодержавную власть на благо вверенного ему народа, пребыл верен до смерти принятому им обету и кровию запечатлел великое свое служение … благостию и кротостью совершил он величайшее дело своего царствования – освобождения крепостных крестьян … Посреди великой Нашей скорби глас Божий повелевает Нам стать бодро на дело правления в уповании на Божественный промысел, с верою в силу и истину самодержавной власти, которую Мы призваны утверждать, и охранять для блага народного от всяких на нее поползновений».

Упоминаемая в тексте отмена крепостного права произошла в _____ году.

Кейс-задание: Кейс 4.
Из Туркманчайского мирного договора 1828 г.:
«Статья I. Отныне на вечные времена пребудет мир, дружба и совершенное согласие между е.в. императором всероссийским и е.в. шахом персидским, их наследниками престолов, их державами и обоюдными подданными …
Статья III. Е. в. шах персидский от своего имени и от имени своих наследников и преемников уступает Российской империи в совершенную собственность ханство Эриванское по сию и по ту сторону Аракса и ханство Нахичеванское. Вследствие сей уступки е.в. шах обязуется не позже шести месяцев, считая от подписания настоящего договора, сдать российским начальствам все архивы и публичные документы, относящиеся до управления обоими вышеозначенными ханствами …
Статья VI. Е.в. шах персидский, в уважение значительных пожертвований, причиненных Российской империи возникшею между обоими государствами войною, а также потерь и убытков, потерпенных российскими подданными, обязуется вознаградить оные денежным возмездием …».

Фамилия русского дипломата и писателя, принимавшего участие в выработке условий выгодного для России Туркманчайского мирного договора, - …_____.

Кейс-задание: Кейс 5.
Из Туркманчайского мирного договора 1828 г.:
«Статья I. Отныне на вечные времена пребудет мир, дружба и совершенное согласие между е.в. императором всероссийским и е.в. шахом персидским, их наследниками престолов, их державами и обоюдными подданными …
Статья III. Е. в. шах персидский от своего имени и от имени своих наследников и преемников уступает Российской империи в совершенную собственность ханство Эриванское по сию и по ту сторону Аракса и ханство Нахичеванское. Вследствие сей уступки е.в. шах обязуется не позже шести месяцев, считая от подписания настоящего договора, сдать российским начальствам все архивы и публичные документы, относящиеся до управления обоими вышеозначенными ханствами …
Статья VI. Е.в. шах персидский, в уважение значительных пожертвований, причиненных Российской империи возникшею между обоими государствами войною, а также потерь и убытков, потерпенных российскими подданными, обязуется вознаградить оные денежным возмездием …».

По условиям подписанного в 1828 году Туркманчайского мирного договора …

- к России отходила Восточная Армения
- на Персию налагалась контрибуция
- к Персии отходила Южная Бессарабия
- на Россию налагалась контрибуция

Кейс-задание: Кейс 6.
Из Берлинского трактата 1878 г.:
«Статья 1. Болгария образует из себя княжество самоуправляющееся и платящее дань, под главенством е. и. в. султана: она будет иметь христианское правительство и народную милицию …
Статья XLV. Княжество Румынии уступает обратно е. в. императору всероссийскому часть Бессарабской территории, отошедшей от России по Парижскому трактату 1856 г., ограниченную с запада руслом Прута, с юга руслом Килийского рукава и устьем Старого Стамбула …

Статья LVIII. Блистательная Порта уступает Российской империи в Азии территории Ардагана, Карса и Батума, с портом последнего …
Статья LIX. Е. в. император всероссийский объявляет, что его намерение сделать Батум порто-франко по преимуществу коммерческим.
Статья LX. Долина Алашкерта и город Баязет, уступленные России статьей XIX Сан-Стефанского договора, возвращаются Турции …».

Фамилия российского министра иностранных дел, подписавшего в 1878 г. Берлинский трактат, - … _____.

Кейс-задание: Кейс 7.
Культура СССР в 1930-х гг. развивалась под жестким контролем коммунистической партии, которая насаждала марксистскую идеологию, в том числе и через культуру и искусство. Все, что не вписывалось в официальное русло идеологии, преследовалось. Основным художественным методом, использовавшимся в советском искусстве, был социалистический реализм. Термин «соцреализм» появился в 1932 г. и охватывал все сферы художественной деятельности. Выступая на I съезде советских писателей в 1934 г. партийный идеолог Жданов А.А. так охарактеризовал этот художественный метод: «В нашей стране главные герои литературного произведения – это активные строители новой жизни: рабочие и работницы, колхозники и колхозницы, партийцы, хозяйственники, инженеры, комсомольцы, пионеры … Наша литература насыщена энтузиазмом и героикой … Наша литература сильна тем, что служит новому делу – делу социалистического строительства».

В соответствии с методом социалистического реализма были написаны литературные произведения, как …
- «Мать» Максима Горького
- «Как закалялась сталь» Николая Островского
- «Мастер и Маргарита» Михаила Островского
- «Доктор Живаго» Бориса Пастернака

Кейс-задание: Кейс 8.
Из доклада Первого секретаря ЦК КПСС на XX съезде партии «О культе личности и его последствиях»: «Выясняется, что многие партийные, советские, хозяйственные работники, которых объявили в 1937-1938 годах «врагами», в действительности никогда врагами, шпионами, вредителями и т.п. не являлись, что они, по существу, всегда оставались честными коммунистами, но были оклеветаны, а иногда, не выдержав зверских истязаний, сами на себя наговаривали (под диктовку

следователей-фальсификаторов) всевозможные тяжкие и невероятные обвинения».

С докладом «О культе личности и его последствиях» на XX съезде КПСС выступил …

- Н.С. Хрущев
- Н.А. Булганин
- И.В. Сталин
- Л.И. Брежнев

1.6. Образец выполнения итогового (рубежного) теста

Функция истории, позволяющая влиять на поведение и действия людей, называется …

- воспитательной
- познавательной
- аксеологической
- коммуникативной

Исторический источник по истории средневековой России – «Стоглав» представляет собой …

- сборник решений церковного собора 1551 г.
- летописный свод
- политический трактат
- свод законов Российского государства

Принцип объективности – это изучение исторических явлений …

- во всей их многогранности и противоречивости
- с учетом социальных интересов различных слоев общества
- в развитии, в соответствии с конкретно-исторической обстановкой
- в соответствии с господствующей идеологией в обществе

Существенный вклад в развитие отечественной исторической науки в XX веке внес …

- Б.А. Рыбаков
- В.Н. Татищев
- М.В. Ломоносов
- М.Н. Погодин

Верования древних славян до принятия у них христианства назывались …

- язычеством

- синтоизмом
- православием
- католичеством

В XII в. Русь вступила в период …
- политической раздробленности
- централизации
- цивилизации
- республики

В 1240 г. после длительной осады монголо-татары взяли город …
А) Рязань
Б) Новгород
В) Козельск
Г) Киев

Невская битва состоялась в _____ году.
- 1240
- 1242
- 1223
- 1238

Московский князь Дмитрий Иванович за личную храбрость и полководческие заслуги в 1380 г. на Куликовом поле получил прозвище
- Донской
- Невский
- Темный
- Красный

К западным славянам относятся такие современные народы, как …
- поляки, чехи и словаки
- русские, украинцы и белорусы
- болгары, сербы и черногорцы
- финны, эстонцы, литовцы

Автором произведения древнерусской литературы XV в. «Хождение за три моря» является …
- Афанасий Никитин
- Семен Дежнев
- Епифаний Премудрый
- Авраамий Палицын

Казачьим атаманом и предводителем похода в Сибирь в 80-гг. был …
- Ермак
- Кучум

- Адашев
- Висковатый

Непрофессиональные воины, объединенные в военное формирование на добровольной основе, называются …

- ополченцами
- стрельцами
- рекрутами
- рейтарами

В 1654 г. началась церковная реформа патриарха _____ .

- Никона
- Макария
- Иова
- Алексея

Столица Византийской империи, Константинополь был захвачен в 1453 году …

- турками-османами
- булгарами
- готами
- вандалами

В ходе Северной войны русские войска разгромили шведский флот у мыса …

- Гангут
- Синоп
- Чесма
- Дежнева

Во второй половине XVIII в. в русской архитектуре преобладал стиль …

- классицизм
- модерн
- рококо
- барокко

В январе 1820 г. русская экспедиция открыла новый континент, получивший название …

- Антарктида
- Северная Америка
- Австралия
- Южная Америка

В годы правления Николая I в России было (-а) …

- построена первая железная дорога
- отменено крепостное право
- введена конституция
- отменена цензура

Земская реформа была проведена в _____ году.
- 1864
- 1861
- 1868
- 1874

В 1884 г. новый университетский Устав …
- ликвидировал автономию вузов
- разрешил учиться в вузах женщинам
- запретил учиться в вузах детям крестьян
- ввел автономию вузов

Самой многочисленной социальной группой в России в конце XIX в. были …
- крестьяне
- разночинцы
- дворяне
- рабочие

Раньше других в России возникли _____ партии.
- революционные
- либеральные
- правые
- монархические

Идеолог заговорщического направления в русском народничестве Петр Ткачев разделял взгляды французского революционера …
- Огюста Бланки
- Жана Кольбера
- Жора Клемансо
- Жана Жореса

Среди союзников России в Первой мировой войне была _____ .
- Франция
- Германия
- Австро-Венгрия
- Османская империя

В ходе Февральской революции в России …

- установилось двоевластие
- к власти пришли большевики
- установилась военная диктатура
- возникла партия эсеров

Учредительное собрание открылось в Петрограде в _____ 1918 г.

- январе
- феврале
- ноябре
- декабре

К причинам гражданской войны относится _____ .

- деятельность большевистских продотрядов и комбедов
- убийство царской семьи
- разрешение выхода крестьян из общины
- возникновение монополий

В 1922 г. на пост генерального секретаря партии был избран …

- И. В. Сталин
- Л. Д. Троцкий
- Л. Б. Каменев
- В. И. Ленин

Генуэзская конференция состоялась в _____ году.

- 1922
- 1924
- 1928
- 1934

На завершающем этапе войны Красная Армия осуществила операцию …

- «Багратион»
- «Уран»
- «Кольцо»
- «Тайфун»

Характерной чертой экономического развития СССР в 1945-1953 гг. было …

- использование в народном хозяйстве труда заключенных
- использование хозяйственного расчета на предприятиях
- разрешение аренды земли
- разрешение частной собственности

Двоюродным братом российского императора Николая II был …

- английский король Георг V
- император Австро-Венгрии Карл I
- император Германии Вильгельм II
- шведский король Густав V

Советская литература периода «хрущевской оттепели» характеризовалась …

- умеренной критикой «культа личности» Сталина
- созданием разнообразных литературных групп и течений
- возвращением имен писателей-эмигрантов первой волны
- отказом от принципа социалистического реализма

Диссидентами в СССР называли …

- лиц, не разделявших господствующей идеологии
- выступавших за развитие страны по самобытному пути
- политическую парламентскую оппозицию
- уехавших за границу граждан СССР

Территориальные проблемы, связанные с послевоенными европейскими границами (германская проблема) были урегулированы в …

- начале 1970-х гг.
- конце 1940-х гг.
- начале 1960-х гг.
- конце 1970-х гг.

Противостояние между законодательной и исполнительной ветвями власти в октябре 1993 г. завершилось …

- роспуском Съезда народных депутатов и Верховного Совета РФ
- проведением президентских выборов
- формированием нового состава Верховного Совета РФ
- внесением дополнений в действующую Конституцию страны

Поводом к свертыванию процесса разрядки международной напряженности послужило введение советских войск в …

- Афганистан
- Венгрию
- Чехословакию
- Корею

Из рассказа Н.А. Бестужева о событиях 14 декабря в Петербурге: « Мы были окружены со всех сторон: бездействие поразило оцепенением умы; дух упал, ибо тот, кто на этом поприще раз остановился, уже побежден

вполовину. Сверх того, пронзительный ветер леденил кровь в жилах солдат и офицеров, стоявших так долго на открытом месте. Атаки на нас и стрельба наша прекратилась; «ура» солдат становилось реже и слабее. День смеркался. Вдруг мы увидели, что полки, стоявшие против нас, расступились на две стороны и батарея артиллерии стала между нами с разверстыми зевами, тускло освещаемая серым мерцанием сумерек …»

На российский престол при обстоятельствах, описанных в тексте, вступил император …
- НиколайI
- Павел I
- Александр I
- Александр II

В русской архитектуре с принятием христианства началось каменное строительство. До нащих дней в том или ином виде сохранилось около двух сотен каменных храмов X-XIII вв. Знаменитый храм древнего Киева – Софийский собор был заложен в 1037 г. Своим посвящением храм напоминает о главной святыне Константинополя – храме Святой Софии Премудрости Божией. Олицетворением Божественной Премудрости считался Иисус Христос. Киевская София со времени своей постройки и до конца XIII в. служила кафедральным храмом главы всей Русской церкви – митрополита Киевского. Немало повидав за свой долгий век и едва избежав полного разрушения в период, когда Киев находился под властью Речи Посполитой, Софийский собор все же дошел до наших дней.

Софийский собор в Киеве был построен в правление князя …
- Ярослава Мудрого
- Владимира Крестителя
- Владимира Мономаха
- Мстислава Великого

В русской архитектуре с принятием христианства началось каменное строительство. До нащих дней в том или ином виде сохранилось около двух сотен каменных храмов X-XIII вв. Знаменитый храм древнего Киева – Софийский собор был заложен в 1037 г. Своим посвящением храм напоминает о главной святыне Константинополя – храме Святой Софии Премудрости Божией. Олицетворением Божественной Премудрости считался Иисус Христос. Киевская София со времени своей постройки и до конца XIII в. служила кафедральным храмом главы всей Русской церкви – митрополита Киевского. Немало повидав за свой долгий век и едва избежав полного разрушения в период, когда

Киев находился под властью Речи Посполитой, Софийский собор все же дошел до наших дней.

Характерными элементами убранства древнерусских храмов были …

- фрески
- мозаики
- витражи
- пинакли

2. Примерная тематика контрольных работ

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

2.1. Примерные темы для контрольных работ:

Вариант 1.

1. Современные дискуссии о месте России в мировом историческом процессе.
2. Судьбы славянских народов – история и современность.
3. Проблемы образования Древнерусского государства (VIII – нач. IX вв.).
4. Проблемы развития Киевской Руси (IX-XII вв.).
5. Проблемы развития Удельной Руси (XII – XIII вв.).
6. Золотая Орда – мифы и реальность.
7. Александр Невский – герой или предатель Руси?
8. Проблемы образования русского централизованного государства (XIV-XV вв.).
9. Иван IV Грозный.
10. Проблемы расширения территории Российского государства в XVI в.
11. Самозванцы Российского государства.
12. Проблемы формирования российского абсолютизма в середине XVII в.
13. Петр I – тиран или «революционер на троне» в делах семейных и государственных?
14. Императрицы XVIII в.
15. «Непросвещенный абсолютизм» Павла I.
16. Активная внешняя политика XVIII в.: «+» и «-» последствий.
17. «Дней Александровых прекрасное начало…» (Реформы Александра I).
18. Герои Отечественной войны 1812 г.
19. Реформаторы России первой четверти XIX в.
20. Кризис феодально-крепостнического строя в 1830-50 –е гг.
21. Особенности промышленного переворота в России в XIX в.
22. Развитие российской экономики конца XIX - начала XX вв. «Контрреформы» Александра III.
23. Особенности формирования многопартийной системы в России на рубеже XIX - XX вв.
24. Героизм русских солдат в ходе русско-японской войны (1904-1905 гг.).
25. Столыпинская аграрная реформа и ее результаты.

26. Роль восточного фронта в ходе I мировой войны.
27. Разложение монархии в России. Николай II – последний российский император.
28. Новые подходы в изучении исторических событий гражданской войны в России (1917-1921 гг.).
29. Итоги НЭПа для развития России.
30. Проблемы и противоречия в процессе образования СССР.
31. Исторические портреты лидеров большевизма: В.И. Ленин, Л.Д. Троцкий, И.В. Сталин. Переход к тоталитаризму в СССР.
32. Деятельность Коминтерна и репутация СССР в 1920-30 –е гг.
33. Трагедия и героизм народа в годы ВОВ (1941-1945 гг.).
34. Правда о «золотом веке» цен. Экономическая политика государства в 1945-1953 гг.
35. «Оттепель» Н.С. Хрущева: штрихи к политическому портрету.
36. Период застоя. Время правления Л.И. Брежнева.
37. Проблемы «перестройки». Причины несостоявшегося реформирования советского общества при М.С. Горбачеве.
38. Последствия распада СССР. Национальные отношения на современном этапе развития России.
39. Оценка деятельности Б.Н. Ельцина.
40. Холодная война (1946 - 1991 гг.) и ее последствия для развития России.

Вариант 2.

1. Деятельность и исторические концепции:
а) Н.М.Карамзина
б) С.М.Соловьева
в) В.О.Ключевского
г) М.Н.Покровского
2. Варяги и Русь.
3. Принятие христианства на Руси.
4. Русские земли и Золотая Орда: трансформация взаимоотношений в XIV-XV вв.
5. Иван III – государь всея Руси.
6. Роль Русской православной церкви в процессе политической централизации русских земель.
7. Личность Ивана IV в историографии.
8. Государственные деятели, политические и духовные лидеры России начала XVII в.: исторические портреты и оценки историков (по выбору).
9. Социальные протесты в России в XVII в.: истоки, сущность и последствия.
10. Оценки личности и деятельности Петра I в исторической литературе.
11. Европейский и российский абсолютизм: общее и особенное.
12. Внешняя политика России в XVIII в. Ее оценки в исторической литературе.
13. Исторические портреты государственных деятелей эпохи «дворцовых переворотов».

14. Оценки личности и деятельности Екатерины II в исторической литературе.
15. Движение декабристов: исторические дискуссии.
16. П.Я.Чаадаев о прошлом, настоящем и будущем России.
17. Исторический портрет Александра II.
18. Деятели эпохи реформ: К.Д. Кавелин, Б.Н.Чичерин, Д.А. Милютин и др.
19. Николай II: проблема личности в истории.
20. Первый опыт российского парламентаризма начала XX в.
21. Первая мировая война 1914-1918 гг. в исторических концепциях.
22. Исторические альтернативы 1917 года.
23. Брестский мир: историко-теоретическая интерпретация в отечественной историографии.
24. Судьбы российской эмиграции в исторической литературе.
25. Советский опыт социально-экономической модернизации: цели, содержание, результаты, оценки.
26. Исторические портреты В.И.Ленина, Л.Д.Троцкого, И.В.Сталина (по выбору).
27. Национально-государственное устройство и особенности политической системы Советской России в 1920-1930-е гг.
28. Проблемы социокультурного развития в 1930-е гг.: достижения и потери. Сталинизм.
29. Внешняя политика СССР накануне и в начале Второй мировой войны: современные подходы и оценки.
30. Великая Отечественная война: исторические и политические споры.
31. «Холодная война» и ее причины. Мероприятия по ограничению гонки вооружений в 1960-1980-е гг.
32. Н.С.Хрущев: политический портрет. Проблемы «оттепели».
33. Л.И.Брежнев: политический портрет на фоне «застоя».
34. М.С.Горбачев и «перестройка».
35. Национальные конфликты на территории СССР в конце 1980-х – начале 1990-х гг. Распад СССР.
36. Эпоха Б.Н.Ельцина: политический портрет.
37. Период стабильности конца XX - начала XXI вв. В.В.Путин: социально-экономические и административно- политические проекты и реформы.

2.2. Требования к оформлению контрольных работ:

Контрольная работа печатается на компьютере на одной стороне белой бумаги формата А4 (210х297 мм) через полтора интервала, 14 шрифтом.

Объем контрольной работы не должен превышать 25 страниц текста, включая титульный лист, план работы и список использованной литературы, исключая приложение. Каждый лист должен быть пронумерован арабскими цифрами. Номер страницы на титульном листе не ставится.

Текст должен быть разделен на разделы соответственно плану работы. Обязательно наличие оглавления, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы и источников.

Список использованной литературы должен включать не менее 5 источников, при этом обязательно использование текущей, периодической печати. Данные, полученные из Интернета, также обязательно должны быть включены в список, по названиям сайтов. При ссылках на Интернет-источники обязательно указание даты создания и последнего обновления используемых материалов.

Список литературы оформляется по алфавиту, начиная с фамилии, затем инициалы имени и отчества, далее название, место и год издания. После списка на русском языке, идет список на иностранном языке, затем названия сайтов.

На всю использованную литературу в тексте должны быть ссылки.

Иллюстрации (чертежи, таблицы, графики, схемы и карты) следует расположить на отдельных листах Приложения. Каждый лист Приложения нумеруется следующим образом: в верхнем правом углу - Приложение 1, ниже по середине – название иллюстрации, внизу, под иллюстрацией - наименование вида (типа) иллюстрации, например, картосхема 1. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте.

3. Примерные темы докладов и рефератов

1. Природа и общество: природно-климатический фактор в русской истории.
2. «Великое переселение народов» и проблема миграции славянских племен.
3. Проблема происхождения Древнерусского государства в отечественной историографии.
4. Языческие верования древних славян.
5. Христианизация Руси и ее значение.
6. Монгольское нашествие на Русь и его значение в концепции «евразийцев».
7. Северо-Восточная и Юго-Западная Русь в эпоху раздробленности: два пути развития русских земель.
8. Причины возвышения Москвы в отечественной историографии.
9. Идеологическая концепция «Москва – Третий Рим».
10. Эволюция социальной структуры русского общества в XIII-XV вв.
11. Сословно-представительные учреждения в России и Западной Европе: общее и особенное.
12. Московская Русь глазами иностранцев.
13. Реформы Избранной Рады.
14. Присоединение Зауралья к России: поход Ермака.
15. Смута на Руси: причины, характер, исторические альтернативы.
16. Проблема самозванчества в исторической литературе.
17. Соборное Уложение 1649 г.
18. Положение женщины в русском обществе по данным «Домостроя».
19. Церковный раскол и его влияние на русскую культуру.
20. Предшественники Петровских реформ (А. Ордин-Нащокин, В. Голицын).

21. Личность Петра I в исторической литературе.
22. Внешняя политика Петра I: от решения национальных задач к имперской политике.
23. Быт русского дворянства в XVIII в.
24. Фаворитизм в истории России XVIII в.
25. Правительственный конституционализм в XIX в.
26. Дворянская оппозиция: причины возникновения, взгляды, действия.
27. Внешняя политика России в XVIII в.
28. Кавказская война: история и современность.
29. Российские полководцы России XVIII-XIX вв.
30. Реформа 1861 г. в современной исторической литературе.
31. Российский либерализм второй половины XIX в.
32. Деятельность земских учреждений во второй половине XIX – начале XX в.
33. “Восточный вопрос” во внешней политике России.
34. Русский консерватизм XIX столетия: идеология и практика.
35. Эволюция российского революционного движения.
36. Реформаторы России XIX в.: проекты, планы, их реализация.
37. Российское крестьянство и аграрный вопрос в России (XIX – начало XX в.).
38. Реформы С. Ю. Витте, П. Д. Святополка - Мирского, П. А. Столыпина: сравнительный анализ.
39. Эволюция политической системы России в 1905 – 1907 гг.
40. Альтернативы политического развития России в 1917 г.
41. Политические партии в 1917 г.
42. Кризисы власти в 1917.
43. Октябрь 1917 г.: переворот, восстание, революция?
44. Политика “военного коммунизма”: сознательный выбор или необходимость?
45. Образование СССР. Особенности советской национальной политики.
46. Международное положение СССР в 1920-е гг.
47. Внутрипартийная борьба в РКП (б) – ВКП (б) в 1920-е гг.
48. Советская модель тоталитаризма.
49. Эволюция внешней политики СССР в 1930-е гг.
50. Советско – японское соперничество на Дальнем Востоке.
51. Советско – финская война.
52. Присоединение Прибалтики к СССР.
53. «Культурная революция» в СССР: итоги, цена, последствия.
54. Советско–германское сближение в 1939 – 1940 гг.: причины, проявления, последствия.
55. Русская православная церковь в годы войны.
56. Партизанское движение в годы войны: причины, характер, последствия.
57. Роль ленд-лиза в совместной борьбе против фашизма.
58. Формирование антигитлеровской коалиции: предпосылки и основные этапы.

59. Советский коллаборационизм: предательство или борьба со сталинизмом?
60. Человек на фронте и в тылу: человеческое измерение войны.
61. Разгром японской Квантунской армии (1945).
62. Встречи «Большой тройки»: итоги и последствия.
63. Ялтинско – Потсдамская система международных отношений.
64. Цена победы СССР в Великой Отечественной войне.
65. Финансовая реформа 1947 г.
66. Создание ядерного оружия в СССР.
67. Участие СССР в Корейской войне.
68. Советско – югославский конфликт.
69. Венгерские события 1956 г.
70. Социальная политика Советского государства в период «оттепели».
71. Курс на «развернутое строительство коммунизма» и «поздние реформы» Хрущева.
72. Реформы Н.С. Хрущева и А.Н. Косыгина.
73. Усиление консервативных тенденций в политической жизни страны в середине 1960- х – середине 1980-х гг. Диссидентское движение.
74. Особенности внешнеполитического курса в 1953 -1985 гг.
75. СССР в 1985 – 1991 г.: «перестройка» и ее итоги.
76. «Новое мышление» и международная практика советского правительства.
77. Современная Россия: характеристика социально-экономического, политического и духовного развития.

4. Примерные вопросы для подготовки к экзамену

1. История как наука и учебная дисциплина. Всеобщая история и Отечественная история. Исторические источники. Историография курса.
2. Восточные славяне в древности. Этногенез.
3. Проблемы образования Древнерусского государства (VIII-IX вв.).
4. Первые древнерусские князья. Христианизация Руси.
5. Проблемы политического и социального развития Киевской Руси (X-XII вв.).
6. Феодальная раздробленность на Руси (XII-XIII вв.).
7. Монголо-татарское вторжение на Русь. Проблема последствий монгольского нашествия.
8. Борьба русских земель со шведской и немецкой агрессией в XIII в. Александр Невский.
9. Образование русского централизованного государства (XIV-XV вв.).
10. Русское государство в XVI веке. Иван IV Грозный.
11. Внешняя политика и расширение территорий Российского государства в XVI веке.
12. Смутное время (начало XVII века).
13. Россия в середине XVII века. Формирование абсолютизма.

14. Народные движения второй половины XVII века. Церковный раскол.
15. Реформы Петра I: их содержание и последствия.
16. Дворцовые перевороты в России в середине XVIII века.
17. Россия в эпоху Екатерины II: просвещенный абсолютизм. Павел I.
18. Внешняя политика России в XVIII веке: события, итоги.
19. Россия в первой четверти XIX века. Реформы Александра I.
20. Отечественная война 1812 года: причины, ход событий, последствия.
21. Движение декабристов.
22. Россия в эпоху Николая I.
23. Отмена крепостного права в России. Эпоха «великих реформ» во второй половине XIX века.
24. Пореформенная Россия (в 1860-90-ые гг.).
25. Россия в годы царствования Александра III.
26. Вклад российской культуры XIX века в мировую культуру.
27. Россия на рубеже XIX-XX веков. Первая русская революция.
28. Внешняя политика в конце XIX-начале XX века. Русско-японская война: причины, события, итоги.
29. Россия в 1907-1914 годах. Реформы П.А.Столыпина.
30. Участие России в I мировой войне: причины, роль восточного фронта, последствия.
31. 1917 год в России (основные события, их характер, значение).
32. Гражданская война в России: причины, этапы, последствия).
33. НЭП: мероприятия, итоги, значение.
34. Образование СССР: причины и принципы создания Союза.
35. СССР в 30-е годы. Сталинизм.
36. Внешняя политика СССР в 1920-30-е годы.
37. СССР во второй мировой войне (1939-1945 гг.). Власть и общество в годы ВОВ.
38. СССР в 1945-1953 гг. Кризис сталинизма.
39. СССР в период реформ второй половины 50-х-первой половины 60-х гг.
40. СССР в середине 1960-80 гг. Период застоя.
41. «Перестройка» в СССР (1985-1991 гг.). Причины несостоявшегося реформирования советского общества.
42. Распад СССР: причины и последствия. Становление новой российской государственности.
43. Современная Россия. 1991-2001 гг.
44. Эволюция внешней политики СССР в 1945-1991 гг. Россия в системе современных международных отношений (1991-2001 гг.).

IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К СЕССИОННОМУ КОНТРОЛЮ (для студентов заочной формы обучения)

1. Методические рекомендации по изучению дисциплины:

Хотелось бы обратить ваше внимание на поэтапность изучения материала по истории Отечества для более эффективного его усвоения.

Прежде всего, студенты знакомятся с историей образования и развития древнерусского государства Киевская Русь. Далее в курсе рассматривается процесс объединения русских княжеств вокруг Москвы, освобождения страны от ига, развитие России в XVIII – начале XX вв., как империи. Завершает лекционный курс материал, посвященный истории советского государства, и изучается современное развитие Российской Федерации.

Для успешного освоения курса рекомендуется использовать научно-методический комплекс по данной дисциплине. Следует ознакомиться с такими его составляющими как словарь по дисциплине, содержание основных рассматриваемых тем, список рекомендуемой литературы, планы семинарских занятий и вопросы для итогового контроля по предмету.

Эффективное освоение курса невозможно без активного использования рекомендуемой литературы. Обращаться к ней нужно как при разработке творческих и аналитических контрольных работ, так и для подготовки к итоговому контролю по дисциплине. При этом, желательно использование, как учебной литературы, так и трудов монографического характера и статей в профессиональной и иной прессе.

В качестве итогового контроля предусмотрен письменный экзамен по билетам. Для подготовки к нему необходимо использовать как лекционные, так и дополнительные материалы.

Курс имеет, прежде всего, теоретическую направленность.

X. ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ

Требования к выполнению тестовых заданий для студентов **очной формы обучения:**

Текущий контроль знаний по дисциплине «История России» студентов **очной формы** обучения осуществляется в тестовой форме.

Тестовое задание включает в себя вопросы по нескольким ключевым темам учебной программы по модулям: «История России с древнейших времен по XVII в.», «История России XVIII – XIX вв.», «История России XX в.».

Тестовые задания если студент дал не менее 80% правильных ответов считаются выполненными. Время выполнения тестовых заданий – 2 академических часа.

Требования к выполнению контрольных работ для студентов **заочной формы обучения:**

Рубежный контроль знаний по дисциплине студентов **заочной формы** обучения проводится в форме письменной контрольной работы.

1. Контрольная работа выполняется по одной из предложенных тем. Темы работ приведены в разделе IX. «Методических рекомендациях по подготовке к сессионному контролю (для студентов заочной формы обучения)».

2. Объем работы не должен превышать 25 страниц печатного текста. На титульном листе необходимо обозначить тему работы, фамилию студента и номер его группы. Подробные рекомендации к оформлению контрольных работ – см. раздел IX.
3. Работа должна быть написана самостоятельно по материалам прочитанных источников. Цитирование допускается только в том случае, если указывается цитируемый источник.
4. Допускается использование литературы, не указанной в списке литературы к контрольным работам. Особое внимание надо обратить на новую литературу, вышедшую из печати за последние 5-7 лет.

Контрольные работы **оцениваются по пятибалльной шкале.**

Студенты, получившие оценку *«неудовлетворительно», обязаны повторно пройти процедуру рубежного контроля,* написав аналогичную работу по другой теме.

XI. ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дифференцированный зачет или экзамен по дисциплине как продолжение учебно-познавательного процесса является одной из форм его контроля и методом определения качества знаний, умений и навыков студентов, причем по всему учебному курсу.

Письменный экзамен, с одной стороны, способствует развитию «западающих» элементов культуры мышления, с другой, расширяет возможности информационно-коммуникационного взаимодействия. Студент получает больше возможностей для целостного изложения и аргументации своего понимания изученного материала. Кроме того, письменный текст наиболее адекватно отражает умение логично мыслить и в соответствии с проблемой выстраивать его содержание.

Условия допуска к экзамену:

Студенты **очной формы обучения** допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения **следующих требований**:

- посещение семинарских занятий;
- выполнение тестовых заданий;
- подготовка докладов и сообщений;
- выполнение проверочных работ.

Студенты **заочной формы обучения** допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения **следующих требований**:

- выполнение плановой контрольной работы.

Форма и содержание экзамена:

Экзамен проводится в письменной форме по билетам. В билет включены два вопроса из списка примерных вопросов для подготовки к экзамену. Дополнительно студенту предлагается дать определение и раскрыть содержание одного понятия (из перечня понятийного минимума дисциплины).

Подробнее, что включает в себя экзамен – см. «Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов».

На подготовку по билету студенту, как правило, выделяется не более 30 минут.

Критерии оценивания:

Оценка за экзамен выставляется с учетом выполнения студентом теоретической (по билету) и практической (по карте) части по пятибалльной системе. По теоретической части экзамена студенту могут быть заданы уточняющие вопросы (на правильность понимания терминов, логики причинно-следственных связей). По практической части экзамена студент, если потребуется, должен показать и рассказать по карте события и военные действия по теме билета.

На экзамене выставляются:

- оценка «отлично» - если студент ответил на два вопроса билета и дополнительный вопрос;
- оценка «хорошо» - если студент ответил на два вопроса, но не ответил на дополнительный вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - если студент ответил на один вопрос билета и дополнительный вопрос.

XII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Апальков В.С. История Отечества / В.С. Апальков, И.М. Миняева: учебное пособие.- 2-е изд., испр. и доп. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2010. – 544с.

2. История России для технических вузов: учебник для бакалавров / под ред. М.Н. Зуева, А.А. Чернобаева. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 639 с . Серия Бакалавр. Базовый курс.

3. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

4. История России (IX – начало XXI вв.): учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2010. – 479с.

5. История России с древнейших времен до наших дней: учебник / В.А. Федоров, В.И. Моряков, Ю.А. Щетинов. – М.: ТК Велби, ЗАО «КноРус», 2010. – 544с.

6. История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

7. История России в схемах: учебное пособие / А.С. Орлов, В.А. Георгиев, Н.Г. Георгиева, Т.А. Сивохина. – М., 2014. – 304 с.

8. Кириллов В.В. учеб. пособие для бакалавров / В.В. Кириллов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 665 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.

9. Мунчаев Ш.М. Политическая история России. От Смутного времени до Беловежской Пущи / Ш.М. Мунчаев, В. М. Устинов. – 2-е изд. , пересмотр. – М.: Норма, 2009. - 736 с.

10. Орлов А.С., Георгиев В.А., Георгиева Н.Г., Сивохина Т.А. История России. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Проспект, 2015. - 680 с.

11. Орлов А.С., Георгиева Н.Г., Георгиев В.А. Исторический словарь. – 2-е изд.. Москва:Проспект, 2015. – 592 с.

12. Оськин М.В. История Первой мировой войны. - М.: ООО «Издательский дом «Вече», 2014. – 496 с.

13. Семин В.П. История России: учебник / В.П. Семин. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2013. – 440 с. – (Бакалавриат).

14. Семин В.П. История России: проблемы и вопросы: учебное пособие / В.П. Семин, М.В. Шадская. – М.: КНОРУС, 2015. – 654 с.(Бакалавриат).

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов Е.В. История России от Рюрика до Путина. Люди. События. Даты. – СПб.: Питер, 2008.- 588с.

2. Анисимов Е.В. Императорская Россия. – СПб.: Питер, 2012. – 640 с.

3. Артемов В.В. История Отечества: С древнейших времен до наших дней: учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений / В.В. Артемов, Ю.Н. Лубченков. – 14-е изд, стер. - М.: Издат. центр «Академия», 2010. – 360с.

4. Басовская Н.И. Антигерои истории. Злодеи. Тираны. Предатели / Н. Басовская. – М.: АСТ, 2013.

5. Бок М.П. П.А. Столыпин: Воспоминания о моем отце / М.П. Бок. – М., 2006.

6. Будницкий О.В. Терроризм в российском освободительном движении: идеология, этика, психология (вторая половина XIX - начало XX вв.) / О.В. Будницкий. – М., 2000.

7. В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с.

8. Вернадский Г.В. Русская история: учебник. - М., 2001.

9. Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с.

10. Гумилев Л.Н. От Руси до России. - М., 2006.

11. Гуц А.К. Многовариантная история России. - М., СПб; 2001.

12. Данилов А.А. История России с древнейших времен до наших дней в вопросах и ответах: Учебное пособие. - М.: ТК Велби, Из-во Проспект, 2004.- 320с.

13. Деревянко А.П. История России: с древнейших времен до конца XX в. - М., 2001.

14. Дворниченко А.Ю. Отечественная история (до 1917 г.): учебное пособие для студ. вузов. - М., 2005.

15. Дойчер И. Троцкий. Вооруженный пророк. 1879 – 1921 / И. Дойчер (пер. с англ. Т.М. Шумиловой). – М., 2006.

16. Загладин Н.В., Козленко С.И. История Отечества XX- начала XXI вв. - М., 2004.

17. Золотарев В.А. Военная история. - М., 2001.

18. Игнатов В.Д. Палачи и казни в истории России и СССР / В.Д. Игнатов. – М.: Вече, 2013.

19. История России / Под ред. А.С. Орлова, В.А. Георгиева. - М., 2003.

20. История России: учебник / Под ред. В.Г. Деева, Ю.И. Казанцева. - М.-Новосибирск, 2000.

21. Каменский А.Б. От Петра I до Павла I: Реформы в России XVIII в.: опыт целостного анализа / А.Б. Каменский. – М., 2001.

22. Каррер А.Э. Екатерина II. Золотой век в истории России. - М., 2006.

23. Кизеветтер А.А. Исторические очерки: из истории политических идей. Школа и просвещение. Русский город в XVIII в. Из истории России в XIX в. - М., 2006.

24. Кириллов В.В. Отечественная история XX- начала XXI вв. - М., 2004.

25. Козляков В.Н. Марина Мнишек / В.Н. Козляков. – М., 2005.

26. Кульгин Э.С. Золотая Орда: проблемы генезиса Российского государства / Э.С. Кульгин. – М., 2006.

27. Личман Б.В. Многоконцептуальная история России. Пособие для абитуриентов. – Екатеринбург: Из-во «СВ-96», 2000.- 64с.

28. Лукьянов Л.П. Восточные славяне: разве это мы? Эволюция VI – X вв. / Л.П. Лукьянов. – М., 2004.

29. Маринович Л.П. Античная и современная демократия: новые подходы к сопоставлению. - М., 2007.

30. Медведев Ф. Н. О Сталине без истерик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013.

31. Миллер А.И. Империя Романовых и национализм: эссе по методологии исторического исследования. - М., 2006.

32. Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. - Екатеринбург, 2004.

33. Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006.

34. НЭП: экономические, политические и социокультурные аспекты / А. Сенявский, В.Б. Жиромская, С.В. Журавлев и др. – М.: РОССПЭН, 2006. – 544с.

35. Озерский В.В. Правители России от Рюрика до Путина. История в портретах. Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 352с.

36. Ольштынский Л.И. Угроза фашистского мирового господства: история и современность (взгляд из XXI в.). - М., 2003.

37. Павленко Н.И., Андреев И.Л. История России с древнейших времен до конца XVII в. - М., 2001.

38. Павленко Н.И., Ляшенко Л.М., Твардовская В.А. История России XVII – XIX вв. - М., 2001.

39. Патриарх Никон: трагедия русского раскола (сборник) / Составители В.И. Мельник, И.М. Стрижова. – М., 2006.

40. Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - СПб., 2001.

41. Пути России. Историзация социального опыта / Том XVIII. – Новое литературное обозрение, 2013.

42. Россия, Польша, Германия: история и современность европейского единства в идеологии, политике и культуре / Сост. Б.В. Носов. - М.: Индрик, 2009. – 368с.

43. Савицкий В.Д. Три века российского самовластия: сомнения, недоумения, коррективы – СПб., 2004.

44. Свердлов М.Б. Домонгольская Русь: князь и княжеская власть на Руси VI – первой трети XIII вв. – СПб., 2003.

45. Семин С.В. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 653с.

46. Синелина Ю.Ю. Секуляризация в социальной истории России. - М., 2004.

47. Скрынников Р.Г. Иван III / Р.Г. Скрынников. – М., 2006.

48. Скрынников Р.Г. Минин и Пожарский. - М., 2007.

49. Соколов А.В. Интеллигенты и интеллектуалы в российской истории. – СПб.: Из-во СПб ГУП, 2007. – 344с.

50. Соколофф Ж. Бедная держава: История России с 1815 года до наших дней / Пер. с фр. Н.Ю. Панина. – М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2008. – 882с.

51. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – 584с.

52. Троцкий Л. Сталин. Красный «царь» / Л. Троцкий, И. Дойчер, Т. Клифф. – М.: Алгоритм, 2013.

53. Федоров В.А. История России с древнейших времен до наших дней. - М., 2005.

54. Человек-Общество-Армия-Война: сборник докладов на XXIII Военно-научной конференции 23 окт. 2008 г. – Екатеринбург: ГУ, 2008. – 232с.

55. Эйдельман Н.Я. Твой девятнадцатый век / Н.Я. Эйдельман. – М., 2006.

56. Экштут С.А. Александр I. Его сподвижники. Декабристы: в поиске исторической альтернативы / С.А. Экштут. – СПб., 2004.

57. Юрьевская Е.М. Александр II / Е.М. Юрьевская. – М., 2004.

58. Яковер Л.Б. История России. - М., 2002.

3. ИСТОЧНИКИ

1. Восстание декабристов. Документы. Т.1-18. - М.; Л., 1925-1986.

2. Законодательные акты Русского государства втор. пол. XVI – перв. пол. XVII в. - Л., 1986.

3. Кушнир А.Г. Хроноскоп: летопись фактов и событий отечественной истории за два тысячелетия от Рождества Христова. - М., 2003.

4. Шмидт С.О. Памятники письменности в культуре познания истории России. Т.1. Допетровская Русь. - М., 2007.

5. Памятники русского права. Вып. 1-8. - М., 1953-1961.

6. Печенев В.А. «Смутное время» в новейшей истории России (1985 – 2003 гг.): исторические свидетельства и размышления участника событий. - М., 2004.

7. Полное собрание русских летописей. Т.1-39. - СПб.; М.; Л., 1841-1990.

8. Программы политических партий России конец XIX – первая половина XX вв. - М., 1995.

9. Российское законодательство с древнейших времен до начала XX в. Т.1-6. - М., 1984-1988.

10. Русская православная церковь в советское время (1917-1991 гг.) / Сост. Г.Штриккер. Кн. 1-2. - М., 1995.

11. Соловьев С.М. Публичные чтения по истории России. - М., 2005.

12. Сталинское Политбюро в 1930-е годы. Сборник документов. - М., 1995.

13. Хрестоматия по отечественной истории. 1914-1945 гг. / Под ред. А.Ф.Киселева, Э.М.Щагина. - М., 1996.

14. Хрестоматия по отечественной истории. 1946 - 1994 гг. / Под ред. А.Ф.Киселева, Э.М.Щагина. - М., 1996.

4. СЛОВАРИ, СПРАВОЧНИКИ

1. Государственность России: словарь-справочник. - М., 1996.

2. Данилов А.А. История России IX-XIX вв.: справочные материалы. - М., 1997.

3. История России: тысячелетие дипломатии и войн. Вып.1-2. - Екатеринбург, 1995.

4. Похлебкин В.В. Внешняя политика Руси, России и СССР за 1000 лет в именах, датах и фактах. Справочник. Вып. 1-3. - М., 1992.

5. Похлебкин В.В. Татары и Русь. 360 лет отношений Руси с татарскими государствами в XIII – XIVвв. 1238-1598 гг. (от битвы на р. Сить до покорения Сибири): Справочник / В.В. Похлебкин. – М., 2005.

6. Политические партии России конец XIX – первая половина XX вв. Энциклопедия. - М., 1995.

7. Политические деятели России 1917 г. Биографический словарь. - М., 1993.

5. ВЕБ-РЕСУРСЫ

1.Хрестоматия электронных текстов на сайте «Заметки на полях» (http://www. klio. webservis. ra.).

2.Библиотека электронных ресурсов на сервере исторического факультета МГУ (http://www.hist. msu. ru./).

3.История. Приложение к газете «Первое сентября» (http://www. I September. ra./ru/his. htm).

4.Российский электронный журнал «Мир истории» (http://www. tellur. ra./~ historia/).

5.Журнал «Новая и новейшая история» (http://www. bitpro. ru/CATOLOG/).

6.Материалы Независимого теоретического семинара "Социокультурная методология анализа российского общества". Ряд материалов посвящен различным аспектам истории России и ее культуры (http://scd. plus, centre ru/).

7.Алтайский региональный исторический сервер: виртуальный читальный зал, ресурсы, ссылки (http://hist. den-asu. ra/sourses. shtml).

8."Сибирская Заимка". Сервер посвящен истории Сибири: опубликованные научно-популярные, научные работы, касающиеся сибирской истории (http://cclib.nsu.ru/projects/siberia/).

9.Сервер об истории и устройстве Русской православной церкви (http://www.orto-rus. ru/).

10.Коллекции ссылок на исторические ресурсы в сети Интернет:

на сервере исторического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова (http://www. hist. msu. ru. /Links/ worldu.htm).

на Алтайском историческом научно-образовательном сервере Ассоциации «История и компьютер» (http://klio. dcn-asu. ru/internet/sng.shtml).

на сервере издательства «Клио» (http:// www. history. ru/hist. htm).

XIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. *Демонстрационные / иллюстративные материалы*

- карты и атласы по Отечественной истории;
- учебники и учебные пособия;
- раздаточные материалы для дискуссий, организации дебатов, тестирования;
- мел, доска.

2. *Технические средства*

- компьютерная техника, мультимедийное оборудование:

1) экран;
2) мультимедийный проектор проектор;
3) ноутбук (или персональный компьютер);
4) колонки, микрофон.

Приложение1.

Тема 2. СЛАВЯНСКИЙ ЭТНОГЕНЕЗ

- Теории энтогенеза восточных славян
- Природные условия и территория расселения восточных славян
- Экономическое развитие и общественный строй восточных славян
- Обычаи, нравы и верования восточнославянского этноса

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Этногенез — весь процесс существования и развития этнической системы от момента ее возникновения до исчезновения. Существует множество концепций происхождения и прародины славян, среди них ведущие позиции занимают: миграционная (пришли на Восточно-Европейскую равнину): а) «дунайская» (С.М. Соловьев, В.О. Ключевский), б) «прибалтийская» (М.В. Ломоносов, А.Г. Кузьмин); автохтонная - славяне как этнос сформировались на территории Восточно-Европейской равнины и являлись исконным населением (Б.А. Рыбаков); 3) одерско-висловская — прародиной славян считается территория между Одером и Вислой; одерско-днепровская - район между Одером и Средним Днепром (М.С. Шумилов, С.П. Рябикин).

2. Праславяне принадлежали к Древнему индоевропейскому единству, сложившемуся в V—IV вв. до н.э. в северо-восточной части Балкан и на территории Малой Азии. На рубеже III—II вв. до н.э. на основе развития в Евразии пастбищного скотоводства индоевропейские племена в поисках пастбищ ушли в Среднюю Азию и Северную Индию. Формируются этнографические группы: кельтская, германская, романская (славянская), греческая, иранская, балтийская. Появление славян как самостоятельного этноса датируется I в. до н.э, В античных источниках в первом веке нашей эры славян знали под именами «антов» и «венедов». С VI в. н.э. закрепился термин — «славяне». В ходе Великого переселения народов, проходившего в III—VII вв., славяне, осваивая различные территории, разделились на три ветви: западную (поляки, чехи, словаки и др.), южную (болгары, сербы, хорваты и др.) и восточную (белорусские, русские и украинские народы). Восточные славяне в VI—VII вв. заняли территорию: с севера на юг — от Невы и Ладожского озера до Среднего Приднепровья и с запада на восток — от Карпатских гор до Средней Оки и верховьев Дона.

3. Климат в средней полосе Восточно-Европейской равнины был континентальный. Вся жизнедеятельность людей была связана с лесом. Его использовали как строительный материал, топливо, для изготовления домашней утвари. Не менее благоприятное влияние на жизнь людей оказывали реки. Они служили средством общения между племенами, снабжали людей рыбой для еды и обмена. По берегам рек шло расселение славянских племен, строились поселения, в дальнейшем города. Речные пути приобретали и международное значение: с VI в. появился водный торговый путь «из варяг в греки», позволявший торговать восточным славянам с Византией, другой путь, «из варяг в персы», служил сообщением с волжскими болгарами, Хазарским каганатом и далее — со Средней Азией и арабским миром.

4. Восточные славяне делились на племенные союзы, и местами их расселения были: по западному берегу Днепра и реке Рось жили поляне; на запад от них по Припяти селились древляне, а севернее — дреговичи; по Оке — вятичи; вокруг озера Ильмень — ильменские словене; по реке Сож — радимичи; в верховьях Волги, Днепра, Западной Двины — кривичи; по среднему течению реки Днепр и по реке Десна — северяне.

5. Основными занятиями славян были охота, рыболовство, скотоводство, бортничество. Позже славяне начали заниматься земледелием. Существовало две системы земледелия: на юге, где была лесостепь, — перелог; на севере, где росли непроходимые леса, в основном была подсечно-огневая.

6. Во главе каждого племени или рода у восточных славян стоял старейшина. Существовал совет старейшин, где обсуждались различные вопросы, а также общее собрание рода или племени — вече. Верховным судьей и предводителем войска был князь. Ему подчинялись военные люди, составлявшие княжескую дружину. Такое управление позже получит название военной демократии.

7. По своим верованиям древние славяне были язычниками. Они поклонялись явлениям природы, обожествляя их. У восточных славян были свои языческие праздники, связанные с временами года и земледельческими работами (Масленица, I праздник Ивана Купалы, праздник урожая и т.д.). Известно, что у славян довольно долго сохранялся закон кровной мести.

Тема 3. КИЕВСКАЯ РУСЬ В IX-XII ВВ. РУСЬ В ЭПОХУ ФЕОДАЛЬНОЙ РАЗДРОБЛЕННОСТИ. БОРЬБА РУССКИХ ЗЕМЕЛЬ С ВНЕШНИМИ ВТОРЖЕНИЯМИ

- Киевская Русь: социально-экономическое, политическое и культурное развитие (IX- начал. XII вв.)
- Эпоха феодальной раздробленности на Руси. Основные политические центры (XII-XIII вв.)

• Борьба с иноземными нашествиями в XIIIв.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Возникновение русского государства имело ряд особенностей, связанных с географическим положением его меж Европой и Азией и неимением естественных географически раниц, а также необходимостью совместной защиты живущих здесь племен от внешних врагов, которая сплачивала их и заставляла создавать сильную государственную власть.

2. Вопрос о происхождении государственности на Руси до сегодняшнего дня остается спорным в среде историков. В XVIII в. немецкие ученые на русской службе Г.З. Байер, Г.Ф. Миллер разработали норманнскую теорию, согласно которой государство на Руси было создано норманнами (варягами). Против этой концепции выступил М.В. Ломоносов, положив начало полемике между норманистами и антинорманистами, которая 1родолжается уже более двух столетий.

3. Историки делят историю Киевской Руси на три периода:

• первый - период становления Древней Руси при первых князьях Рюриковичах (вторая половина IX - последняя треть X вв.);

• второй - период расцвета Киевской Руси при Владимире I и Ярославе Мудром (конец X - первая половина XI вв.);

• третий — период начала территориальной и политической раздробленности Древнерусского государства и его распада (вторая половина XI — Первая треть XII вв.).

4. Перед киевскими князьями стояло несколько задач:

1) объединение восточных славян под властью Киева; 2) укрепление государства и распространение своей власти внутри страны; 3) торговля с Византией; 4) борьба со степными кочевниками: хазарами, печенегами, половцами.

5. Первые князья Киевской Руси: Рюрик, Олег, Игорь, Ольга — настойчиво расширяли свои владения, подчиняли себе восточнославянские племена, сменяя местных племенных князей на присланных наместников из Киева. Новгородские бояре в 862 г. пригласили княжить в Новгород Рюрика — начальника отряда варягов, который положил начало династии Рюриковичей. В 882 г князь Олег захватил Киев, тем самым объединив северные и южные племенные союзы. Киев назвал «матерью городов русских». Олег стал великим киевским князем. В 907 г. в результате успешного похода князя Олега на Царь град были урегулированы отношения между Русью и Византией. Князь Игорь предпринимает два похода на Византию и заключает договор о мире, торговле и взаимной помощи, обеспечивает беспрепятственную торговлю в Царь граде. В 945 г. при попытке повторного сбора дани с древлян был убит. Его вдова княгиня Ольга отомстила за смерть мужа, навела порядок в русских землях, ввела законы налогового права «уроки и погосты», в конце жизни посетила Царь град и

крестилась там в православие. Ее сын князь Святослав, выдающийся древнерусский полководец, предпринял ряд удачных походов: разбил хазар, затем волжских булгар, подчинил вятичей; но вел неудачную войну с Византией, был убит печенегами.

6. Сын Святослава — Владимир Красное Солнышко — стал объединителем всех земель восточных славян в состав Киевской Руси. Он организовал надежную систему обороны ее степных границ от кочевников. В годы его правления Русь принимает христианство (988 г.). После смерти Владимира начались междоусобные войны его сыновей. Пасынок Владимира Святополк Окаянный убил своих братьев Бориса, Глеба и Святослава, захватил Киев, но старший из братьев, Ярослав, наместник Новгорода, победил Святополка и стал великим киевским князем.

При Ярославе Мудром Киевская Русь достигла вершины своего могущества. Ему подчинялись земли от Черного моря до Баренцева. Он разбил печенегов, укрепил международные связи при помощи политических браков с такими странами, как Швеция, Норвегия, Польша, Франция, Византия. В годы его правления появился первый свод русского законодательства Русская Правда. Происходит культурный расцвет русского государства.

7. После смерти Ярослава Мудрого наследники не смогли сохранить единство русской земли. Раздоры князей, половецкие набеги, волнения горожан заставили киевскую знать в начале XII в. призвать на княжение внука Ярослава Мудрого - Владимира Всеволодовича Мономаха. Он совершил успешный поход на половцев, восстановил на короткий срок единство русских земель, создав союз князей под руководством великого киевского князя. Его сын Мстислав на короткий период удерживает относительную целостность Руси. Но после его смерти Русь начинает распадаться на самостоятельные княжества и земли.

8. В IX—XIII вв. основной сферой хозяйственной деятельности в Древней Руси было земледелие. Большое развитие получили города как центры ремесла и торговли. В X-XI вв. доминировала государственная собственность на землю, которая позволяла киевским князьям взимать дань с подвластного населения. Во второй половине XI в. в различных русских землях возникло частное землевладение — княжеские, боярские и монастырские вотчины.

9. Русь в X—XII вв. представляла собой раннефеодальную монархию с великим князем во главе. При князе состояли дружинники, ведавшие сбором дани, судом. В городах назначались князем посадские и воеводы. Вассалами князя являлись его родственники, правители удельных земель. Феодалы платили князю дань, но своими вотчинами распоряжались самостоятельно. Основными социальными категориями этого периода являлись: высшие классы - князья, бояре и другие собственники больших земельных имений, богатые купцы в городах; средний класс — купцы и мастера - ремесленники (в городах), владельцы средних и небольших имений (в сельской местности); низшие классы - беднейшие ремесленники и крестьяне, заселявшие

государственные земли. Кроме свободных людей, в Киевской Руси существовали также полусвободные (закупы, рядовичи) и невольники (холопы, челядь).

10. Во второй трети XII в. (1132 г.) на Руси начался длившийся до конца XV в. период феодальной раздробленности. Причинами ее были: 1) ослабление власти киевских князей и укрепление власти феодалов на местах, в результате роста крупных землевладений; 2) отсутствие прочных экономических связей между областями: не было общего рынка, господствовало натуральное, феодально-вотчинное хозяйство; 3) отсутствие серьезной внешней угрозы для всей восточнославянской общности.

11. Политическими наследниками Киевской Руси стали 15 крупных княжеств и феодальных республик. Наиболее значительными были Владимиро-Суздальское княжество, Новгородская боярская республика и Галицко-Волынская земля - три политических центра, имевших огромное влияние на развитие соседних с ними земель. Своеобразный уклад общественной и политической жизни образовался в Новгородской земле. Власть в Новгороде фактически принадлежала богатому боярству. Оно держало в руках городское собрание свободных граждан — вече. Вече избирало из числа бояр посадника, тысяцкого, командовавшего народным ополчением, архиепископа, ведавшего казной и внешними отношениями. Новгородская боярская республика была огромным государством, занимавшим территорию от Верхней Волги до Балтийского и Белого морей, просуществовала около трех с половиной столетий.

12. Последствия феодальной раздробленности имеют как знак плюс, так и знак минус. За годы феодальной раздробленности происходило развитие политической, экономической, культурной жизни русских земель. Но княжеские усобицы, постоянное дробление княжеств между наследниками, разрушительные войны ослабили обороноспособность и политическое единство страны.

13. Раздробленная на обособленные княжества Русь не смогла собрать достаточно сил для отпора татаро-монголов. В конце XII — начале XIII вв. в Центральной Азии возникло монгольское государство, возглавил его Темучин, который в 1206 г. был провозглашен великим ханом под именем Чингисхан. Армия монголов под его руководством начала завоевательные походы. В 1223 г. на реке Калке произошло первое столкновение русских войск совместно с половцами с монгольским войском, где объединенные войска потерпели поражение. Внук Чингисхана Батый в 1237 г. начал покорение Северо-Восточной Руси. В 1238 г. были завоеваны: Рязань, Коломна, Москва, Ростов, Ярославль, Тверь, Юрьев; в 1239 г. — города Переславль и Чернигов, в 1240 г. пал Киев, захвачена Галицко-Волынская земля. В 1242 г. на Нижней Волге возникла Золотая Орда - мощное татаро-монгольское государство, в состав которого вошли завоеванные русские земли, где Батый и его преемники частично сохранили систему управления, сложившуюся до нашествия.

14. Практически одновременно с нашествием татаро-монголов на

южные русские княжества шведские корабли вошли в устье реки Невы с целью захвата Новгорода и Пскова и насаждения католической веры. 15 июля 1240 г. князь Александр Ярославич выигрывает сражение над шведами на Неве, за что получает прозвище Невский. Вслед за шведами на русские земли нападают объединенные силы Ливонского ордена при поддержке датских и немецких рыцарей и захватывают город Изборск, а затем и Псков. В 1242 г. Александр Невский освобождает эти города. Решающая битва между новгородским войском и силами Ливонского ордена состоялась 5 апреля 1242 г. на Чудском озере. Рыцарское войско потерпело сокрушительное поражение. В результате было остановлено наступление рыцарей на Северо-Западную Русь.

15. Татаро-монгольское иго (1240—1480) — это сложная система, главной целью которой было использование военного и экономического потенциала Руси в интересах Золотой Орды. Оно характеризовалось: в экономической сфере — ежегодной выплатой огромной дани татаро-монголам: в политической — жестким контролем Орды за деятельностью русских князей при помощи выдачи ярлыков на княжение; в культурной — принудительным использованием русских мастеров для строительства и укрепления городов Золотой Орды, расхищения татарами материальных и художественных ценностей, веками накопленных в русских городах.

16. Татаро-монгольское иго привело к длительному упадку в культурной, хозяйственной жизни русского общества, политической зависимости Северо-Восточной Руси от Золотой Орды, искусственно изолировав эти земли от западного мира и Византии. Возможности влияния греческой православной цивилизации на Русь резко уменьшились, но воспринятые ранее традиции уже укоренились в восточнославянском церковном быту и развивались на новой почве. Власть Орды создавала серьезные проблемы для русского общества, уродливо деформируя многие государственные структуры. Однако постепенно стали складываться объединительные тенденции в русских княжествах.

Тема 4. СКЛАДЫВАНИЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВА В XIV-XVI ВВ.

- Предпосылки образования единого русского государства
- Объединение русских земель вокруг Москвы. Начало государственной и политической централизации (XTV - начало XV вв.)
- Образование российского государства (конец XV - начало XVI вв.)
- Российское государство в XVI веке. Иван Грозный

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Предпосылками объединения русских земель в единое государство были: развитие феодального землевладения; стремление бояр приобретать

вотчины за пределами своих княжеств; укрепление на Руси власти и лидерства московских князей; наличие обшей официальной религии — православия во всех русских землях; необходимость освобождения от ордынского ига.

2. Причинами возвышения Московского княжества как центра объединения русских земель являлись: личностные качества первых московских князей, их политическая ловкость и хозяйственность; выгодное географическое положение, давшее приток населения, торговые и политические преимущества; поддержка со стороны Церкви и перенос центра русского православия из Владимира в Москву; содействие Орды; получение ярлыков на княжение (с Ивана Калиты — на великое княжение).

3. Возвышение Московского княжества происходило в самом начале XIV в. Оно связано с именем младшего сына Александра Невского князя Даниила Александровича, который получил в удел небольшой городок Москву, явился основателем династии московских князей. При князе Данииле началось постепенное расширение Московского княжества. В его состав вошли; отвоеванная у рязанского князя Коломна, присоединенный Можайск, земли Переяславского княжества. В результате территория Московскою княжества увеличилась почти в 2 раза.

4. Основы политического и экономического могущества Москвы были заложены при сыне князя Даниила - Иване Данииловиче (1325—1340) по прозвищу Калита. При нем борьба Москвы и Твери за великокняжеский престол завершается победой Московского княжества. Иван Даниилович, разгромив восстание в Твери, получил ярлык на великое княжение. В годы его правления митрополичья кафедра была перенесена из Владимира в Москву, тем самым Москва стала религиозным и идеологическим центром Руси. Иван Калита добился необходимой передышки от ордынских вторжений, давшей возможность поднять экономику и накопить силы для борьбы с татаро-монголами, получил право сбора дани с русских княжеств и доставки ее в Орду, значительно расширил свои владения (подчинил княжества: Галичское, Угличское, Белоозерское).

5. Дальнейшее усиление Московского княжества происходит при внуке Ивана Калиты — князе Дмитрии Ивановиче по прозвищу Донской (1359—1389). В годы его правления соотношение сил на Руси изменилось в пользу Москвы. Этому процессу способствовало следующее: построен всего за два года неприступный белокаменный Кремль Москвы — единственная каменная крепость на территории Северо-Восточной Руси; отбиты притязания на общерусское лидерство Нижнего Новгорода, Твери, отражены походы литовского князя Ольгерда; в 1378 г. на реке Воже объединенными русскими силами были разбиты монголы. С этого времени борьба против Орды приняла характер организованных военных сражений. Решающее сражение произошло летом 1380 г., когда хан Мамай, заключив союз с литовским князем, выступил против русских. Дмитрий Иванович, получив благословение игумена Троицкой обители Сергия Радонежского и поддержку православной церкви, на Куликовом поле разбил войска Орды. Это было

первым шагом обретения Русью национальной независимости. Однако Москва была снова разорена в 1382 г. Тохтамышем и вынуждена платить дань. Перед смертью Дмитрий Донской передал великое княжество Владимирское своему сыну Василию (1389—1425) по завещанию как отчину московских князей, не спрашивая права на ярлык в Орде. Это стало началом нового этапа отношений между Ордой и зависимой пока Русью.

6. Василий I сумел упрочить положение Москвы как центра русских земель. Он присоединил Нижегородское, Муромское, Тарусское княжества, некоторые владения Великого Новгорода. I Подавляющая часть князей, еще сохранившая свой суверенитет, вынуждена была в той или иной мере подчиняться ему. В военных и дипломатических отношениях с Ордой и Литвой Василий I выступал уже от имени всей Северо-Восточной Руси.

7. После смерти Василия I процесс объединения русских земель был приостановлен ожесточенной феодальной войной, которая продолжалась с переменным успехом в течение 20 лет (1433—1453), принося разорение земель, упадок многих городов, ордынские набеги. Феодальная война закончилась победой сил централизации. Василий II Темный сумел победить и укрепить великокняжескую власть.

8. После смерти Василия II Темного московский престол занял его старший сын Иван Васильевич, ставший соправителем отца еще при его жизни. Именно ему выпало завершение процесса объединения русских земель и свержения золотоордынского ига. В правление Ивана III закончилось собирание земель под власть Москвы, были заложены основы российского самодержавия; укреплен государственный аппарат; повысился престиж Москвы. В годы его правления были присоединены Великое Ярославское княжество (1463), Пермский край (1472 г.), Великое Ростовское княжество (1474), Новгород и его владения (1478), Великое княжество Тверское (1485), Вятская земля (1489). Великие и удельные князья отказались от верховных прав в своих владениях и перешли под политическое покровительство московского князя. Иван III стал именоваться государем всея Руси. В целом единое государство было создано и окончательно утвердило свою независимость, так как Иван III отказался ездить в Орду и посылать дань. Попытка хана Ахмата восстановить права Орды закончилась в 1480 г. стоянием на реке Угре и бегством татар.

9. Иван III расширил международные связи, установил дипломатические отношения с Германией, Венецией, Данией, Венгрией и Турцией, женился на Софье Палеолог, племяннице последнего византийского императора. Московский князь распоряжался землей, набирал себе войско. Высшим совещательным органом при государе становится Боярская дума. Представители князя распоряжались казной, командовали войсками, управляли областями. В 1497 г. для закрепления централизованной системы управления и суда на всей территории государства был издан свод законов - Судебник, который юридически подтвердил политический и социальный строи русского феодального государства. После падения Византии под ударом турок (1453) Москва стала ее преемницей. Россия была последним

оплотом православия и способствовала определенной идеологизации верховной государственной власти. С XVI в. распространяется идея о Москве как о Третьем Риме, в котором тесно переплетаются религиозные и политические мотивы. Новое значение великого князя Московского отразилось на государственном праве. Иван III передал по наследству своему старшему сыну Василию целый ряд политических преимуществ. Василий III фактически завершил объединение Великороссии и превратил Московское княжество в национальное государство. Образовалась крупнейшая в Европе держава, которая с конца XV в. стала называться Россией.

10. Все XVI столетие шло стремительное расширение границ Российского государства. Вслед за Василием III, после регенства Елены Глинской (1533—1538) и боярского правления (1538-1547), политику собирания русских земель успешно проводил Иван IV Грозный (1547—1584). Несмотря на неудачную Ливонскую войну, в результате присоединения к Российскому государству Казанского ханства, Астраханского ханства, присоединения Башкирии, вхождения в состав России народов Западной Сибири, Россия стала одним из крупнейших государств в Европе и Азии.

11. После смерти Василия III идут годы боярского правления Лишь в 1547 г. 18-летний Иван Васильевич официально венчался на царствование. Начальный период его правления ознаменовался крупными внутри- и внешнеполитическими успехами.

12. Реформы Ивана IV 40—50-х гг. XVI в.: 1) при царе сложилась Избранная рада (князь Курбский, Алексей Адашев, митрополит Макарий и др.), которая разработала и провела множественные реформа центрального и местного управления; 2) было создано всесословное высшее государственное учреждение — Земский собор — в противовес Боярской думе, где решались вопросы общегосударственного значения; 3) в 1550 г. был принят новый Судебник, ограничивший права наместников и впервые вводивший наказание за взяточничество; 4) изменилось центральное государственное управление - создана система специализированных приказов; 5) была реорганизована система местного управления; 6) проведена реформа налогообложения; 7)было организовано первое постоянное войско из стрельцов; 8) унифицирована денежная система. Таким образом, проведенная серия реформ повысила централизацию и эффективность управления, оформила государственный аппарат, который до этого времени носил черты великокняжеского правления.

13. В период 1565—1572 гг. политика Ивана IV получила название «опричнина». Государство было разделено на две части опричнину — особый государственный удел, где право подменялось произволом монарха, и земщину под управлением Боярской думы. Целями опричнины были: 1) установление неограниченной власти царя; 2) борьба с феодальной аристократией (самостоятельностью боярства); 3) ликвидация остатков феодальной раздробленности (удельных княжений, Новгородской вольницы). Опричнина привела к перераспределению земельных владений среди господствующих сословий и вылилась в массовый террор. Вначале он был

направлен против аристократии, а затем против всех остальных слоев общества, и особенно городских. В целом задача, поставленная Иваном Грозным, — сломить сопротивление оппозиции, усилить власть царя - была решена. Опричнина объективно способствовала дальнейшей централизации государства. Но, с другой стороны, она имела губительные последствия для экономического и нравственного состояния общества: 1) экономический кризис в стране; 2) следствием сокращения посевных площадей стал голод (500 тыс. умерших); 3) опричнина, разорив крестьян и стимулировав их бегство, послужила одной из причин принятия первых закрепостительных актов. В 1581 г. был издан указ о заповедных годах, в котором запрещались переходы крестьян. Помещики, потеряв крестьян, пытались получить большой оброк с оставшихся; 4) подорваны резервы России в целом.

14. В конце жизни Ивана Грозного ожидала трагедия: вместе со смертью убитого им сына Ивана погибла надежда на достойного преемника на российском троне. Второй сын, Федор, был слабоумным, а третий — Дмитрий — родился лишь в 1582 г. Когда в 1584 г. Иван IV умер, царем был провозглашен Федор, при котором фактически правил Борис Годунов. А после трагической гибели царевича Дмитрия и смерти в 1598 г. бездетного Федора прекратилась династия Рюриковичей на Российском троне. Царем Земский собор избрал Бориса Годунова.

Тема 5. РУССКОЕ ГОСУДАРСТВО В XVII В.

- Смутное время (1598-1613)
- Социально-экономическое развитие России в XVII в.
- Формирование абсолютной монархии в России

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Смутное время (1598—1613) — это период глубокого социально-экономического, политического и духовного кризиса русского общества. Сначала династический кризис — пресечение династии Рюриковичей и борьба боярства за власть. Затем, как результат этой неразборчивой в средствах борьбы с привлечением русских авантюристов и иностранных наемников, — полная потеря государственной власти — государственный кризис. С ослаблением власти нарастал социальный кризис. Он выражался в многочисленных мятежах. В обществе действовал нравственный кризис.

2. Причинами Смуты, по мнению историков, являлись: 1) последствия опричнины Ивана Грозного; 2) стремление различных слоев общества улучшить свое сословное положение; 3) династический кризис; 4) падение нравственности; 5) неурожаи и голод 1,601-1603 гг.; 6) активность казачества в связи с попытками правительства подчинить казацкие земли; 7) иностранная интервенция.

3. Основные события Смутного времени можно разбить на три этапа: 1) 1598-1605 гг. — пресечение династии Рюриков, правление Бориса Годунова,

неурожай и массовый голод в стране (1601—1603), нарастание социальной напряженности в России, воцарение Лжедмитрия I; 2) 1606—1610 гг. — царствование Василия Шуйского; крестьянское восстание под руководством И. Болотникова, начало польско-шведской интервенции, появление Лжедмитрия II (по прозвищу Тушинский вор); 3) 1610- 1613 гг. — правление Семибоярщины; действия первого и второго ополчений, освобождавших Москву от польских интервентов; установление новой династии Романовых (1613).

4. Последствием событий Смуты во внешней политике было восстановление территориального единства России, хотя часть русских земель оставалась за Речью Посполитой и Швецией. Во внутриполитической жизни государства: дальнейшее ослабление позиций боярства, могущество которого было подорвано в годы опричнины; возвышение дворянства, получившего новые поместья и возможности для окончательного закрепощения крестьян; тяжелые экономические потрясения, финансовые проблемы, что повлекло за собой закрепощение посадского и сельского населения; войны XVII в.

5. Основное значение Смуты состоит в том, что, в отличие от многих других гражданских войн во всемирной истории, она завершилась не установлением нового общественного строя, а восстановлением, реставрацией монархической государственности. В конкретных геополитических условиях того времени был избран путь дальнейшего развития России: самодержавие как форма политического правления, крепостное право как основа экономики, православие как идеология.

6. Несколько десятилетий понадобилось, чтобы преодолеть трагические последствия Смутного времени и вывести страну из кризиса. Восстановление экономики и изменения в ней происходили на фоне сильнейших социальных потрясений, не прекратившихся и после окончания Смуты. Медный, Чумной, Соляной бунты, другие городские восстания, выступления стрельцов, мощное движение под предводительством Степана Разина, выступления, связанные с церковной реформой и расколом, сопровождавшим «бунташный» XVII в. буквально на всем его протяжении: последняя дата в истории Московского государства — Стрелецкий бунт 1698 г.

7. В XVII в. происходил дальнейший рост феодальной земельной собственности, передел земель внутри господствующего класса. Новая династия Романовых, укрепляя свое положение, широко использовала раздачу земель дворянам. В центральных районах страны практически исчезло землевладение черносошных крестьян. Запустение центральных уездов в результате длительного кризиса и оттока населения на окраины явилось одной из причин усиления крепостного права.

8. В сентябре 1648 г. в Москве созван Земский собор, который выработал и принял новый Судебник — Соборное уложение (1649). Уложение закрепило статус, обязанности и привилегии основных сословий, отразило такую социальную тенденцию, как возрастание общественного веса и роль средних служилых слоев. Были расширены права поместных

землевладельцев, дворяне получили право наследования поместья, могли обменивать поместья на вотчины. В Уложении по требованию дворян были включены статьи о запрещении расширения церковного землевладения. Одновременно, согласно Соборному уложению, крестьяне окончательно прикреплялись к земле, а посадское население — к посадам. Уложение явилось юридическим оформлением системы крепостничества.

9. В XVII в. наблюдалось перерастание ремесла в мелкотоварное производство. Дальнейшее развитие получили центры металлургии и металлообработки, текстильных изделий, солеварения, ювелирное дело. Все это подготовило базу для появления мануфактур. К концу века в России насчитывалось 30 мануфактур. Но до 90-х гг. XVII в. металлургия оставалась единственной отраслью, где действовали мануфактуры. Кроме частновладельческих мануфактур, основывались казенные, при поддержке государства. Поскольку в стране не было свободных рабочих рук, государство стало приписывать, а позднее разрешило заводам покупать крестьян. Возрастает роль купечества в жизни страны. Большое значение приобрели постоянно собиравшиеся ярмарки: Макарьевская (около Нижнего Новгорода), Свенская (в районе Брянска), Ирбитская (в Сибири), в Архангельске и др., — где купцы вели крупную по тем временам оптовую и розничную торговлю. Наряду с внутренней, росла и внешняя торговля. В XVII в. значительно расширился обмен товарами между отдельными регионами страны, что говорило о складывании всероссийского рынка. Началось слияние отдельных земель в единую экономическую систему.

10. В 1653 г. патриарх Никон, желая укрепить упавший авторитет церкви, стал проводить реформу. Она началась с исправления богослужебных книг и унификации церковных обрядов. Предметом ожесточенных дискуссий, борьбы стала проблема выбора образцов для таких исправлений. Так Никон отстаивал греческие образцы, другая часть духовенства, во главе с протопопом Аввакумом, — древнерусские. Разлад среди духовенства стал предпосылкой церковного раскола в масштабах страны. Раскол русской церкви отразил в себе изменения, произошедшие в духовной сфере. Общество разделилось на приверженцев новизны и почитателей старины. Реформа русской православной церкви создала духовную основу для прозападных преобразований, которые не замедлили последовать в конце XVII — начале XVIII вв.

11. В последней четверти XVII в. в политическом строе страны отчетливо выступают тенденции оформления абсолютизма: 1) в Соборном уложении была узаконена неограниченная власть самодержца, а также укреплена его победа над церковью, которая до этого времени претендовала на самостоятельную политическую роль; 2) роль Боярской думы и Земских соборов падает: последний Земский собор собирался в 1653 г.; из состава Боярской думы выделились Ближняя дума и Расправная палата, решавшие текучие судебные и административные дела; Алексей Михайлович, не желая зависеть от Боярской думы и руководства приказов, создал личную канцелярию — приказ Тайных дел (он стоял выше всех остальных, так как

мог вмешиваться в дела всех государственных учреждений); 3) местничество постепенно отошло в прошлое. Все чаще на важные государственные посты назначили «худородных людей».

12. Внешнеполитический курс России на протяжении XVII в. был нацелен на решение следующих задач: 1) достижение выхода к Балтийскому морю; 2) обеспечение безопасности южных границ от набегов Крымского ханства; 3) возвращение отторгнутых в период Смутного времени территорий; 4) освоение Сибири и Дальнего Востока. Первая задача не была достигнута. Попытка России овладеть побережьем Финского залива в ходе Русско-Шведской войны (1656 - 1658) закончилась неудачно. Вторая задача стала главной во внешней политике России с начала 1670-х гг. Закончившаяся в 1681 г. Русско-Турецко-Крымская война (1676—1681) завершилась признанием права России на Киевские земли. Третья задача решалась Россией на протяжении 1630—1660 гг. Сопровождалась как неудачами в ходе Смоленской войны (1632—1634), так и победами русского оружия на фоне народных восстаний в Белоруссии и на Украине против польских феодалов. Земский собор 1653 г. принимает решение о воссоединении Украины с Россией. В свою очередь Переяславская рада в 1654 г. единодушно высказалась за вхождение Украины в состав России. Начавшаяся война с Речью Посполитой продолжалась 13 лет (1654—1667) и закончилась подписанием «Вечного мира» в 1686 г., по которому к России отошли Смоленщина, Левобережная Украина и Киев. Белоруссия оставалась в составе Польши. Четвертая задача решалась за счет освоения русскими окраин государства и новых земель: была освоена Восточная Сибирь, Чукотка, Камчатка; Приамурье вошло в состав России.

Тема 6. РОССИЯ В XVIII В.

- Модернизация России в правление Петра I
- Эпоха дворцовых переворотов
- Дворянская империя в 60-90-е гг. XVIII в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Несмотря на обозначившуюся тенденцию европеизации России в XVII в., в целом она значительно отставала от уровня развития европейских государств. Архаичная политическая, финансовая и военная система Российского государства не позволяла добиваться ощутимых результатов. Для того чтобы на равных бороться с европейскими державами и Османской империей за выход к морям, нужно было заимствовать отдельные достижения Европы. В этих условиях только модернизация жизни России помогла бы войти в круг европейских государств. Первой попыткой

модернизации России, связанной с разложением феодализма, явились реформы Петра I.

2. В истории петровских реформ исследователи выделяют два этапа: до и после 1715 г. (В.И. Роденко, А.Б. Каменский): на первом этапе реформы носили хаотичный характер и были вызваны в первую очередь военными нуждами государства, связанными с ведением Северной войны. Проводились в основном насильственными методами и сопровождались активным вмешательством государства в дела экономики (регулирование торговли, промышленности, налогово-финансовой и трудовой деятельности). Многие реформы носили непродуманный, поспешный характер, что было вызвано как неудачами в войне, так и отсутствием кадров, опыта, давлением старого консервативного аппарата; на втором этапе, когда военные действия уже были перенесены на территорию противника, преобразования стали более планомерными. Шло дальнейшее усиление аппарата власти, мануфактуры уже не только обслуживали военные нужды, но и производили потребительские товары для населения; государственное регулирование экономики несколько ослабло, торговцам и предпринимателям предоставлялась определенная свобода действий.

3. Важнейшим направлением преобразований Петра I было реформирование государственно-административной системы страны: а) вместо Боярской думы был учрежден Сенат - высший распорядительный орган по судебным, финансовым и военным делам. Он состоял из дворян, приближенных к царю; б) система приказов была заменена 11 коллегиями с четким разделением функций и коллективным принципом принятия решений; в) для контроля над деятельностью государственных органов была создана прокуратура во главе с обер-прокурором; г) была реорганизована система местного управления. Страна разделена на 8 губерний во главе с губернаторами. Губернии делились на провинции, провинции на уезды. Городское управление было передано городским магистратам, члены которых избирались из купцов пожизненно; д) упразднено патриаршество и введено государственное управление православной церковью посредством нового органа — Святейшего синода, состоявшего из назначенных царем представителей духовенства; е) изменилась система престолонаследия (Указ 1722 г.), теперь монарх сам назначал себе преемника; ж) в 1721 г. Россия провозглашена империей.

4. В период осуществления петровских реформ произошли изменения в положении социальных групп в социально-сословной структуре общества: а) завершился процесс формирования дворянского сословия; б) издан указ о единонаследии, который юридически уравнял вотчинную и поместную собственность, Наследником недвижимости мог стать только один из наследников, а остальным доставалось движимое имущество (фактический запрет на дробление поместий при наследовании); в) введение обязательной службы для дворян, при которой принцип прохождения («породы») заменен принципом выслуги; г) издание в 1722 г. Табеля о рангах, который разделил все военные и гражданские должности на 14 чинов, теперь прохождение от

чина к чину зависело не от знатности рода, а от личных достоинств дворян.

5.Сущность военной реформы Петра 1 состояла в ликвидации дворянского ополчения и организации постоянной регулярной армии с единообразной структурой, вооружением, обмундированием и уставом. Введена рекрутская система на основе сословно-крепостнического принципа. Создан военно-морской флот.

6. В области экономики главным направлением стало создание мануфактур, сначала казной, а затем и частными лицами. Владельцы мануфактур получили право покупать крестьян, но не в личную собственность, а только для работы на данном предприятии (посессионные крестьяне). Возникали новые отрасли: судостроение, стекольное и фаянсовое дело, шелкопрядение, производство бумаги. В области внутренней и внешней торговли господствовала политика меркантилизма и протекционизма.

7. Реформы Петра I в области образования и культуры были направлены на просвещение общества, реорганизацию системы образования: а) была создана сеть школ начального обучения (цифирные школы); б) созданы специальные школы с профессиональной подготовкой: горная, канцелярская, школа переводчиков; в) организованы специальные технические учебные заведения: навигационная, артиллерийская, инженерная, медицинская школы; г) в 1725 г. — в Петербурге открыта Академия наук. Большое значение сыграла реформа гражданского шрифта, что способствовало более массовому потреблению книжной продукции; началось издание газеты «Ведомости». Был реформирован быт господствующего класса по западному образцу: бритье бород, ношение платьев по иноземным образцам. Упрощен дворцовый быт. Он стал более динамичен: на знаменитых ассамблеях не только пили и плясали, но и решали деловые вопросы. Все культурные преобразования касались только верхов общества.

8. Вся реформаторская деятельность Петра I была тесно связана с активной внешней политикой, борьбой за выход к Балтийскому, Черному и Каспийскому морям.

Первые Азовские походы совершены были еще в конце XVII в.: в 1695 г. — осада турецкой крепости Азов была неудачной, так как не было флота. После строительства 30 кораблей в 1696 г. Азов был взят и основана крепость Таганрог, но в 1710 г. пришлось отдать эти завоевания. Выйти к Черному морю не удалось.

Основные военные действия Петр I вел со Швецией в ходе Северной войны (1700—1721), шла война за Балтику. 30 августа I 1721 г. был заключен Ништадтский мир: к России были присоединены: Эстландия, Лифляндия, Ингрия с Петербургом и I часть Карелии. Это был выход к Балтийскому морю. Россия стала великой морской державой. Был еще Персидский поход (1722—1723), в результате которого удалось получить западный берег Каспия, но вскоре пришлось его вновь отдать.

9. Оценка реформаторской деятельности Петра I далеко неоднозначна. Это был яркий пример реформ «сверху»: а) сделан огромный вклад в

превращение России в империю с мощной армией и флотом. В конце своей жизни Петр I назвал Россию империей, хотя это не соответствовало реальности; б) создание промышленного производства способствовало гигантскому скачку производительных сил. Однако форсированное строительство делалось по западному образцу и проводилось жесткими методами, что привело к более грубой эксплуатации, чем даже суровые формы феодальной зависимости. Произошло огосударствление экономики и дальнейшее усиление крепостничества; в) проводимые реформы в области культуры приведи к механическому перенесению культурных стереотипов Запада на русскую почву, что способствовало появлению тенденции подавления национальной культуры.

10. Смерть Петра I в 1725 г. привела к длительному кризису власти, Этот период в нашей истории получил название «дворцовые перевороты». За 37 лет от смерти Петра I до воцарения Екатерины II трон занимали шесть царственных особ, получивших престол в результате сложных дворцовых интриг или переворотов.

11. Дворцовые перевороты были связаны с тремя моментами: 1) указ о наследии престола 1722 г., предоставлявший монарху право назначать наследника, и при каждом новом царствовании возникал вопрос о преемнике престола; 2) переворотам способствовала незрелость русского общества, явившаяся следствием петровских реформ; 3) после смерти Петра I ни один дворцовый переворот не обошелся без вмешательства гвардии. Она была военной и политической силой, наиболее близко стоявшей к власти, четко осознававшей свои интересы при том или ином перевороте. В нее входили в основном дворяне, поэтому гвардия отражала интересы значительной Части своего сословия.

12. После смерти Петра I гвардейцами на престол была возведена его жена Екатерина I (1725—1727). При ней был создан Верховный тайный совет (А.Д. Меньшиков, Д.М. Голицын и др.). GoBeT удерживал власть и при внуке Петра I - Петре II (1727—1730) до ссылки Меньшикова в 1727 г.

13. Совет превратился в орган старой родовитой знати и после смерти Петра II возвел на престол племянницу Петра I, вдовствующую герцогиню Курляндии Анну Иоанновну (1730- 1740), с условиями ее марионеточной власти. Но прибыв в Москву, получив челобитные дворянства, она демонстративно порвала договор с Верховным тайным советом, упразднила его, передала управление Кабинету министров. Но власть во многом принадлежала фавориту императрицы Бирону и приближенным из прибалтийских немцев. Анна Иоанновна усиливает дворянские привилегии: сокращает срок службы дворян в армии до 25 лет, отменяет обязательное единонаследие, создает привилегированные учебные заведения для дворян, издает указы об исключительном праве дворян на владение землей и крепостными и праве дворян ссылать крестьян в Сибирь. После смерти императрицы престол занял сын ее племянницы Иван Антонович (при регентстве его матери Анны Леонидовны).

14. В 1741 г. гвардейцы, возмущенные засильем немцев, возвели на

престол дочь Петра I Елизавету Петровну (1741-1761). При ней была сделана попытка восстановления роли органов правления, созданных Петром I, продолжена его политика на развитие российской промышленности; произошло ужесточение религиозной политики были приняты указы о выселении из России лиц иудейского вероисповедания, о перестройке лютеранских храмов в православные; произошло значительное расширение дворянских льгот (учреждение дворянских заемных банков, предоставление дешевого кредита, монопольное право на винокурение и др.).

15. После смерти Елизаветы Петровны на престол взошел ее племянник Петр III. За шестимесячное царствование Петр III принял 192 указа. Наиболее важным был «Манифест о вольности дворянству» (1762), которым дворяне освобождались от обязательной службы государству, получали возможность жить в своих поместьях, свободно выезжать за границу и даже поступать на службу к иностранным государям. Наступил золотой век дворянства. Была объявлена секуляризация церковных земель в пользу государства, что укрепляло государственную казну (окончательно указ был проведен в жизнь Екатериной II в 1764 г.); произошла ликвидация тайной канцелярии, упразднялись торговые монополии, стеснявшие развитие предпринимательства, провозглашалась свобода внешней торговли. Однако эти меры были задуманы еще в предыдущее царствование и осуществлены по инициативе приближенных к императору сановников. Петр III отрицательно относился ко всему русскому, перекраивание многих порядков по западному образцу оскорбляло национальные чувства русских людей. В результате 28 июня 1762 г. произошел дворцовый переворот и на престол была возведена жена Петра Ш Екатерина II, а спустя несколько дней он был убит.

16. Внешняя политика русских императоров в период дворцовых переворотов определялась выходами к морям. Война с Турцией (1735—1739) дала России устье Дона с Азовом. Война со Швецией (1741 — 1743) подтвердила приобретения России в Прибалтике. В 1756—1763 гг. шла Семилетняя война России в союзе с Австрией, Францией. Швецией против Пруссии, входе которой русская армия в 1760 г. заняла Берлин и Фридрих II готов был на любых условиях подписать мирный договор, но ставший после смерти Елизаветы Петровны императором Петр 111 заключил в 1762 г. с Пруссией мир, отказавшись от всех завоеваний.

17. Екатерина II, воспитанная на идеях французского просвещения, в первый период своего царствования пыталась смягчить нравы российского общества, упорядочить общественное законодательство, ограничить крепостное право. Ею был написан «Наказ», который должен был служить руководством для будущего законодательного собрания. С одной стороны, в этом документе проводилась мысль о разделении властей и создании элементов правового государства, с другой — в нем не было и речи о ликвидации самодержавия, робко говорилось о смягчении крепостного права. Поскольку идейно эта программа, а следовательно, и внутренняя политика Екатерины основывались на принципах просвещения, то и сам этот период в

русской истории получил название «просвещенного абсолютизма».

18. Российский просвещенный абсолютизм характерен такими мероприятиями, в которых были заинтересованы дворяне и государство, но которые в то же время способствовали развитию нового капиталистического уклада. Важной чертой политики просвещенного абсолютизма было стремление монархов ослабить остроту социальных противоречий путем совершенствования политической надстройки.

19. Самым крупным мероприятием просвещенного абсолютизма был созыв Уложенной комиссии в 1767 г. с целью переработки российского законодательства. Но комиссия не смогла разработать новое законодательство Российской империи, так как невозможно было сочетать либеральные идеи «Наказа» с реальностью российской жизни, противоречивыми нуждами и пожеланиями различных групп населения. На свертывание политики просвещенного абсолютизма повлияли два события XVIII в.: Крестьянская война под руководством Е. Пугачева в России и Великая французская революция в Европе.

20. Несмотря на неудачу в составлении Российского законодательства, Екатерина И все же провела ряд реформ в духе просвещенного абсолютизма, особенно в период до 1775 г.: 1) сенат был разделен на 6 департаментов со строго определенными функциями каждого. Во главе их стояли обер-прокуроры, подчинявшиеся генерал-прокурору; 2) был создан императорский совет при императрице из ближайших и влиятельных сановников; 3) в 80-х гг. XVIII в. были ликвидированы коллегии (кроме четырех), замененные губернским правлением; 4) все монастырские земли были переданы государству; 5) в 1775 г. проведена губернская реформа. Она стала важным этапом в превращении России в унитарное государство путем создания единообразной системы управления всей территории империи; 6) в 1785 г. издана «Жалованная грамота дворянству», определившая статус дворянства и закрепившая все его права и привилегии, полученные к этому времени; 7) в 1785 г. была издана «Грамота на права и выгоды городам Российской империи», по которой все городское население было разделено на шесть категорий, купцы делились на три гильдии; 8) в России было впервые введено бумажное денежное обращение, приведшее в первое время к инфляции и вызвавшее недовольство большинства населения.

21. К концу XVIII в. в социально-экономическом развитии России наблюдается, что, с одной стороны, процесс складывания капиталистических отношений стал необратимым; происходит рост товарно-денежных отношений и разрушается натуральная замкнутость помещичьего и крестьянских хозяйств; увеличивается количество мануфактур, основанных на применении наемного труда; развивается промысловая деятельность; с другой - идет усиление крепостнического гнета, которое характеризуется увеличением барской и уменьшением крестьянской запашки, ростом барщины и оброка, правом помещика ссылать провинившихся крестьян в Сибирь на поселение и на каторгу, распространением крепостничества на Левобережную Украину; как результат кризиса феодально-крепостнической

системы, произошла Крестьянская война под руководством Е. Пугачева (1773—1775).

22. В исторических исследованиях нет единства в опенке деятельности Паата 1. Одни историки называют время его правления непросвещенным абсолютизмом», другие - «военно-политической диктатурой». Реформы его носили противоречивый характер. Произошло усиление централизации государственного управления и упразднение элементов самоуправления в губерниях и городах (восстановлены ряд коллегий, ликвидированы управы и городские думы); изменилась система престолонаследия (возврат к допетровским принципам); были ограничены привилегии дворянства (призывы к обязательной службе, установление налога с дворян, введение телесных наказаний); ослаблен крепостной гнет (ограничение барщины тремя днями, запрет на продажу крестьян без земли, массовая раздача казенных земель с крестьянами в качестве пожалований); осуществление финансовой стабилизации (изъятие бумажных ассигнаций из оборота); регламентация и унификация сторон жизнедеятельности общества (запрет на ношение шляп и пр., запрет на ввоз иностранных книг). Следствием непредсказуемости политики императора и ее опасности для дворянской элиты станет последний дворцовый переворот и убийство Павла I 12 марта 1801 г.

23. Задачами во внешней политике второй половины XVJ11 в. были: во-первых, борьба за выход к Черному морю; во-вторых, освобождение от иностранного господства земель Украины и Белоруссии и объединение в одном государстве всех восточных славян; в-третьих, борьба с революционной Францией в связи с начавшейся в 1789 г. Великой французской революцией; в- четвертых, утверждая свои интересы в европейской политике, Россия стремилась сыграть роль гаранта независимости английских колоний в Северной Америке; соблюдение интересов России в этом регионе — участие в колонизации Северной Америки. В результате: 1) в ходе двух Русско-Турецких войн (1768- 1774 и 1787—1791) Россия получила территории в Северном Примерн Орье, Кабарду, территории между Бугом и Днестром, Очаков и Крым — это был выход к Черному морю; 2) в результате трех разделов Речи Посполитой (1772, 1793, 1795) к России отошли Белоруссия, Правоберсжная Украина, Литва и герцогство Курляндское. Была стабилизирована обстановка на западных границах, получен непосредственный доступ к странам Центральной Европы; 3) вступив в антинаполеоновский союз европейских монархов, где главным партнером России была Англо-российская армия под руководством А.В. Суворова, вместе австрийцами, в трех сражениях в Северной Италии в 1799 г. раз била французские войска, совершила переход через Альпы Швейцарию, но в 1800 г. Павел I заключил союз с Наполеоном разорвал отношения с Англией, отозвав русскую армию Россию; 4) в 1780 г., в период войны североамериканских колоний за независимость, Россия выступила с Декларацией в вооруженном нейтралитете, ограничившей действия британского флота. К Декларации присоединились и другие

европейские страны фактически поддержав североамериканские колонии и подняли международный престиж России. Таким образом, благодаря активной внешней политике Россия во второй половине XVIII в стала великой европейской державой. Но в социально-экономическом плане Россия оставалась отсталой страной, что делало ее положение в системе европейской цивилизации нестабильным, противоречивым.

Тема 7 - 8. РОССИЯ В XIX В.

- Внутриполитическое развитие России | в первой половине XIX в.
- Социально-экономическое развитие России в первой половине XIX в.
- Великие реформы Александра II
- Контрреформы Александра III
- Общественная мысль и общественные движения в России XIX в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. К началу XIX в. Россия оставалась аграрной страной. Более 90% ее населения составляло крестьянство. Сельское хозяйство было основной отраслью экономики страны, носило экстенсивный характер. Сохранялись многочисленные феодальные пережитки. В политической сфере — абсолютная самодержавная власть; в экономической — помещичье землевладение; в социальной - сословная структура общества, господствующее положение дворянства.

2. Во внутренней политике Александра I характерной чертой царствования становится борьба двух течений — либерального и консервативно-охранительного — и лавирование императора между ними. Исследователи выделяют в царствовании Александра I два периода: 1) 1801—1812 гг. — подготовка реформ 11 и стремление провести широкомасштабные преобразования либеральной направленности; 2) 1814—1825 гг. — во внутренней политике стали преобладать консервативные тенденции.

3. Реформаторская деятельность Александра I (1801-1812): были проведены реформы в области образования, изменение 11 органов центрального управления (реформирован сенат, заменены коллегии министерствами), предприняты попытки решения аграрного вопроса «Указ о вольных хлебопашцах» (1803 — начало крестьянской реформы в Прибалтике). В 1809 г. М.М. Сперанским был разработан проект государственных преобразований, по которому Россия должна была превратиться из самодержавной в конституционную монархию. Александр I одобрил этот проект, но принять его не решился.

4. Внутренняя политика (1814-1825): примерно до 1819 г. наряду с

проведением реакционных мер российского самодержавия, усилением цензуры, ограничением самостоятельности университетов, борьбой с общественной мыслью, имели место и некоторые либеральные преобразования: дарована конституция царству Польскому, отменено крепостное право в Прибалтике, велась разработка проекта конституции Н.Н. Новосильцевым. С 1820 г. наблюдается усиление консервативных тенденций. Итогом царствования Александра I стала дальнейшая бюрократизация системы и консервация политического и социально-экономического развития страны.

5. Во внешней политике Александр I стремился укрепить свое влияние в Европе, продвинуться в Закавказье и на Балканы. Союз с Англией был восстановлен. Россия приняла участие в III и IV антифранцузских коалициях. III коалиция распалась после крупного поражения русско-австрийских войск при Аустерлице в 1805 г. IV коалиция была разбита в 1806—1807 гг. Русские войска потерпели поражение под Фридландом в 1807 г. Это вынудило Александра I подписать Тильзитский мирный договор с Наполеоном, по которому к России отходили Белостокская область, из Прусской части Польши образовывалось герцогство Варшавское, Россия присоединялась к континентальной блокаде Англии. В результате Русско-Шведской войны 1808—1809 гг. Россия получила: Финляндию (которая была автономной в составе империи) и Аландские острова. В ходе Русско-Турецкой войны 1806—1812 гг. к России была присоединена восточная часть Молдавии; в Русско-Иранской войне 1804— 1813 гг. к России отошел Азербайджан и она получила право держать флот на Каспии, кроме того, в состав Российской империи добровольно вошла Грузия. В ночь с 11 на 12 июня 1812 г. французская армия форсировала Неман и вторглась в пределы России — началась Отечественная война 1812 г. — величайшее событие в русской истории. В ходе войны проявились мужество и героизм русских людей, особенно в Смоленском и Бородинском сражениях, боях под Малоярославцев и у реки Березины. Погибло около 2 млн чел. Изгнание французов из России не означало окончания борьбы с Наполеоном. 1813—1814 гг. ознаменовались заграничными походами русской армии. Как итог, в результате решений Венского конгресса 1814 г. Россия получила почти всю Польшу, ее влияние в Европе значительно возросло. В 1815 г. Александром I был создан Священный союз в составе России, Пруссии, Австрии и Англии, целью которого была борьба с любыми революционными проявлениями на континенте и сдерживанием многих народов в искусственных границах, созданных решениями венского конгресса.

6. Время царствования Николая I характеризуется максимальной военизацией, бюрократизацией и централизацией управления. На многие должности были поставлены военные. В армии укреплялась палочная дисциплина, что снижало ее боеспособность. Бюрократический аппарат рос стремительно от 15 тыс. в начале XIX в. до 86 тыс. в 1857 г. Известна фраза Николая I, что «Россией правят столоначальники». Возвращенный на государственную службу М.М. Сперанский кодифицировал законодательство.

Реорганизуется «Собственная Его Императорского Величества Канцелярия». Увеличивается количество отделений до шести. Одним из них становится третье — «Высшая полиция», под контроль которого была поставлена вся политическая и духовная жизнь страны. Николай I пытался решить крестьянский вопрос (реформа П.Д. Киселева в государственной деревне; указ об обязательных крестьянах), но помещики проигнорировали эти мероприятия государственной власти.

7. Основные направления внешней политики Николая I - борьба с революцией в Европе и решение восточного вопроса. Для воссоздания Священного союза Николай I готов был идти на ряд уступок в восточном вопросе. Россия одержала победу в войне с Ираном в 1826—1828 гг. и присоединила восточную Армению; Русско-Турецкая война 1828—1829 гг. завершилась присоединением основной территории Закавказья; Молдавия, Валахия, Сербия, а через год Греция получили автономию. В 1833 г. Николай I возобновляет договор о взаимопомощи с монархами Австрии и Пруссии. В 1841 г. Россия подписывает Лондонскую конвенцию, которая устанавливала над Турцией и проливами контроль четырех держав (Англии, России, Австрии, Пруссии). В конце 40-х гг. XIX в. разразился очередной революционный кризис в Европе. Россия приняла участие в подавлении революционных выступлений в Европе. Она превратилась в «жандарма Европы». После разгрома революций опять встал «восточный вопрос», состоящий из трех основных проблем: судьба балканских народов, режим черноморских проливов и судьба самой Османской империи. Николай I рассчитывал на поддержку Англии, но его расчеты не оправдались, и русским войскам пришлось столкнуться не с ослабевшей Османской империей, а с коалицией стран Европы, которые были не заинтересованы в усилении России на Ближнем Востоке. Как следствие, проиграна Крымская война 1853—1856 гг., подписан Парижский мирный договор (1856), по которому Россия теряла устье Дуная, возвращала Карс в обмен на Севастополь и другие города Крыма и лишалась права иметь да Черном море военный флот и укрепления.

В 1817—1864 гг. Россия завоевала территории горских народов, Кавказа. Наиболее тяжелой была борьба за Чечню и Дагестан, где сложилось теократическое государство — имамат.

8. Александр II после внезапной смерти отца Николая I, проигранной, но, еще не законченной Крымской войной, оказался перед проблемой, продолжать прежний курс или находить пути выхода из острейших ситуаций. Он смог понять насущность коренных преобразований и настоять на проведении их в жизнь. По положению 19 февраля 1861 г. крестьяне становились лично свободными и освобождались с заранее определенным для различных регионов страны минимальным наделом земли. Так Начиналась великая крестьянская реформа.

9. Продолжением отмены крепостного права в России были развитие системы государственных учреждений, земская, городская, судебная, военные реформы. Их основная цель — привести государственный строй и

административное управление в соответствие с новой социальной структурой, в которой крестьянство получило свободу.

10. Земская и городская реформы (1864, 1870) создавали органы самоуправления в уездах, губерниях и городах. Прерогативы их ограничивались хозяйственными функциями.

11. Наиболее радикальной была судебная реформа (1864). Она впервые в России вводила гласный, бессословный и независимый от администрации суд, основанный на принципах состязательности сторон. Появились судебные следователи, адвокаты, присяжные заседатели, определявшие виновность или невиновность подсудимого. Для крестьянства сохранялся волостной суд, для духовенства оставался особый (консистория).

12. Реформа в области просвещения (60—70-е гг. XIX в.) провозглашала равенство сословий и вероисповеданий в мужских гимназиях и созданных реальных училищах. Университетам была возвращена автономия. Были учреждены женские гимназии и высшие женские курсы. Восстановлена преемственность высшей и средней ступеней образования.

13. Военная реформа (1874) предусматривала введение всеобщей воинской повинности, отмены телесных наказаний, сокращения сроков службы, были введены новые уставы, открыты юнкерские училища и военные гимназии, где могли учиться выходцы из всех сословий.

14. Реформы 60-70-х гг. XIX в. значительно продвинули Россию по пути экономической и политической модернизации. Однако эра реформ оказалась кратковременной. Реформы не коснулись политического переустройства страны. Сохранились самодержавие и полицейский строй, унаследованный от прошлых эпох.

15. Гибель Александра II стала окончанием эпохи Великих реформ, наступило время контрреформ «патриархального правления» Александра III. Целью данной политики было восстановление принципа сословности, усиление позиций дворянства во всех сферах жизни общества и усиление правительственной власти на местах. Политика контрреформ не была полностью реализована, вступив в явное объективное противоречие с ходом исторического развития России.

16. Развитие русского капитализма второй половины XIX в. имело ряд особенностей: сохранялась многоукладность промышленности; происходило неравномерное размещение промышленности по территории России и по отраслям; огромную роль в развитии экономики играло государство; фактором, ускоряющим развитие, было внедрение в русскую экономику иностранного капитала; сельское хозяйство развивалась по экстенсивному пути; произошло завершение промышленного переворота за короткие сроки, и были созданы предпосылки к индустриализации.

17. Во внешней политике России во второй половине XIX в. можно выделить три основных направления: 1) европейское - борьба за пересмотр тяжелых условий Парижского мирного дог говора, укрепление позиций России на Ближнем Востоке и Балканах; 2) завершение процесса территориального формирования Российской империи: присоединение

Средней Азии и дальнего востока, война на Кавказе; 3) участие России в формировании военно-политических блоков. Новым союзником России в Европе стала Пруссия. Россия поддерживала стремление прусского канцлера О. Бисмарка к объединению германских земель в 1870—1871 гг. В результате А.М. Горчаков добился отмены ограничительных статей Парижского мирного договора о нейтрализации Черного моря. В 1872—1873 гг. был образован «Союз трех императоров» (Россия, Германия, Австрия), опираясь на: который, Россия успешно соперничала с Англией в Средней Азии. В результате в сферу влияния Российской империи попали: Казахстан, Кокандское и Хивинское ханства, Бухарский эмират. В 1885 г. был присоединен Туркменистан, и буфером между английской и русской сферой влияния стал Афганистан. Однако «Союз трех императоров» оказался не прочным это показала - Русско-Турецкая война 1877— 1878 гг., в результате которой был подписан Сан-Стефанский мирный договор, а Сербия, Румыния и Черногория получили независимость; Турция уплачивала России контрибуцию; Карс, Ардаган, Баязет, Бостуж и Южная Бессарабия переходили к России. Однако, под натиском европейских держав Россия согласилась на пересмотр условий договора. Изоляция России во многом была обеспечена Германией. В 1882 г. был создан Германо-Австрийско-Итальянский союз против Англии и Франции. Это заставило Россию искать союзника в лице Франции. Между странами была заключена военная конвенция. В Европе возникли два военно-политических блока.

Россия активизировалась на Дальнем Востоке: в 1855 г. между Россией и Японией был заключен договор о мире и дружбе: он закреплял право России на северную часть Курильских островов, а остров Сахалин объявлялся совместным владением. С 1875 г. — остров Сахалин считается исключительно российским. В 1860 г. было подписано русско-китайское соглашение, где за Россией закреплялся Уссурийский край. В 1867 г. Аляска была продана США.

18. Первой серьезной попыткой со стороны общества противостоять власти было движение декабристов. Оно возникло среди радикально настроенного дворянства, потерявшего надежду на мирное преобразование России под влиянием идей просвещения, революционных процессов 20-х гг. в Европе. Участники выдвигали идеи буржуазных преобразований в России: введение конституции, отмену крепостного права, ликвидацию сословий и т.д.

19. После подавления движения декабристов появляются новые общественные движения. В 30-40-х гг. XIX в. начинается размежевание трех идейных направлений: радикального, либерального и консервативного. Консерватизм выразился в разработанной министром просвещения С.С. Уваровым теории официальной народности, где отражались идеи о единении, добровольном союзе государя и народа, об отсутствии противоположных классов в русском обществе. Среди оппозиционных правительству либералов сложилось два идейных течения - славянофильство и западничество, где в основном разворачивались дискуссии об историческом пути развития России.

Радикально настроенные В.Г. Белинский, А.И. Герцен, Н.П. Огарев, критикуя современное положение России, считали, что необходимо не только догнать Европу, как считали западники, но вместе с ней перейти к принципиально новому строю - социализму. Основой русского социализма, по их мнению, должна была стать крестьянская община. Радикалы считали, что реформы можно провести только революционным путем.

20. Радикальное направление во второй половине XIX в. было представлено выходцами из разных слоев общества, которые стремились представлять интересы рабочих и крестьян. Исследователи выделяют три этапа в их развитии: 60-е гг. - складывание революционно-демократической идеологии (основанной на взглядах славянофилов и идеях А.И. Герцена о русском общинном социализме, к которому можно перейти, по их мнению, минуя капитализм) и создание разночинских кружков; 70-е гг. - оформление народнического направления и деятельность организаций народников; 80-90-е гг. активизация либеральных народников и начало распространения марксизма, на основе которого созданы первые социал-демократические группы, а в марте 1898 г. появляется первая социал-демократическая партия в России - РСДРП.

Тема 9 - 10. РОССИЯ В XX В.

- Россия в начале XX в.: реформы, войны, революции (1900-1917)
- Россия в 1918-1920 гг.: гражданская война, интервенция, политика «военного коммунизма»
- Социально-экономическое и политическое развитие СССР в 1920-1930 гг.
- СССР в годы Великой Отечественной войны (1941-1945)
- СССР во второй половине XX в. (1945-1985): социально-экономическое и политическое развитие
- Советский Союз в 1985-1991 гг. Распад СССР
- Россия в 1990-е гг.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В начале XX в. Россия оставалась самодержавной монархией. Правительственные органы власти не формировались. Вся законодательная, распорядительная и исполнительная власть концентрировалась в руках императора. Для Николая II было весьма характерно назначать на ответственные посты своих родственников — великих князей Романовых, независимо от их личных качеств и способностей. Постепенно политическая формула «добрый царь - плохое окружение» получала все большее распространение в различных слоях общества.

2. Экономике России в начале XX в. была характерна цикличность - свойство, присущее мировому капитализму (периоды спада и подъема промышленного развития). Развитие российской экономической системы имело ряд особенностей: а) сочетание современной капиталистической промышленности и финансово-банковской системы с отсталым аграрным сектором, сохранившим полукрепостнические формы собственности и методы хозяйствования; б) сохранение самодержавия с его мощным бюрократическим аппаратом; в) относительная слабость российской буржуазии; г) активное вмешательство государства в экономику и складывание системы государственно- монополистического капитализма; д) сравнительно невысокая активность в вывозе капиталов за границу из-за нехватки отечественных капиталов и возможности их вывоза на окраины империи; е) большая доля иностранного капитала, который доминировал в тяжелой промышленности; ж) ускорение процесса монополизации и сращивания промышленного и финансового капитала — образование промышленно-финансовых групп, занявших господствующее положение в экономике.

3. Невзирая на высокие темпы экономического развития, Россия в начале XX в. оставалась среднеразвитой аграрно-индустриальной страной с отчетливо выраженной многоукладностью экономики.

4. Социально-политическая система России в начале XX в. представляла собой сочетание старых элементов, обусловленных сохранением пережитков крепостничества, и новых, вызванных развитием капитализма. С одной стороны, сохранялось привилегированное положение дворян, владевших лучшей и большей частью земель, занимавших важнейшие посты в государственном аппарате; господство командно-административной системы; отсутствие демократических свобод; малоземелье крестьян, их привязанность к общине и неполноправие; высокая степень эксплуатации рабочих; угнетение народов национальных окраин: отсутствие права получать образование на родном языке, издание национальных газет и журналов; с другой — укрепление экономических позиций буржуазии и рост ее политических амбиций; увеличение численности пролетариата за счет обедневших горожан и обнищавших крестьян, ушедших в город на заработки; усиление роли рабочего движения, его характера и форм; ухудшение материального положения трудящихся из-за мирового экономического кризиса 1900-1903 гг., особенно проявившегося в России.

5. К началу XX в. в России сложились следующие группы противоречий: дворянство-буржуазия, дворянство-крестьянство, буржуазия-пролетариат, власть—народ, интеллигенция- народ, интеллигенция—власть, национальные проблемы. Незрелость средних слоев, разрыв «верхов» и «низов» обусловливали нестабильное, неустойчивое состояние российского общества.

6. Важнейшим направлением внешней политики в начале XX в. стало дальневосточное. С 90-х гг. XIX в. начинается активное проникновение

российских капиталов в Китай. Это привело к столкновению с Японией, которую поддерживали европейские страны и США, стремившиеся разделить Дальний Восток сферам влияния. Накопившиеся противоречия между Россией и Японией из-за владении в Китае стали главной причиной Русско-Японской войны 1904-1 905 гг. Война имела несправедливый характер с обеих сторон. Япония стремилась к Тихоокеанском регионе под лозунгом «Великой Азии»; Россия вступая в войну, надеялась на патриотический подъем и пыталась отвлечь народ от революции. Война закончилась поражением России. По мирному договору (1905) Россия признавала Корею сферой влияния Японии, Япония получила во владение Южный Сахалин, право рыбного промысла часть русских берегов, а также право на аренду Ляодунского полуострова и Порт-Артур. Влияние России на Дальнем Востоке было подорвано. Поражение в войне стало мощным фактором, ускорившим революцию 1905—1907 гг.

7. Причинами первой буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. стали: нерешенность аграрного, рабочего и национального вопроса, а также противостояние самодержавия и общества, вызванного отсутствием политических свобод и парламента как формы представительной власти.

8. Первую буржуазно-демократическую революцию можно разбить на 3 этапа: 1) 9 января — сентябрь 1905 г. — начало и развитие революции: массовые антиправительственные выступления всех слоев общества по всей территории страны; октябрь—декабрь 1905 г. — высший подъем революции: Октябрьская всеобщая всероссийская стачка, выступления крестьян, восстание в армии и на флоте, образование политических партий, декабрьское вооруженное восстание в Москве; январь 1906 — 3 июня 1907 гг. — спад и отступление революции: постепенное уменьшение силы стачек рабочих, новый размах выступлений крестьян, продолжение освободительного движения в национальных районах; возникновение парламентаризма в России, деятельность I и II Государственных дум — достижение некоторого ограничения самодержавия.

9. Главным итогом первой русской буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. было изменение социально- политической системы в России; самодержавие было ограничено двухпалатным парламентом; Государственный совет и Государственная дума; введены свободы: слова, партий и союзов, отменена цензура; сократилась продолжительность рабочего дня до 9—10 ч; отменены выкупные платежи с крестьян, начата столыпинская аграрная реформа. Вместе с тем оставался нерешенным аграрный вопрос, сохранялось множество феодальных пережитков и привилегий.

10. После отступления первой российской революции начался непродолжительный период реформирования страны, связанный с именем председателя Совета министров Петра Аркадьевича Столыпина. В основе его реформ лежали изменения в отношениях собственности в деревне. Основной целью столыпинской аграрной реформы являлось создание класса собственников как социальной опоры самодержавия и противника

революционных движений. Основными положениями реформы стали: а) разрешение выхода крестьян из общины с правом закрепления в частную собственность принадлежащих им земельных наделов в форме хуторов или отрубов; б) передача крестьянскому банку казенных земель для продажи их нуждающимся крестьянам; в) организация переселенческого движения в Западную Сибирь с целью наделения безземельных и малоземельных крестьян землей; г) широкое строительство сельских школ и вовлечение в систему народного образования огромных масс населения. Однако результаты реформы крайне противоречивы: с одной стороны, ускорился процесс расслоения крестьянства, укрепилась устойчивость сельского хозяйства, его товарность и связь с рынком, стала формироваться сельская буржуазия; с другой, значительная часть крестьянства не приняла реформ, ускорилось разорение крестьянства, уходившего на заработки в город, правительство не обрело в деревне социальной опоры. Реформа не удовлетворила потребности крестьянства в земле и, следовательно, не смогла решить аграрно-крестьянский вопрос. Реформирование страны «сверху» потерпело неудачу, что в конечном итоге предопределило потрясения 1917 г.

11. Причины Первой мировой войны (1914—1918) заключались в противоречиях между ведущими европейскими державами, в обострении их борьбы за сферы влияния. Накануне войны сложилось окончательное противостояние двух блоков держав; Антанты (Россия, Англия, Франция) и Четвертного союза (Германия, Австро-Венгрия, Турция, Италия). Поводом к началу войны послужило убийство австро-венгерского наследника престола Фердинанда в столице Боснии Сараево. Поскольку его убийцей был серб, Австро-Венгрия обвинила в организации покушения Сербию. 28 июля 1914 г., через месяц после сараевского убийства, Австро-Венгрия объявила войну Сербии. 30 июля 1914 г. в России началась мобилизация. 19 июля (1 августа) 1914 г. Германия объявила России войну, объясняя свой шаг начавшейся в России мобилизацией. В июле-августе в войну вступили Франция и Англия. Таким образом, война приобрела характер мировой. В военные действия постепенно вступили 38 государств с населением около 1 млрд человек. Россия оказалась вынужденной вступить в войну, не завершив перевооружения армии и флота. 1914 г. — военная кампания не принесла успеха ни одной из сторон; 1915 г. — поражение русской армии в военной кампании. Россия потеряла Польшу, часть Прибалтики, Белоруссии и Украины; 1916 г. — основные военные действия разворачиваются на Западном фронте. Май-июнь 1916 г. — Брусиловский прорыв на Юго-Западном фронте против Австро-Венгрии; 1917 г. — поражение русских войск в условиях революции. Переговоры большевиков о мире; 1918 г., март — подписание сепаратного мира в Брест-Литовске с Германией; ноябрь — поражение Германии и ее союзников от Антанты. Однако Первая мировая война так и не смогла разрешить всех противоречий между ведущими капиталистическими странами, что подготовило почву для возникновения нового мирового конфликта.

12. В начале 1917 г. в России назрел новый революционный кризис,

который привел к разрушению многовековой российской монархии. Основной причиной событий февраля 1917 г. была незавершенность задач первой буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. (нерешенность аграрного, рабочего, национального вопросов, а также существование самодержавия). Условиями, ускорившими наступление революции, стали: 1) поражения России на фронте, значительные людские потери, усталость населения от войны; 2) кризис власти — «министерская чехарда», падение авторитета царя («распутивщи- на»), противостояние Государственной думы и правительства; 3) хозяйственный кризис; 4) ухудшение материального положения трудящихся; 5) усиление стачечного и антивоенного движения, оппозиции либералов, агитации левых партий. Насущной задачей революции было создание демократической республики и выход из войны. Февральская революция была достаточно скоротечна 18 февраля — 3 марта 1917 г. В ней переплетались и взаимодействовали антифеодальные, антикапиталистические, общедемократические и узкоклассовые интересы. События февральских дней привели к полному крушению самодержавного строя, был открыт путь для демократизации страны. В итоге февральской революции в стране сложилось двоевластие. Оно представляло собою своеобразное состояние государственно политической системы, характеризующееся параллельным существованием и взаимодействием двух властей, опирающихся на разные общественные классы. Реальная сила находилась в руках Петроградского совета рабочих и солдатских депутатов, поддерживаемого армией и вооруженными рабочими. Фактически у власти стояло буржуазное, кадетско-октябристское Временное правительство.

13. В России к осени 191.7 г. сложилось положение, когда встала главная задача — вопрос о власти: либо власть переходила в руки рабочих и крестьян и создавалось новое правительство, либо в России происходила реставрация монархии. Быструю и решительную победу большевиков в Петрограде 24—26 октября 1917 г. обусловили следующие факторы: экономический и политический кризис в стране; ошибки Временного правительства и умеренных социалистов,просчеты правых сил; популистские лозунги большевиков в ходе борьбы за власть; поддержка большевиков левыми эсерами и анархистами в ходе восстания; поддержка значительной частью Петроградского гарнизона и Балтийского флота; активность большевистских лидеров.

14. Провозгласив на заседании ЦК ВКП(б) 10 октября 1917 г. курс на вооруженное восстание в целях свержения Временного правительства, которое потеряло всякий авторитет в массах, большевики успешно смогли его реализовать. Временное правительство было низложено. Открывшийся 25 октября 1917 г. II Всероссийский съезд Советов был поставлен перед фактом победы восставших. После того как съезд покинули меньшевики, эсеры и представители ряда других партий, его работу возглавили большевики. На следующий день, на втором заседании съезда были приняты: Декрет о мире, провозгласивший;выход России из империалистической войны; Декрет о

земле, подготовленный на основе крестьянских наказов и передававший землю крестьянам; Декрет о власти, провозгласивший установление власти Советов. Исполнительная власть передавалась большевистскому правительству — Совету народных комиссаров во главе с В.И. Лениным. Был сформирован новый всероссийский исполнительный комитет - ВЦИК, в который вошли 62 большевика и 29 левых эсеров. Принятые Декреты сначала отвечали надеждам народных масс, и это способствовало победе советской власти на местах.

15. Причинами начала Гражданской войны и иностранной интервенции в России в 1917—1922 гг. были: 1) обострение социально-экономических и политических противоречий в результате смены власти и изменения формы собственности; 2) крах демократической альтернативы страны в связи с разгоном Учредительного собрания большевиками в январе 1918 г.; 3) неприятие политическими противниками большевиков Брестского мира с Германией; 4) экономическая политика большевиков в деревне весной-летом 1918 г.; 5) иностранное вмешательство во внутренние дела России.

16. Существует несколько точек зрения на начало и периодизацию Гражданской войны: 1) начинается с октября 1917 г. (по существу даже раньше), а заканчивается осенью 1922 г., когда белая армия была разгромлена на Дальнем Востоке; 2) начинается с мая 1918 г. и продолжается до конца 1920 г., хотя военные действия продолжались и после 1920 г.; 3) в отличие от обычных войн, она не имеет четких границ - ни временных рамок, ни пространственных. Большинство историков в ходе Гражданской войны выделяют шесть этапов: первый — октябрь 1917 - май 1918 гг.: борьба пришедших к власти большевиков с силами Керенского, Краснова, Каледина и др., попытка отпора Германской интервенции и Брестский мир; второй - лето- осень 1918 г.: борьба эсеро-меньшевистских сил, чехословацкий мятеж, развитие интервенции Германии; третий - конец 1918 — начало 1919 гг.: окончание Первой мировой войны и конец Германской интервенции, высадка войск Антанты в портах России, начало политики военного коммунизма, установление диктатуры Колчака в Омске; четвертый - весна 1919 - весна 1920 гг.: уход интервентов, победа РККА над армией Колчака на востоке, Деникина на юге, Юденича - на северо-западе; пятый - весна-осень 1920 г.: Советско-Польская война, разгром войск Врангеля в Крыму; шестой - 1921-1922 гг.: ликвидация локальных очагов войны, подавление Кронштадтского восстания, крестьянского движения на Тамбовщине, отрядов Махно, мятежей белоказаков на Кубани, освобождение Дальнего Востока от японцев, борьба с басмачеством в Средней Азии, демобилизация РККА, переход к нэпу.

17. В 1918 г. сложилась своеобразная экономическая и политическая система в Советском государстве в условиях Гражданской войны, которая получила название политики «военного коммунизма». Она была направлена на сосредоточение всех ресурсов страны в руках государства. Главными чертами военного коммунизма являлись: национализация промышленных предприятий, перевод на военное положение оборонных заводов и транспорта, осуществление принципа продовольственной диктатуры через

введение продразверстки и запрещение свободной торговли, натурализация хозяйственных отношений в условиях обесценивания денег, введение трудовой повинности и создание трудовых армий. В 1921 г. в условиях мирного сосуществования страны эта политика показала свою несостоятельность и была заменена нэпом.

18. Гражданская война закончилась победой Советского государства и поражением Белого движения. Однако это была трагическая победа.» Погибло, по разным оценкам, от 10 до 15 млн человек. Резко уменьшилась численность наиболее квалифицированных рабочих кадров. Сократилось число интеллигенции. Многие ее представители покинули Россию. Основная часть крупной и средней буржуазии или была уничтожена, или эмигрировала. Были уничтожены помещичьи хозяйства, резко сократилась численность зажиточных крестьян. В глубоком кризисе находилась экономика страны. В политической жизни утвердилась диктатура большевизма, началось становление тоталитарной системы.

19. Новая экономическая политика (нэп) была введена советским руководством в 1921 г., после решения X съезда ВКП(б). Предусматривала выход из экономического и политического кризиса путем возврата к подконтрольной и регулируемой государством частной собственности в промышленности, замене продразверстки продовольственным налогом, провозглашение свободной торговли, использование иностранного капитала в форме концессий и труда батраков в деревне. Главными особенностями нэпа были сочетание административных и рыночных методов хозяйствования; сохранение командных высот в политике и экономике в руках рабочего класса и его партии. В конце 20-х гг. от нэпа полностью отказались, в связи с накопившимися противоречиями, причинами этого стали: кризисы нэпа (1923, 1925, 1927, 1928); внутриполитическая борьба за власть в 20-е гг. XX в. и победа сторонников свертывания нэпа; самоизоляция советской экономики и отсутствие широких экономических связей с мировым сообществом; противоречия между административными и рыночными методами управления.

20. К 1922 г.- экономические, внутри- и внешнеполитические факторы (стремление коммунистической партии расширить сферу деятельности для социалистического эксперимента; старые хозяйственные связи; необходимость совместной обороны) требовали новых форм отношений между республиками (в 1922 к на территории бывшей Российской империи существовало 9 советских республик, а в РСФСР имелось девять автономных). Летом 1922 г. по решению ЦК РКП(б) начался процесс, объединения советских республик в единое государство. Существовало два варианта объединения: а) вариант И.В. Сталина — «автономизация» советских республик, понимаемая как их автономия в составе единого пролетарского государства, советизация, диктатура пролетариата», решение национального вопроса в ходе преодоления, культурных и экономических различий; б) предложение ;В.И. Ленина о новой форме союзного государства на основе добровольного и равноправного объединения самостоятельных

советских республик. Предусматривалось образование федерации посредством заключения с республиками договора, при этом республики сохраняли всю полноту I управлениянвнутренними делами. 30 декабря .1922 г. I съезд Советов СССР принял Декларацию, и Договор об образовании Сот юза Советских Социалистических республик. В. Состав СССР вошли РСФСР, Украинская ССР, Белорусская .ССР. и Закавказская Федерация, включавшая Азербайджан, Армению и Грузию. В январе 1924 г. II Всесоюзный съезд Советов одобрил первую Конституцию СССР. По Конституции СССР представлял собой Федерацию равноправных суверенных государств Однако статья Конституции о полновластии Советов была фикцией, на деле государственная власть концентрировалась в структурах партии, жестко управляемой из центра. Союз сразу же приобрел характер унитарного государства.

21. На XIV съезде, в декабре 1925 г. был провозглашен курева индустриализацию. Была поставлена задача превратить СССР из страны, ввозящей машины и оборудование, в страну, их производящую, затем провести машинизацию всего народного хозяйства и на этой основе добиться ускоренного развития. Главной целью данной политики являлось изменение социальной структуры и ликвидация класса предпринимателей (отход от политики нэпа), упрочение политического господства большевиков. С конца 20-х гг. государство приступило к планированию, начали разрабатываться пятилетние планы, составляемые без учета издержек, которые со временем превратились в твердые задания по производству продукции. В проведении индустриализации отмечались: высокие темпы индустриализации; сжатые исторические сроки; акцент на развитие тяжелой промышленности в ущерб легкой; осуществление индустриализации за счет внутренних источников накопления (перекачка средств из деревни, займы у населения, усиления налогового бремени за счет эмиссии денег, продажи драгоценных металлов и художественных ценностей, использование труда заключенных и т.д.). В результате индустриализации СССР вышел на второе место в мире по объему промышленного производства. Индустриализация позволила быстро ликвидировать безработицу, но более половины промышленных рабочих было занято тяжелым физическим трудом. Главный итог «большого скачка» — закрепление командно-административных методов управления экономики. Этот период оценивается как промышленное преобразование страны, обеспечивавшее технико-экономическую независимость СССР в сложных внешнеполитических ситуациях.

22. К середине 20-х гг. XX в. положение крестьянства ухудшилось, это было вызвано противоречиями нэпа и начавшейся индустриализации. XV съезд ВКП(б) дал толчок дальнейшему кооперированию крестьянских хозяйств, постановив, что коллективизация должна стать основной задачей партии в деревне. Целями государства в проведении этой политики являлись: а) создание в короткий срок крупных коллективных хозяйств с целью преодоления зависимости государства от единоличных крестьянских хозяйств в деле хлебозаготовок; б) обеспечение индустриализации дешевой

рабочей силой за счет массового ухода крестьян из деревни; в) ликвидация кулачества как класса; 4) перекачка средств в промышленность на нужды индустриализации. В 1929 г. в статье «Год великого перелома» И.В. Сталин заявил о необходимости ускорить темпы коллективизации. В этом же году впервые прозвучали слова «сплошная коллективизация». Коллективизация проводилась жесткими методами (принудительность, обобществление крестьянской собственности, партийный и административный произвол, аресты, ссылки и т.д.). Все это вызвало недовольство крестьян. Темпы коллективизации значительно снизились. Крестьяне начали выходить из колхозов и пытались ввести хозрасчет, что было воспринято сталинским руководством как проявление классовой борьбы. Опять началось наступление на колхозы. Из колхозов забирался весь урожай. Результатом такой политики стал страшный голод 1932—1933 гг. В июне 1934 г. правительство заявило о начале последнего этапа коллективизации. К 1937 г. 93% крестьянских хозяйств были вовлечены в колхозы. Насильственная коллективизация привела: к ликвидации слоя зажиточных крестьян; уничтожению частного сектора в сельском хозяйстве; отчуждению крестьян от собственности земли; замедлению темпов роста сельскохозяйственного производства и постоянному обострению продовольственной проблемы в стране.

23. В 30-х гг. окончательно уничтожаются остатки гражданских свобод и формируется тоталитарный режим. Вся экономика огосударствляется, партия сливается с государством, государство идеологизируется. Каждый член общества вовлекается в иерархическую систему организаций: в партию, комсомол, Советы, профсоюзы, ДОСААФ и др., которые выступали в роли «приводных ремней» партийно-государственного руководства. Население поддерживалось в состоянии повышенной мобилизационной готовности при помощи волн массового террора, судебных процессов над «врагами народа». Система базировалась на неукоснительном выполнении плановых директив и команд центра. Для пресечения недовольства создается карательно-осведомительная система.

24. Главными задачами СССР в 20-е г. XX в. во внешней политике были преодоление дипломатической изоляции и обеспечение безопасности своих границ. В 1919—1920 гг. были заключены договоры с Китаем, Латвией, Литвой, Эстонией, Ираном, Афганистаном, Турцией, Монголией и торговые отношения с Англией и Германией. Однако дипломатических отношений с ведущими державами мира СССР не имела, Политическая блокада с европейскими странами была прорвана в апреле 1922 г. в Рапалло, где был подписан с германской делегацией договор о восстановлении дипломатических отношений на основе взаимного отказа от претензий. 1924—1925 гг. стали «полосой дипломатического признания СССР». Большую роль в росте доверия к СССР сыграл нэп. С целью обеспечения безопасности границ СССР заключает договоры о ненападении с Турцией, Афганистаном, Литвой, Ираном, Германией.

Ориентация на Германию была отличительной чертой советской внешней политики 20-х — начала 30-х гг. Широким было военное

сотрудничество между странами. В 1932 г. был заключен Советско-Польский договор о ненападении. Позднее такие же договора были заключены с Францией, Италией, Латвией, Эстонией. Это привело к напряженности в советско-германских отношениях. После прихода к власти Гитлера в 1933 г. СССР начинает ориентироваться на союз с Англией и Францией и делает попытки создания системы коллективной безопасности, направленной против Германии. Однако нежелание западных стран идти на союз с СССР и итоги Мюнхенского соглашения привели к переориентации внешней политики СССР на Германию. В результате, англо-франко-советские переговоры в Москве в августе 1939 г. были провалены, а 23 августа был подписан договор о ненападении между СССР и Германией, который развязывал руки Москве в отношении Финляндии, Латвии, Эстонии и западных территорий Украины и Белоруссии, входивших в состав Польши. 28 сентября 1939 г., по договору «О дружбе и границах» СССР получил Литву в обмен на часть польских земель. Эти территории в 1939—1941 гг. вошли в состав СССР, что явилось основным итогом его европейской политики.

На Дальнем Востоке СССР периодически вступает в вооруженные конфликты (летом 1929 г. — с Китаем, летом 1938 г. - с Японией на реке Халхин-Гол). Советскому Союзу удалось сохранить свои границы. Монголия осталась в сфере влияния СССР.

25. Великая Отечественная война 1941—1945 гг. на сегодняшний день во многом остается белым пятном для историков. Достаточно много возникает дискуссионных проблем: 1) кто развязал Вторую мировую войну?; 2) готовил ли Сталин нападение на Германию?; 3) проблема внезапности нападения на СССР; 4) причины поражения советских войск весной—летом 1942 г.; 5) проблема движения Сопротивления; 6) потери СССР в годы войны; 7) цена победы СССР в Великой Отечественной войне.

26. Причинами Великой Отечественной войны, по мнению А.П. Деревянко и Н.А. Шабельниковой, были: 1) борьба конкурирующих систем, претендующих на глобальное господство: национал-социализма и коммунизма; 2) стремление Германии завоевать «жизненное пространство», захватив ресурсную базу СССР.

27. В истории Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. выделяют три основных периода: 1) 22 июня 1941 г. — 18 ноября 1942 г. — начальный период войны. Стратегическая инициатива принадлежала вермахту. Советские войска оставили Белоруссию, Прибалтику, Украину, вели оборонительные сражения за Смоленск, Киев, Ленинград. Битва за Москву (30 сентября 1941 г. — 7 января 1942 г.) первое поражение противника. Война приняла затяжной характер. Весна—лето 1942 г. — начало обороны Сталинграда и битвы за Кавказ. Перевод экономики на военные рельсы СССР завершен создана целостная система военной индустрии. Началась партизанская война в тылу врага (Белоруссия, Брянщина, Восточная Украина). Создана антигитлеровская коалиция 2) 19 -ноября 1942 г. — конец 1943 к — период коренного перелома-, окончательного перехода стратегической инициатив к СССР. Разгром немецких войск под

Сталинградом (2 февраля 1943 г.), сражение на Курской дуге (июль 1943 г.). Битваэа Днепр— крушение оборонительной стратегии вермахта., освобождение левобережной Украины. Укрепление советской экономики: к концу 1943 г. обеспечена экономическая победа над Германией. Формирование крупных партизанских соединений. В тылу врага появились освобожденные районы. Укрепление антигитлеровской коалиции. Тегеранская конференция 1943 г. — кризис фашистского блока; 3)1944 г. - 9 мая 1945 г. — завершающий период. Освобождение всей территории СССР, освободительная миссия Краснойкармии в Европе (освобождение Польши, Чехословакии, Венгрии и других стран). Разгром фашистской Германии» Конференция в Ялте (февраль 1945 в) и Потсдаме (июль-август 1945 г.); особый период (9 августа — 2 сентября 1945 г.). — война ССОР против Японии, разгром Квантунской армии в Маньчжурии.

28. Цена победы в Великой Отечественной войне выражает сложный комплекс материальных экономических, интеллектуальных, духовных и других усилий государства и народа, Понесенного ими урона, ущерба, потерь и издержек. С одной стороны, за время войны была создана мощная военная промышленность, сформирована индустриальная база; завоеван международный авторитет, СССР вошел в различные международные организации и союзы, значительно расширил сферу политического влияния; в состав СССР вошли Печенгский и Клайпедский районы, Южный Сахалин, Курильские острова, часть Восточной Пруссии; заложена основа для создания «блока социалистических государств» Европы и Азии; открылись возможности демократического обновления мира и освобождение колоний. С другой стороны, ценой победы стали огромные людские потери - около 27 млн чел.; уничтожена 1/3 национального богатства страны; произошло укрепление сталинского режима; нанесен огромный экологический ущерб; война затормозила экономическое развитие СССР, вынужденного долгие годы восстанавливать народное хозяйство, залечивать физические и моральные раны людей.

29. В СССР в первое послевоенное десятилетие в экономической сфере был принят IV пятилетний план, основной задачей которого было восстановление разрушенного хозяйства и дальнейшее развитие экономики страны. К 1948 г. уровень промышленного производства достиг довоенного; восстановлено и построено 6200 промышленных предприятий; проведена денежная реформа и отменена карточная система (декабрь 1947 г.). Это проводилось за счет «экономии» на сельском хозяйстве, легкой промышленности и социальной сфере, а также репараций с Германии (4,3 млрд долл.). В социально-политической сфере происходит укрепление административно-командной системы и тоталитарно-бюрократической структуры власти; идеологическое закрепощение общественного сознания (проводятся кампании «борьбы с космополитизмом» с целью избавления от интереса и симпатий к Западу, воссоздания образа внутреннего врага); усиливается партийно-государственное давление на творческую интеллигенцию, новый виток репрессий в стране (ГУЛАГ для

военнопленных, «Ленинградское дело», «Дело врачей»); культ И.В. Сталина достигает своего апогея.

30. С приходом к власти Н.С. Хрущева в 1953 г. начались заметные изменения в общественно-политической жизни страны. На XX съезде КПСС в феврале 1956 г. Н.С. Хрущев выступил с докладом, разоблачившим культ личности И.В. Сталина. В этом выступлении прозвучала критика культа, но не системы, определялись дозволенные рамки критики деятельности Сталина и сталинщины. И как результат, с одной стороны, в стране протекал процесс политической демократизации: происходит децентрализация системы управления и развития; начинается реабилитация невинно пострадавших жертв сталинских репрессий; реформирование образовательной системы; «оттепель» в литературе, театре, проявление определенной свободы творчества. С другой стороны, продолжала существовать командно-административная система: формируются элементы культа личности Н.С. Хрущева; проводятся репрессии против тех, кто в своей критике не ограничивается дозволенными рамками. В области сельского хозяйства и промышленности реформы Н.С. Хрущева носили непродуманный характер, что сказалось на экономическом и социальном развитии. В 1954 г. было принято решение об освоении целинных и залежных земель. Это был экстенсивный путь развития сельского хозяйства, и первые успехи быстро исчезли. Неудача постигла и проект подъема сельского хозяйства с помощью «царицы полей» кукурузы, и с помощью увеличения в 2—3 раза планов сдачи мяса, что нанесло невосполнимый ущерб животноводству. В промышленности преимущественно развивались оборонные отрасли и атомная энергетика. Для преодоления сверхцентрализации экономики были созданы совнархозы. Эти бесконечные реорганизации сорвали выполнение VI пятилетки. Выход был найден в разработке 7-летнего плана. Расходы на науку выросли в 6 раз, но НТР вступила в противоречие с командно-административной системой. В начале 60-х гг. XX в. недовольство политикой Н.С. Хрущева охватило многие слои населения, этим воспользовались консерваторы в партийном и государственном аппарате. В октябре 1964 г. происходит смещение Н.С. Хрущева со всех постов.

31. Внешняя политика СССР во второй половине 50-х — начале 90-х гг. XX в. характеризуется не только активностью, но и противоречивостью. После Второй мировой войны выделились два лидера на международной арене — СССР и США. В мире, начиная с 1946 г., возобладала политика «холодной войны», которая привела к резкому обострению взаимоотношений между СССР и США, Востоком и Западом. Началась гонка вооружений, усилилась взаимная враждебная риторика, осуществлялась политика «с позиции силы». Придя к власти, Н.С. Хрущев постарался внести существенные коррективы и в сферу международных отношений. Новые отношения внешней политики были сформулированы им в докладе на XX съезде партии в 1936 г Главными принципами здесь были следующие: признание разнообразия путей построения социализма. возможность мирного сосуществования государств с различным общественный строем. В

то же время советское руководство вело постоянную «антиимпериалистическую пропаганду», всемерно помогало коммунистическому и национально-освободительному движениям, исповедовало веру в торжество коммунизма над капитализмом во всемирном масштабе. Во второй половине 60-х первой половине 80-х гг. советская внешняя политика прошла путь от «холодной войны» к разрядке между народной напряженности и до нового витка «холодной войны. В период «перестройки» (1985—1991) была провозглашена внешнеполитическая доктрина советского правительства, получившая название «новое политическое мышление, которая предусматривала: отказ от раскола мира на две враждующие социально-политические системы (капиталистическую и социалистическую), признание его единым и взаимосвязанным; объявление в качестве универсального решения вопросов баланса интересов различных государств; признание приоритета общечеловеческих ценностей над любыми другими (классовыми; национальными, религиозными). Основным направлением во внешней политике СССР стало налаживание взаимоотношений с США. Однако в эти годы руководство СССР часто шло на односторонние уступки Западу н не думало об их дальнейших последствиях для страны.

32. С приходом к власти в октябре 1964 г. Л. И. Брежнева происходит смена политического курса. Пришедшая к руководству страной команда Л.И. Брежнева не имела позитивной программы деятельности. Однако негативная установка существовала, и заключалась она в том, чтобы прекратить бесчисленные преобразования, нарушавшие стабильность существования бюрократии. Основным стад принцип «стабильности», который означал (в особенности после неудачи хозяйственной реформы, проведенной А.Н. Косыгиным) отказ от каких-либо нововведений в политической, экономической, идеологической и кадровой сферах. В 1977 г. была принята новая Конституция СССР, законодательно закрепившая руководящую роль КПСС в обществе, социализм в СССР провозглашался развитым, и было положено начало разработке теории, защищающей эту идею. Как следствие значительно возросла роль партийно-государственной номенклатуры. Прекратился процесс десталинизации, и начался, в известной мере, процесс ресталинизации. Одновременно открывается новая страница в истории политических процессов: судебной расправе подвергаются инакомыслящие, так называемые диссиденты, выступавшие за соблюдение прав человека и гражданина в СССР. К концу 70-х — началу 80-х гг. XX в. все больше стали проявляться кризисные явления во всех сферах жизни общества: снижение темпов экономического роста, крайне слабое развитие наукоемких отраслей производства (микроэкономики, биотехнологии, информатики); сохранение экстенсивных методов хозяйствования, что во многом способствовало формированию затратной экономики; превращение страны в сырьевой придаток мировой системы хозяйствования (вывоз сырья и закупка продовольствия); формирование «теневой» экономики; снижение жизненного уровня населения; остаточный принцип финансирования сфер

медицины, образования, науки, культуры, жилищного строительства; накопление критического потенциала в обществе: сомнения в правильности социалитического пути, выбранного старшим поколением.

33. Л.И. Брежнев умер в ноябре 1982 г. На первую позицию в партийном аппарате выдвинулся Ю.В. Андропов, возглавляющий КГБ. Он был избран генеральным секретарем ЦК КПСС. Его задачей стала борьба с коррупцией, которая захлестнул высшие эшелоны власти. Начинается борьба за укрепление трудовой дисциплины. Тяжелобольной Ю.В. Андропов в феврале 1984 г. умирает. Генеральным секретарем становится К.У. Черненко, при котором усиливается экономический и политический кризис. Международное положение СССР ухудшается.

34. Перестройкой называется период с марта 1985 г. по декабрь 1991 г., когда в СССР были предприняты экономические политические, социальные, правовые и другие реформы, чтобы осуществить «всестороннее совершенствование социализма» и придать ему новый, более привлекательный облик как внутри страны, так и за ее пределами.

35. Предпосылками перестройки являлись: 1) стагнация в экономике, нарастание научно-технического отставания от Запада, провалы в социальной сфере; 2) политический кризис, выразившийся в сращивании партийно-государственной номенклатуры с дельцами теневой экономики и преступностью что привело к формированию в середине 80-х гг. устойчивых мафиозных группировок; 3) субъективной предпосылкой являлся приход к власти относительно молодого поколения поли, тиков, стремившихся не только к укреплению власти, но и вы. ступавших за обновление государства.

36. В истории перестройки некоторые исследователи выделяют четыре периода: 1) март 1985 г. - январь 1987 г. - проходящий под лозунгом «больше социализма»; 2) 1987—1988 гг. - «больше демократии»; 3) 1989-1991 гг., ставший периодом размежеваний и расколов в лагере перестройки; 4) августовский путч и отстранение от власти М.С. Горбачева, распад СССР.

37. Практически все реформы, осуществляемые в ходе перестройки, не были до конца продуманными, а потому и не были доведены до логического завершения, так как не прогнозировались их конечные цели. В итоге экономические реформы не дали положительных результатов. Началось общее сокращение производства в промышленности и сельском хозяйстве. Резко усилилась инфляция. К началу 90-х гг. страна оказалась в полосе острейшего социально-политического кризиса. В политической системе, стремления решить две задачи одновременно, - с одной стороны, модернизировать структуру государственной власти (при помощи удаления из руководства наиболее консервативных функционеров, введения системы альтернативных выборов и тайного голосования по кандидатурам на руководящие посты в партийных органах, введения президентского поста), с другой - сохранить партийную монополию на власть в рамках складывания многопартийной системы в стране - были обречены на неудачу. В стране назревал политический кризис.

38. К невысоким результатам преобразований в стране в ходе

перестройки добавился рост национальной напряженности в республиках СССР. Непоследовательность национальной политики порождали многочисленные противоречия в межнациональных отношениях, которые постепенно переросли в открытые конфликты. Декларации о государственном суверенитете приняли Эстония, Литва, Латвия, Азербайджан и др. 12 июня 1990 г. I съезд народных депутатов РСФСР принял Декларацию о государственном суверенитете России. В ней законодательно закреплялся приоритет республиканских законов над союзными. Первым Президентом РФ стал Б.Н. Ельцин. Принятием Декларации о суверенитете союзных республик был поставлен вопрос о дальнейшем существовании СССР. Началась подготовка нового Союзного договора, подписание которого было назначено на 20 августа 1991 г. Но 19 августа 1991 г: часть союзного руководства совершает попытку государственного переворота. Проект предстоящего Союзного договора, означавший утрату контроля над республиками, этих руководителей не устраивал. После подавления путча процесс распада СССР принимает необратимый характер. 21 декабря 1991 г. 11 республик объявили о роспуске СССР. На встрече в Беловежской Пуще Б. Ельцин, Л. Кравчук, В. Шушкевич, а затем на встрече в Алма-Ате руководители бывших Союзных республик (кроме Эстонии, Литвы и Грузии) прекратили действие Союзного договора 1922 г., СССР перестал существовать, а президент M.G. Горбачев ушел в отставку. На территории бывшего Союза возникло Содружество Независимых Государств (СНЕ).

39. В 1991 г. в результате распада СССР на международной политической арене появилось новое государство — Российская Федерация. В июне 1991 г. всенародным голосованием президентом России был избран Б.Н. Ельцин: После подавления августовского путча и в условиях начавшихся широкомасштабных экономических реформ стал постепенно нарастать конфликт между Верховным Советом РСФСР и президентом РФ. Он приобрел размах подлинной «войны законов», когда практически ни один законодательный акт, ни одно распоряжение двух ветвей власти не выполнялись. Лидеры Совета выступали против шоковой терапии в экономике, оспаривали законность ликвидации КПСС президентом в 1991 г. и т.д. В ходе референдума 1993 г. народ выбрал президентское правление. Однако открытое противостояние и вооруженные столкновения имели место в октябре 1993 т. Президент одержал победу. 12 декабря 1993 г. в результате всенародного референдума была принята новая Конституция РФ, по которой фактически Страна становилась президентской республикой. Срочно были проведены выборы в I Государственную думу и Федеральное собрание. Крупнейшими фракциями в Думе стали ЛДПР (В.В. Жириновский) и КПРФ (Г.А. Зюганов). 17 декабря 1995 г. был выбранн новый парламент, в котором образовалось четыре фракции: КПРФ («ПА. Зюганов), ЛДПР (В.В. Жириновский), блок «Наш дом Россия» (В.С. Черномырдин), блок «Яблоко» (Г.А. Явлинский). В июне 1996 г. прошли выборы Президента России (на этот пост претендовали Б.Н. Ельцин, Г.А. Зюганов, А.И. Лебедь, Г.А.

Явлинский, В.В. Жириновский). Б.Н. Ельцину удалось во 2-м туре одержать победу. Серьезной политической проблемой стало реформирование Вооруженных сил. В июле 1996 г. Б.Н. Ельцин поставил задачу по созданию к 2000 г. высоко организованной профессиональной армии. Однако решение такой сложной задачи в условиях слабого финансирования и августовского кризиса 1998 г. стало проблематично. Другой внутриполитической проблемой оставалась борьба с преступностью. В ноябре 1998 г. в Петербурге убита депутат Госдумы Г.В. Старовойтова, усилился экстремизм, национализм. В послании Федеральному собранию 6 марта 1997 г. констатировалось бессилие властей в борьбе с коррупцией, но задача так и не была решена. Глубокий социально-экономический кризис в стране постоянно усугублялся кризисом во властных структурах. Б.Н. Ельцин с августа 1996 г. фактически отошел от дел, ненадолго появляясь на непродолжительное время и осуществляя кадровые перестановки; перестал владеть ситуацией в стране. С марта 1998 г. сменилось пять Председателей Правительства РФ (В.С. Черномырдин, С.В. Кириенко, Е.М. Примаков, С.В. Степашин, В.В. Путин). На этом фоне 19 декабря 1999 г. прошли выборы в III Государственную думу, где большинство голосов набрали КПРФ и движение «Единство» («Медведь»). 31 декабря 1999 г. Б.Н. Ельцин досрочно ушел в отставку, передав руководство В.В. Путину, который 26 марта 2000 г. избран Президентом РФ.

40. В конце 1991 г. Россия была вынуждена приступать к радикальным экономическим преобразованиям, так как страна оказалась в тяжелейшем финансовом кризисе. Попытка властей частично замаскировать инфляцию государственным контролем над ценами лишь усиливали дефицит и вели к расцвету черного рынка. 1 января 1992 т. правительством, которое возглавлял Е. Гайдар, был принят набор монетаристских мер, так называемая шоковая терапия: ограничение совокупности спроса с помощью удорожания кредита и урезания бюджетных средств, приватизация государственных предприятий. Основным мероприятием социально-экономической политики этого периода явилась либерализация цен. Предполагалась, что данные меры способны в достаточно короткий срок сбить инфляцию и создать предпосылки для восстановления хозяйственного роста на рыночной основе. Но следствием этой политики явилось падение материального благосостояния людей в связи с ростом инфляции в стране (за год рост произошел в 100—150 раз), недовольство и недоверие масс к правительственному курсу. После отстатки правительства Е. Гайдара, с конца 1992 г. началась массовая приватизация, которая проходила в два этапа: 1) 1992—1993 гг. — безвозмездная передача гражданам части государственной собственности стоимостью 10 тыс. руб. путем выдачи приватизационного чека; 2) с осени 1994 г. — приватизация государственных предприятий путем прямого акционирования и начало продажи акционерных предприятий. Последствиями приватизации стало: с одной стороны, произошел крупномасштабный обман народа, с другой — почти все лучшие предприятия оказались в руках небольшой группы московских «уполномоченных» банкиров. Следствием приватизации стал

рост экономической преступности, злоупотреблений и коррупции. В результате основная часть национального достояния оказалась в руках 10% населения. Началось разрушение колхозов и совхозов, из которых стали выделяться фермерские хозяйства.

41. В 1994—1998 гг. правительством предпринимаются меры по сдерживанию спада производства и падению эффективности экономики, которые включали: 1) ограничение и отмена централизованного распределения сырья и ресурсов; 2) отмена государственных дотаций убыточным предприятиям; либерализация внешней торговли, расширение импорта потребительских и продовольственных рынков; 4) свободная конвертация рубля; 5) крупномасштабные внешние займы; 6) неконтролируемый вывоз материальных ценностей за рубеж. Результатами проводимой политики были: а) развал военно-промышленного комплекса и бюджетных сфер; б) спад промышленного производства в стране; в) падение спроса на отечественную продукцию; г) деиндустриализация: промышленное производство все более приобретало черты топливо-энергетической и сырьевой ориентации; д) падение сельскохозяйственного производства; е) имущественная дифференцация и скрытая безработица; ж) полная зависимость российской экономики от Запада в лице международных финансовых организаций; з) нарушение экономических связей между регионами страны и распад единой народнохозяйственной структуры; и) рыночные отношения приобрели откровенно криминальный характер. В 1998 г. правительство В.С, Черномырдина предприняло ряд мер в целях выхода из финансового кризиса. С 1 января 1998 г. прошла деноминация введены новые российские деньги, уменьшенные по поминалу в 1000 раз, в обращение вновь вернулась копейка. Однако экономика по-прежнему катастрофически разрушалась. 23 марта правительство Черномырдина отправлено в отставку, и новым премьер-министром стал С.В. Кириенко. 17 августа 1990 г. С.В. Кириенко выступил с заявлением о прекращении выплат по обязательствам государства и моратории на выплату долго зарубежным банкам (дефолт — отказ от принятых ранее на себя обязательств). Как следствие, отставка правительства, высокая инфляция (до 60%) и рост цен. Наступил крах рыночной инфраструктуры и кризис банковской системы и рынка ценных бумаг. В последующее время одно за другим менялись правительства Е.М. Примакова, С.В. Степашина, В.В. Путина. Им удалось несколько стабилизировать экономическую и политическую ситуацию в стране.

42. Экономические и политические проблемы усложнялись серьезными негативными явлениями в отношениях между центром и национальными окраинами. Некоторые субъекты РФ, провозгласив себя суверенными, приняли конституции, в которых были значительные отклонения от Конституции РФ. Особенно напряженно сложились отношения Центрального правительства и Чечни. В конце 1991 г. руководство Чечни объявило о создании независимой Чеченской республики Ичкерия. Внутри самих чеченцев началась борьба за сферы влияния, которая при вмешательстве федеральных властей и силовых структур вылилась в 1994 г.

в гражданскую войну. 11 декабря 1994 г. началась операция федеральных войск, превратившая внутричеченский конфликт в полномасштабную войну с многочисленными человеческими жертвами. В конце 1996 г. неожиданным результатом завершились военные действия в Чечне. По заключенному договору российские войска были выведены из Чечни, и там начались преследования тех, кто поддерживал российское правительство. В январе 1997 г. Президентом Чечни избран А. Масхадов. В мае в Москве Б.Н. Ельцин и А. Масхадов подписали Договор о мире и принципах взаимоотношений между РФ и Чеченской республикой Ичкерией. Однако напряженность оставалась, продолжались захваты заложников. Ситуация обострилась осенью 1999 г.: 4 сентября взорван жилой дом в г. Буйнакске; 9 сентября в г. Москве на улице Гурьянова; 13 сентября взорван дом на Каширском шоссе; 16 сентября жилой дом в Волгодонске. В течение этого периода контакты Москвы и Чечни были свернуты. В качестве ответной меры российское правительство во главе с В.В. Путиным приняло решение использовать в борьбе с террористами силовые методы. Началась вторая чеченская кампания. После завершения в 2000 г. активной фазы боевых действий и назначения в июне 2000 г. муфтия Чечни А. Кадырова главой временной администрации, сопротивление боевиков перешло в фазу террористической войны. В 2000—2003 гг. федеральный центр предпринял меры по нормализации политической и экономической ситуации в республике. В марте 2003 г. в ходе референдума жители Чечни приняли новую конституцию, в которой оговорено, что Чеченская республика является частью Российской Федерации. В этой конституции республике предоставляются широкие полномочия в пределах российского законодательства. В октябре 2003 г. прошли выборы президента Чеченской республики, на которых победил А. Кадыров. В целом федеральный центр сделал ставку на решение проблем этой республики силами чеченских лидеров, а не насаждением представителей из Москвы. С другой стороны, власти России не отказались от ведения переговоров с лидерами боевиков в 2001 г., но они оказались безрезультатными. С осени 2002 г. боевики развернули активную террористическую войну: захват зрителей мюзикла «Норд-Ост» в г. Москве (23 октября 2002 г.); декабрь 2002 г. — взорван дом правительства в г. Грозном; июль 2001 т. — взрыв на рок-фестивале в Тушино; февраль 2004 г. —взрыв поезда метро в Москве; 9 мая 2004 г. в результате теракта погиб глава Чечни — А. Кадыров;. 1 сентября 2004 г. захват школы в г. Беслане. С 2005 г. обстановка в Чеченской республике стабилизируется. Избранный в марте 2007 г. президентом Чеченской республики Р. Кадыров проводит политику по интеграции боевиков, не запятнанных себя тяжкими преступлениями, общество и параллельно ведет войну на уничтожение лидеров боевиков. В июле 2006 г. уничтожен лидер всего террористического подполья на Северном Кавказе Ш. Басаев, ранее был ликвидирован А. Масхадов.

43. Основными направлениями политики Президента В,В. Путина в 2000—2008 гг. стали: в политической сфере — укрепление вертикали

государственной власти и достижение политической стабильности в обществе, для чего были созданы 7 федеральных ок лями президента; изменен принцип формирования верхней па- латы Федерального собрания - Совета Федерации - и превращение его в, постоянно действующий законодательный орган; создание Государственного совета РФ как совещательно-консультативного органа глав субъектов РФ при Президенте РФ; осуществление административной реформы; изменение избирательного законодательства (выборы в ГД по пропорциональной системе, изменен, порог явки на выборы и т.д.). В социально- экономической сфере: продолжение курса на либерализацию экономики, Ослабление бюрократической опеки и контроля со стороны государства за предпринимательской деятельностью, принятие мер, направленных на поддержку малого и среднего бизнеса; Сокращение налогового бремени, введение 13%-ного подоходного нрлогй; проведение социальных реформ (пенсионной, монетизации льгот, здравоохранения); начало проведения и финансирования национальных проектов: «Здоровье», «Качественное образование», «Доступное и комфортное жилье», «Развитие агропромышленного комплекса». В сфере международных отношений: принятие новой концепции внешней политики России, исходя из многополярной системы международных отношений; развитие партнерских отношений со всеми странами мира; поддержка западных стран в борьбе с терроризмом. Среди итогов проведения такой политики можно выделить: восстановление единства России; отражение угрозы со стороны сепаратизма; восстановление экономики страны после затяжного кризиса 1990-х гг. (реальные доходы граждан за 8 лет увеличились в 2,5 раза и превысили уровень 1990 г., по размеру своей экономики Россия заняла седьмое место в мире); погашена значительная часть государственного долга; наблюдался рост ВВП; Россия стала занимать место полноправного партнера в мировой политике. В марте 2008 п Президентом РФ был избран Д.А. Медведев.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А.Упоров

оров

Методические указания для практических занятий по дисциплине ОГСЭ.03 «Иностранный язык» для обучающихся по специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (в машиностроении)»

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

форма обучения: очная

на базе среднего общего образования

год набора: 2017

Автор: Радионова Т.Ю.

Одобрены на заседании кафедры

иностранных языков и деловой коммуникации

(название кафедры)

Зав.кафедрой _____

(подпись)

Юсупова Л.Г.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 03.10.2017

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

горно- механического факультета

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

Барановский В.П.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019

(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	3
Перечень тем практических занятий	4
Задания для практических занятий по каждой теме	5
Зачет	9
Дифференцированный зачет	9
Критерии оценивания	10
Список рекомендованной литературы	11

Пояснительная записка

Методические указания для практических занятий разработаны на основании рабочей программы учебной дисциплины ОГСЭ.03 «Иностранный язык» для обучающихся по специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (в машиностроении)». Дисциплина «Иностранный язык» является дисциплиной общего гуманитарного и социально-экономического цикла Методические указания по выполнению практических заданий предназначены для организации работы на практических занятиях по учебной дисциплине «Иностранный язык».

Перечень тем практических занятий

	Тема, раздел	Кол-во часов практич. занятий	Наименование оценочного средства
1.	Часть А: Бытовая сфера общения: Семья. Взаимоотношения в семье, семейные традиции. Жилищные условия. Устройство городской квартиры/загородного дома.). Часть Б: Грамматика: Основные глаголы «быть», «иметь». Порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.	8	опрос
2.	Часть А: Социально-культурная сфера: Мой факультет городского хозяйства, УГГУ (история, факультеты, здания, учебный год) Часть Б: Грамматика: степени сравнения прилагательных и наречий.	6	опрос
	Проведение зачета	2	Зачет
3.	Часть А: Учебно-познавательная сфера: Образование в России и в стране изучаемого языка Часть Б: Граммати-ка: Времена в активном залоге Англ.яз.: Простые времена (Simple Tenses) Нем.яз.: Настоящее время (Präsens), простое прошедшее время (Präteritum), Фр.яз.: Настоящее время Présent de l'Indicatif , сложное прошедшее время (Passé composė)	16	опрос
4.	Часть А: Учебно-познавательная сфера: Екатеринбург - столица Урала. Мой родной город. Часть Б: Граммати-ка: Времена в активном залоге. Англ.яз.: Продолженные времена (Continuous Tenses). Нем.яз.: сложное прошедшее время (Perfekt, Plusquamperfekt) Фр.яз.: незаконченное прошедшее время: Imparfait. Простое прошедшее время (Passé simple).	16	доклад
	Проведение зачета	2	Зачет
5.	Часть А: Учебно-познавательная сфера: Страны изучаемого языка и их столицы Часть Б: Граммати-ка: Времена в активном залоге. Англ.яз.: Завершенные времена (Perfect Tenses) Нем.яз.: Будущее время (Futurum I, II). Фр.яз.: простое будущее время (Futur simple), непосредственное будущее и прошлое время (Futur et Passé Immédiats)	8	опрос
6.	Часть А: Социально-культурная сфера: Путешествие на поезде, самолете. Покупка ж/д и авиабилетов. Таможня. Часть Б: Граммати-ка: Англ, нем, фр: повторение всех времен в активном залоге	6	практико-ориентированное задание
	Проведение зачета	2	Зачет
7	Часть А: Социально-культурная сфера: Отель. Бронирование номера. Гостиничный сервис. Часть Б: Граммати-ка: Англ, нем, фр: модальные глаголы	16	практико-ориентированное задание
8	Часть А: Социально-культурная сфера: Покупки. Товары. Магазины Часть Б: Граммати-ка: Англ, нем, фр: система времен в страдательном залоге	16	практико-ориентированное задание
	Проведение зачета	2	Зачет
9	Часть А: Социаль-но-культурная сфе-ра: Еда. Здоровое питание. Традиции русской и других национальных кухонь. Заказ блюд в кафе. Часть Б: Граммати-ка:	14	практико-ориентированное задание

	Англ, нем., фр.яз. Согласование времен. Косвенная речь		
10	Часть А: Профессиональная сфера: Избранное направление профессиональной деятельности. Грамматика: Англ, нем., фр.яз. Условные предложения.	16	опрос
	Проведение диффер.зачета	2	Диффер.зачет
	ИТОГО	**136**	

Задания для практических занятий по каждой теме

Тема 1:
Часть А: Бытовая сфера общения:
Семья. Взаимоотношения в семье, семейные традиции. Жилищные условия. Устройство городской квартиры/загородного дома.).
Часть Б: Грамматика: Основные глаголы «быть», «иметь».
Порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.

Форма проведения: опрос

Необходимо осветить следующие вопросы: количество человек в семье, их возраст, профессия, хобби, семейные традиции, уик-энды, какой вы видите вашу будущую семью, в какой квартире вы живете, какие современные удобства у вас есть в квартире, обстановка в квартире, квартира вашей мечты; спряжение глаголов «быть» и «иметь». порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.

Тема 2:
Часть А: Социально-культурная сфера:
Мой факультет городского хозяйства, УГГУ (история, факультеты, здания, учебный год)
Часть Б: Грамматика: степени сравнения прилагательных и наречий.

Форма проведения: доклад (на иностранном языке).

Темы докладов:

1. История Уральского государственного горного университета.
2. Факультеты УГГУ.
3. Учебный год в УГГУ.
4. Факультет среднего профессионального образования.
5. Студенческая жизнь в УГГУ.
6. Известные выпускники УГГУ.
7. Интересные факты о УГГУ.
8. Уральский государственный горный университет: прошлое и будущее.

Порядок выполнения самостоятельной работы:
1. Выберите тему.
2. Осуществите поиск информации с использованием интернет-ресурсов, библиотечных ресурсов, краеведческих материалов, словарей.
3. Обработайте ее.
4. Воспроизведите на английском языке.
5. Подготовьте грамотный, логически законченный рассказ.
6. Подберите иллюстрационный материал к проектам. При подборе иллюстраций используйте метод виртуальной экскурсии.

7. Прорепетируйте свое выступление.

Структура доклада.
1. Вступление: должно содержать название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.
2. Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами.
3. Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.

Тема 3:
Часть А: Учебно-познавательная сфера:
Образование в России и в стране изучаемого языка
Часть Б: Грамматика: Времена в активном залоге
Англ.яз.: Простые времена (Simple Tenses)
Нем.яз.: Настоящее время (Präsens), простое прошедшее время (Präteritum),
Фр.яз.: Настоящее время Présent de l'Indicatif , сложное прошедшее время (Passé composė)

Форма проведения: опрос

Необходимо осветить следующие вопросы: образование в России, известные вузы в России, что вы знаете о УГГУ, обязательные предметы в школах и в вузах, ступени образования в России, образование в стране изучаемого языка, лучшие вузы в стране изучаемого языка, ступени образования в стране изучаемого языка, с какого и до какого возраста образование обязательно и бесплатно в России и в стране изучаемого языка, правила поступления в вузы России и страны изучаемого языка, каких известных людей, вложивших большой вклад в образование вы знаете.

Тема 4:
Часть А: Учебно-познавательная сфера:
Екатеринбург - столица Урала. Мой родной город.
Часть Б: Грамматика: Времена в активном залоге.
Англ.яз.: Продолженные времена (Continuous Tenses).
Нем.яз.: сложное прошедшее время (Perfekt, Plusquamperfekt)
Фр.яз.: незаконченное прошедшее время: Imparfait. Простое прошедшее время (Passé simple).

Форма проведения: доклад (на иностранном языке).

Темы докладов:
1. История Екатеринбурга
2. Мой родной город
3. Достопримечательности Екатеринбурга
4. Известные люди Екатеринбурга
5. Промышленный Екатеринбург
6. Музеи Екатеринбурга
7. Урал
8. Тайны Екатеринбурга

Порядок выполнения самостоятельной работы:
1. Выберите тему.
2. Осуществите поиск информации с использованием интернет-ресурсов, библиотечных ресурсов, краеведческих материалов, словарей.
3. Обработайте ее.
4. Воспроизведите на английском языке.
5. Подготовьте грамотный, логически законченный рассказ.
6. Подберите иллюстрационный материал к проектам. При подборе иллюстраций используйте метод виртуальной экскурсии.
7. Прорепетируйте свое выступление.

Структура доклада.
1. Вступление: должно содержать название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.
2. Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами.
3. Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.

Тема 5:
Часть А: Учебно-познавательная сфера:
Страны изучаемого языка и их столицы
Часть Б: Грамматика: Времена в активном залоге.
Англ.яз.: Завершенные времена (Perfect Tenses)
Нем.яз.: Будущее время (Futurum I, II).
Фр.яз.: простое будущее время (Futur simple), непосредственное будущее и прошлое время (Futur et Passé Immédiats)

Форма проведения: опрос

Необходимо осветить следующие вопросы: географическое положение страны изучаемого языка, соседние страны, климат, политическая система, экономика, крупные города, столица и ее достопримечательности; завершенные времена (Perfect Tenses) в английском языке, будущее время (Futurum I, II) в немецком языке, простое будущее время (Futur simple), непосредственное будущее и прошлое время (Futur et Passé Immédiats) во французском языке.

Тема 6:
Часть А: Социально-культурная сфера:
Путешествие на поезде, самолете. Покупка ж/д и авиабилетов. Таможня.
Часть Б: Грамматика:
Англ, нем, фр: повторение всех времен в активном залоге.

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Знать лексику по теме «Путешествие. Таможня», времена в активном залоге и уметь употреблять их в речи.

Примерные задания по теме: восстановить логический порядок в лексическом упражнении, вставить в предложения пропущенные слова из списка, перевести предложения на иностранный язык, составить диалоги «Покупка ж/д, авиа билета», «Прохождение таможни», в грамматических упражнениях раскрыть скобки и поставить глагол в правильной временной форме.

Тема 7:
Часть А: Социально-культурная сфера: Отель. Бронирование номера. Гостиничный сервис.
Часть Б: Грамматика:
Англ, нем, фр: модальные глаголы

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Знать лексику по теме «Отель», модальные глаголы и уметь употреблять их в речи.

Примерные задания по теме: заполнить карточку гостя в отеле, восстановить логический порядок в диалоге, составить диалог «Заказ номера в отеле», перевести предложения, используя модальные глаголы.

Тема 8:
Часть А: Социально-культурная сфера:
Покупки. Товары. Магазины
Часть Б: Грамматика:
Англ, нем, фр: система времен в страдательном залоге

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Знать лексику по теме «Магазины», систему времен в страдательном залоге и уметь употреблять их в речи.

Примерные задания по теме: соотнести магазины с товарами, которые они продают, вставить в предложениях пропущенные слова из списка, составить диалог между продавцом и покупателем в магазине, переделать предложения из активного залога в пассивный.

Тема: 9
Часть А: Социально-культурная сфера:
Еда. Здоровое питание. Традиции русской и других национальных кухонь. Заказ блюд в кафе.
Часть Б: Грамматика:
Англ, нем., фр.яз. Согласование времен. Косвенная речь

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Знать лексику по теме «Еда», согласование времен, косвенную речь и уметь употреблять их в речи.

Примерные задания по теме: соотнести английские и русские выражения, перевести пропущенные реплики в диалоге, распределить блюда по категориям «закуски, первое блюдо, второе блюдо, десерт», распределить продукты по категориям фрукты, овощи,

молочные продукты, мясо, хлеб», составить свой диалог в кафе между официантом и посетителем, преобразуйте предложения в косвенную речь.

Тема 10:
Часть А: Профессиональная сфера:
Избранное направление профессиональной деятельности.
Грамматика:
Англ, нем., фр.яз. Условные предложения.

Форма проведения: опрос

Необходимо осветить следующие вопросы: на каком факультете вы учитесь, какие специализированные предметы вы изучаете, ваша будущая специальность, почему вы выбрали эту специальность, плюсы и минусы вашей будущей профессии, роль иностранного языка в будущей профессии, знания, опыт и навыки, которые понадобятся в вашей будущей профессии, важные качества, необходимые для достижения профессионального успеха, правила употребления времен в условных предложениях.

Зачет

Зачет включает в себя:
1. Письменное выполнение заданий на точное понимание содержания прочитанного текста на иностранном языке, с использованием словаря (количество вопросов в работе – 2);
2. Лексико-грамматический тест (количество заданий –20).

Для выполнения письменных заданий, предложенных к текстам, студентам необходимо внимательно прочитать текст и понять его содержание, работая со словарем. Ответы на поставленные вопросы должны быть оформлены в письменном виде, должны быть точными, соответствовать содержанию прочитанного текста. Любые ошибки могут служить поводом для снижения оценки. Рекомендуемое время, отводимое для чтения текста и выполнения письменных заданий к нему – 60 минут.

При выполнении предложенных тестовых заданий, следует внимательно прочитать каждый из поставленных вопросов и предлагаемые варианты ответа. В качестве ответа надлежит выбрать один индекс, соответствующий правильному ответу. Тестовые задания составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из предложенных вариантов ответа. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 15 минут.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет включает в себя:
1) письменное выполнение заданий на точное понимание содержания прочитанного текста на иностранном языке с использованием словаря (количество вопросов в работе – 2);
2) лексико-грамматический тест (количество заданий – 20)

При подготовке к экзамену следует повторить лексический и грамматический материал с 1 по 5 семестр. Ответы на письменные задания должны быть точными, соответствующими содержанию текста, грамматически, лексически и синтаксически правильно оформленными. Ответ, представляющий бессвязный набор слов

рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный зачет может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк). Рекомендуемое время, отводимое для чтения текста и выполнения письменных заданий к нему – 60 минут.

Прежде чем приступить к выполнению тестовых заданий обучающийся должен внимательно ознакомиться со всеми предложенными вопросами. Далее, в соответствии с инструкцией к тестовым заданиям, студент должен ответить на поставленные вопросы: выбрать один или несколько ответов из предложенного списка, установить соответствие элементов двух списков, расположить элементы списка в определенной последовательности, самостоятельно сформулировать ответ и т.д. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 30 минут.

Критерии оценивания

Опрос

Критерии оценивания: правильность ответа на вопросы, всесторонность и глубина ответа (полнота), лексически верное оформление ответ, грамматически верное оформление ответа логически верное оформление ответа. Каждый показатель – 1 балл.
Критерии оценки:
оценка «отлично» 5 баллов (90-100%) -
оценка «хорошо» 4 балла (70-89%)- оценка «хорошо»
оценка «удовлетворительно» 3 бал-ла (50-69%)
оценка «неудовлетворительно» 0-2 балла (0-49%)

Практико-ориентированные задания

Критерии оценивания: логичность изложения материала (1-2 балла), решение коммуникативной задачи (1 балл), соответствие словарного запаса поставленной коммуникативной задаче (1 балл), использование разнообразных грамматических конструкций в соответствии с поставленной задачей (1 балл).

Критерии оценки:

4-5 баллов (90-100%) - оценка «отлично»

3 балла (70-89%) - оценка «хорошо»

2 балла (50-69%) - оценка «удовлетворительно»

0-1 балл (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

Доклад

Критерии оценивания доклада: новизна текста, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдение требований к оформлению.

Новизна текста - формулирование нового аспекта известной проблемы; умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; наличие авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений – 4 балла.

Степень раскрытия сущности вопроса - соответствие содержания доклада его теме; полнота и глубина знаний по теме; умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по вопросу (проблеме); оценка использованной литературы (привлечены ли наиболее известные работы по теме доклада, статистические данные, справки и т.д.) – 5 баллов.

Соблюдение требований к оформлению доклада - правильность оформления ссылок на источники, списка использованных источников; грамотное изложение текста (орфографическая, пунктуационная, стилистическая культура); владение терминологией; соблюдение требований к объёму доклада – 5 баллов.

Критерии оценивания публичного выступления (защита доклада): логичность построения выступления; грамотность речи; глубина выводов; умение отвечать на вопросы; оригинальность формы представления результата; поведение при защите работы (манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.) – 5 баллов.

Критерии оценивания презентации доклада - эстетическое оформление; использование эффектов анимации – 2 балла.

Всего –21 балл

Оценка «отлично» - доклад полностью соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки)– 19-21 балл (90-100%).

Оценка «хорошо» - доклад в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 15-18 баллов (70-89%).

Оценка «удовлетворительно» - доклад частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 11-14 баллов (50-69%.).

Оценка «неудовлетворительно» - доклад не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 0-13 баллов (0-49%).

Зачет/ Дифференцированный зачет

Критерии оценивания: правильность ответа - 1 балл.

Критерии оценки:

оценка «отлично» 20-22 балла (90-100%)

оценка «хорошо» 16-19 баллов (70-89%)

оценка «удовлетворительно» 11-15 баллов (50-69%)

оценка «неудовлетворительно» 0-10 баллов (0-49%)

Список литературы

Основная литература

Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Агабекян, И. П. Английский язык для ссузов: учебное пособие / И. П. Агабекян. - Москва : Проспект, 2009. - 288 с. .	362
2	Голицынский Ю.Б. Грамматика: сборник упражнений / Ю. Б. Голицынский. - Изд. 8-е, испр. - Санкт-Петербург : КАРО, 2017. - 576 с.	5

Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Хайрова, Н.Ва. Немецкий язык для технических колледжей : учебное пособие / Н. В. Хайрова, Л. В. Синельщикова, В. Я. Бондарева. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. - 384 с.	90

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Попова, И. Н. Французский язык: учебник для 1 курса ВУЗов и факультетов иностранных языков = Manuel de Francais : учебник / И. Н. Попова, Ж. А. Казакова, Г. М. Ковальчук . - 21-е изд., испр. . - Москва : Нестор Академик, 2008. - 576 с.	1
2	Трушкина, И. А. Грамматика французского языка : учебное пособие по французскому языку : для студентов всех специальностей / И. А. Трушкина ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2011. - 45	20

Дополнительная литература

Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Мясникова, Ю.М. BRITAIN AND THE BRITISH : учебное пособие по английскому языку для студентов 1 и 2 курсов / Ю. М. Мясникова ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. Часть 1. - 2-е изд., стер. - 2013. - 52 с.	48
2	Мясникова, Ю.М. BRITAIN AND THE BRITISH: учебное пособие по английскому языку для студентов 1 и 2 курсов всех направлений и специальностей / Ю. М. Мясникова ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. Часть 2. - 2-е изд., стер. - 2017. - 48 с.	20
3	Безбородова, С. А. Английский язык в сфере профессиональной коммуникации: машиностроение [Текст] : учебное пособие по английскому языку для студентов I и II курсов направлений бакалавриата: 15.03.01 - "Машиностроение" (МШС), 15.03.02 - "Технологические машины и оборудование" (ТМО) / С. А. Безбородова ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. Часть I. - 2017. - 49 с	20

Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Тельтевская, Л. И. Немецкий язык : учебное пособие для студентов 1 курса / Л. И. Тельтевская ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. Часть 1. - 2016. - 72 с. -	30
2	Носков, С. А. DEUTSCH. Новый самоучитель немецкого языка : учебник / С. А. Носков. - Москва : АСТ ; Минск : Харвест, 2010. - 400 с	90
3	Тельтевская, Л.И. Немецкий язык : учебное пособие / Л. И. Тельтевская ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2008. - 84 с	2
4	Франюк, Екатерина Евгеньевна. Немецкий язык : методическая разработка по развитию навыков устной речи для студентов 1, 2 курсов всех специальностей / Е. Е. Франюк ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2008. - 47 с	4
5	Немецкий язык для технических вузов = Deutsch fur technische Hochschulen : учебник для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям подготовки (квалификация (степень) "бакалавр"), дисциплине "Немецкий язык" / Н. В. Басова [и др.] ; под ред. Т. Ф. Гайвоненко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральный институт развития образования. - 13-е изд., перераб. и доп. - Москва : Кнорус, 2017. - 510 с.	40

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Трушкина, И. А. Французский язык : учебное пособие по французскому языку : для студентов 1 курса всех специальностей / И. А. Трушкина ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2011. - 54 с.	30
2	Загрязкина, Т.Ю. Франция сегодня : учебное пособие / Татьяна Юрьевна Загрязкина Т. Ю. - 3-е изд., испр. - Москва : КДУ, 2005. - 240 с.	10
3	Коржавин, А.В. Практический курс французского языка (для технических вузов) : учебник / Аркадий Васильевич Коржавин А. В. - Москва : Высшая школа, 2000. - 247 с.	10

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Трушкина, И. А. Французский язык : учебное пособие по французскому языку : для студентов 1 курса всех специальностей / И. А. Трушкина ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2011. - 54 с.	30
2	Загрязкина, Т.Ю. Франция сегодня : учебное пособие / Татьяна Юрьевна Загрязкина Т. Ю. - 3-е изд., испр. - Москва : КДУ, 2005. - 240 с.	10
3	Коржавин, А.В. Практический курс французского языка (для технических вузов) : учебник / Аркадий Васильевич Коржавин А. В. - Москва : Высшая школа, 2000. - 247 с.	10

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры

Физической культуры

(название кафедры)

Зав.кафедрой _____

(подпись)

Шулиманов Д.Ф.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 01.04.2019

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горномеханического

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

Барановский В.П.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019

(Дата)

Екатеринбург
2019

Содержание

Цели и задачи дисциплины ……..3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению теста ……..…….3
Содержание теста…….3
Вопросы для проведения опроса……..9
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом ……11
Выполнение работы над ошибками……...……..25

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению теста

Задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, фамилия преподавателя у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в тесте.

Выполненный тест необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если тест выполнен без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура» представлен, тест, вопросы для проведения опроса, самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой.

4. Содержание теста

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности

3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими	А) во время занятий выполняются двигательные

	упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения. Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня,	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом

	потому что:	предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма
21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите,	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1

	какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	Г) 4,2 ,3, 1
27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений

34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи

41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя
42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Критерии оценивания теста

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат теста

Тест оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Определение понятий в области физической культуры
2. Понятие «здоровье» и основные его компоненты
3. Факторы, определяющие здоровье человека.
4. Образ жизни и его составляющие.
5. Разумное чередование труда и отдыха, как компонент ЗОЖ.
6. Рациональное питание и ЗОЖ.
7. Отказ от вредных привычек и соблюдение правил личной и общественной гигиены.
8. Двигательная активность — как компонент ЗОЖ.
9. Выполнение мероприятий по закаливанию организма.
10. Физическое самовоспитание и самосовершенствование как необходимое условие реализации мероприятий ЗОЖ.
11. Врачебный контроль как обязательная процедура для занимающихся физической культурой.
12. Самоконтроль — необходимая форма контроля человека за физическим состоянием.
13. Методика самоконтроля физического развития.
14. Самостоятельное измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.
15. Проведение функциональных проб для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы.

16. Проведение функциональных проб для оценки деятельности дыхательной системы.
17. Самоконтроль уровня развития физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости, силы и выносливости
18. Ведение дневника самоконтроля.
19. Цель и задачи физического воспитания в вузе.
20. Специфические функции физической культуры.
21. Социальная роль и значение спорта.
22. Этапы становления физической культуры личности студента.
23. Понятия физическая культура, физическое воспитание, физическое развитие, физическое совершенство.
24. Реабилитационная физическая культура, виды, краткая характеристика.
25. Разделы учебной программы дисциплины «Физическая культура».
26. Комплектование учебных отделений студентов для организации и проведения занятий по физическому воспитанию.
27. Преимущества спортивно-ориентированной программы дисциплины «Физическая культура» для студентов.
28. Особенности комплектования студентов с различным характером заболеваний в специальном учебном отделении.
29. Зачетные требования по учебной дисциплине «Физическая культура».
30. Формирование двигательного навыка.
31. Устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов.
32. Мотивация и направленность самостоятельных занятий.
33. Утренняя гигиеническая гимнастика.
34. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
35. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
36. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
37. Особенности самостоятельных занятий женщин.
38. Мотивация и направленность самостоятельных занятий. Утренняя гигиеническая гимнастика.
39. Физические упражнения в течение учебного дня: физкультминутки, физкультпаузы.
40. Самостоятельные тренировочные занятия: структура, требования к организации и проведению.
41. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
42. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
43. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
44. Особенности самостоятельных занятий женщин.
45. Роль физической культуры в профессиональной деятельности бакалавра и специалиста.
46. Производственная физическая культура, ее цели и задачи.
47. Методические основы производственной физической культуры.
48. Производственная физическая культура в рабочее время.
49. Физическая культура и спорт в свободное время.
50. Профилактика профессиональных заболеваний и травматизма средствами физической культуры.
51. Понятие ППФП, её цель, задачи. Прикладные знания, умения и навыки.
52. Прикладные психические качества.
53. Прикладные специальные качества.
54. Факторы, определяющие содержание ППФП: формы труда, условия труда.
55. Факторы, определяющие содержание ППФП: характер труда, режим труда и отдыха.
56. Дополнительные факторы, определяющие содержание ППФП.
57. Средства ППФП.
58. Организация и формы ППФП в вузе.
59. Понятия общей и специальной физической подготовки.
60. Отличия понятий спортивная подготовка и спортивная тренировка.
61. Стороны подготовки спортсмена.
62. Средства спортивной подготовки.
63. Структура отдельного тренировочного занятия.
64. Роль подготовительной части занятия в тренировочном процессе.
65. Понятие «физическая нагрузка», эффект ее воздействия на организм.
66. Внешние признаки утомления.
67. Виды и параметры физических нагрузок.
68. Интенсивность физических нагрузок.
69. Психофизиологическая характеристика умственной деятельности.
70. Работоспособность: понятие, факторы, периоды
71. Физические упражнения в течение учебного дня для поддержания работоспособности.
72. Бег как самое эффективное средство восстановления и повышения работоспособности.
73. Плавание и работоспособность.
74. Методические принципы физического воспитания, сущность и значение.
75. Принципы сознательности и активности, наглядности в процессе физического воспитания.

76. Принципы доступности и индивидуализации, систематичности и динамичности.
77. Средства физической культуры.
78. Общепедагогические методы физического воспитания.
79. Методы обучения технике двигательного действия.
80. Этапы обучения двигательного действия.
81. Методы развития физических качеств: равномерный, повторный, интервальный.
82. Метод круговой тренировки, игровой и соревновательный методы.
83. Сила как физическое качество, общая характеристика силовых упражнений.
84. Методы развития силы.
85. Выносливость — виды выносливости, особенности развития выносливости.
86. Развитие физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости.
87. Понятие «спорт». Его принципиальное отличие от других видов занятий физическими упражнениями.
88. Массовый спорт: понятие, цель, задачи.
89. Спорт высших достижений: понятие, цель, задачи.
90. Студенческий спорт, его организационные особенности.
91. Студенческие спортивные соревнования.
92. Студенческие спортивные организации.
93. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «ГТО» (Готов к труду и обороне).

6. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом

1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий

Планирование самостоятельных занятий осуществляется студентами при консультации преподавателей и должно быть направлено на достижение единой цели – сохранение хорошего здоровья, поддержание высокого уровня физической и умственной работоспособности, достижение поставленной задачи.

Существуют три формы самостоятельных занятий:

1. Утренняя физическая гимнастика (УФГ).

2. Упражнения в течение учебного (рабочего) дня.

3. Самостоятельные тренировочные занятия.

1.1.1. Утренняя физическая гимнастика

Выполняется ежедневно. В комплекс УФГ следует включать упражнения для всех групп мышц, упражнения на гибкость и дыхание, бег, бег (прыжковые упражнения).

Не рекомендуется выполнять:

- упражнения статического характера;
- со значительными отягощениями;
- упражнения на выносливость.

При выполнении УФГ рекомендуется придерживаться определенной последовательности выполнения упражнений:

- медленный бег, ходьба (2-3 мин.);
- потягивающие упражнения в сочетании с глубоким дыханием;
- упражнение на гибкость и подвижность для мышц рук, шеи, туловища и ног;
- силовые упражнения без отягощений или с небольшими отягощениями для рук, туловища, ног (сгибание-разгибание рук в упоре лежа, упражнения с легкими гантелями, с эспандерами);
- различные наклоны в положении стоя, сидя, лежа, приседания на од-ной и двух ногах и др.;
- легкие прыжки или подскоки (например, со скалкой) – 20-30 с.;
- упражнения на расслабление с глубоким дыханием.

При составлении комплексов УФГ рекомендуется физиологическую нагрузку на организм повышать постепенно, с максимумом во второй половине комплекса. К концу выполнения комплекса нагрузка снижается и организм приводится в спокойное состояние.

Между сериями из 2-3 упражнений (а при силовых – после каждого) выполняется упражнение на расслабление или медленный бег (20-30с.).

УФГ должна сочетаться с самомассажем и закаливанием организма. Сразу же после выполнения комплекса УФГ рекомендуется сделать самомассаж основных мышечных групп ног, туловища, рук (5-7 мин.) и выполнить водные процедуры с учетом правил и принципов закаливания.

1.1.2. Упражнения в течение учебного дня

Выполняются в перерывах между учебными и самостоятельными занятиями.

Они обеспечивают предупреждение наступающего утомления, способствуют поддержанию высокой работоспособности на длительное время без перенапряжения.

При выполнении этих упражнений следует придерживаться следующих правил:

1. Проводить в хорошо проветренных помещениях или на открытом воздухе.
2. Растягивать и расслаблять мышцы, испытывающие статическую нагрузку.
3. Нагружать неработающие мышцы.

1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия

Можно проводить индивидуально или в группе из 3-5 человек и более. Групповая тренировка более эффективна, чем индивидуальная. Заниматься рекомендуется 3-4 раза в неделю по 1,5 -2 часа. Заниматься менее двух раз в неделю нецелесообразно, т.к. это не способствует повышению уровня тренированности организма. Тренировочные занятия должны носить комплексный характер, т.е. способствовать развитию всего комплекса физических качеств, а также укреплению здоровья и повышению общей работоспособности организма.

Каждое самостоятельное тренировочное занятие состоит из трех частей:

1. Подготовительная часть (разминка) (15-20 мин. для одночасового занятия): ходьба (2-3 мин.), медленный бег (8-10 мин.), общеразвивающие упражнения на все группы мышц, соблюдая последовательность «сверху вниз», затем выполняются специально-подготовительные упражнения, выбор которых зависит от содержания основной части.

2. В основной части (30-40 мин.) изучаются спортивная техника и тактика, осуществляется тренировка развития физических, волевых качеств. При выполнении упражнений в основной части занятия необходимо придерживаться следующей последовательности:

После разминки выполняются упражнения, направленные на изучение и совершенствование техники, и упражнения на быстроту, затем упражнения для развития силы и в конце основной части занятия – для развития выносливости.

3. В заключительной части (5-10 мин.) выполняются медленный бег (3-8 мин.), переходящий в ходьбу (2-6 мин.), упражнения на расслабление в сочетании с глубоким дыханием, которые обеспечивают постепенное снижение тренировочной нагрузки и приведение организма в сравнительно спокойное состояние.

1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий

Методические принципы, которыми необходимо руководствоваться при проведении самостоятельных тренировочных занятий, следующие:

- принцип сознательности и активности предполагает углубленное изучение занимающимися теории и методики спортивной тренировки, осознанное отношение к тренировочному процессу, понимание целей и задач занятий, рациональное применение средств и методов тренировки в каждом занятии, учет объема и интенсивности выполняемых упражнений и физических нагрузок, умение анализировать и оценивать итоги тренировочных занятий;

- принцип систематичности требует непрерывности тренировочного процесса, рационального чередования физических нагрузок и отдыха, преемственности и последовательности тренировочных нагрузок от занятия к занятию. Эпизодические занятия или занятия с большими перерывами (более 4-5 дней) неэффективны и приводят к снижению достигнутого уровня тренированности;

- принцип доступности и индивидуализации обязывает планировать и включать в каждое тренировочное занятие физические упражнения, по своей сложности и интенсивности

доступные для выполнения занимающимися. При определении содержания тренировочных занятий необходимо соблюдать правила: от простого – к сложному, от легкого – к трудному, от известного – к неизвестному, а также осуществлять учет индивидуальных особенностей занимающихся: пол, возраст, физическую подготовленность, уровень здоровья, волевые качества, трудолюбие, тип высшей нервной деятельности и т.п. Подбор упражнений, объем и интенсивность тренировочных нагрузок нужно осуществлять в соответствии с силами и возможностями организма занимающихся;

- принцип динамичности и постепенности определяет необходимость повышения требований к занимающимся, применение новых, более сложных физических упражнений, увеличение тренировочных нагрузок по объему и интенсивности. Переход к более высоким тренировочным нагрузкам должен проходить постепенно с учетом функциональных возможностей и индивидуальных особенностей занимающихся.

Если в тренировочных занятиях был перерыв по причине болезни, то начинать занятия следует после разрешения врача при строгом соблюдении принципа постепенности. Вначале тренировочные нагрузки значительно снижаются и постепенно доводятся до занимающегося в тренировочном плане уровня.

Все выше перечисленные принципы находятся в тесной взаимосвязи. Это различные стороны единого, целостного повышения функциональных возможностей занимающихся.

1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин

Организм женщины имеет анатомо-физиологические особенности, которые необходимо учитывать при проведении самостоятельных занятий физическими упражнениями или спортивной тренировки. В отличие от мужского, у женского организма менее прочное строение костей, ниже общее развитие мускулатуры тела, более широкий тазовый пояс и мощнее мускулатура тазового дна. Для здоровья женщины большое значение имеет развитие мышц брюшного пресса, спины и тазового дна. От их развития зависит нормальное положение внутренних органов. Особенно важно развитие мышц тазового дна.

Одной из причин недостаточного развития этих мышц у студенток и работниц умственного труда является малоподвижный образ жизни. При положении сидя мышцы тазового дна не противодействуют внутрибрюшному давлению и растягиваются от тяжести лежащих над ними органов. В связи с этим мышцы теряют свою эластичность и прочность, что может привести к нежелательным изменениям положения внутренних органов и к ухудшению их функциональной деятельности.

Ряд характерных для организма женщины особенностей имеется и в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем. Все это выражается более продолжительным периодом восстановления организма после физической нагрузки, а также более быстрой потерей состояния тренированности при прекращении тренировок.

Особенности женского организма должны строго учитываться в организации, содержании, методике проведения самостоятельных занятий. Подбор физических упражнений, их характер и интенсивность должны соответствовать физической подготовленности, возрасту, индивидуальным возможностям студенток. Необходимо исключать случаи форсирования тренировок для того, чтобы быстро достичь высоких результатов. Разминку следует проводить более тщательно и более продолжительно, чем при занятиях мужчин. Рекомендуется остерегаться резких сотрясений, мгновенных напряжений и усилий, например, при занятиях прыжками и в упражнениях с отягощением. Полезны упражнения, в положении сидя, и лежа на спине с подниманием, отведением, приведением и круговыми движениями ног, с подниманием ног и таза до положения «березка», различного рода приседания.

Даже для хорошо физически подготовленных студенток рекомендуется исключить упражнения, вызывающие повышение внутрибрюшного давления и затрудняющие деятельность органов брюшной полости и малого таза. К таким упражнениям относятся прыжки в глубину, поднимание больших тяжестей и другие, сопровождающиеся задержкой дыхания и натуживанием.

При выполнении упражнений на силу и быстроту движений следует более постепенно увеличивать тренировочную нагрузку, более плавно доводить ее до оптимальных пределов, чем при занятиях мужчин.

Упражнения с отягощениями применяются с небольшими весами, сериями по 8-12 движений с вовлечением в работу различных мышечных групп. В интервалах между сериями выполняются упражнения на расслабление с глубоким дыханием и другие упражнения, обеспечивающие активный отдых.

Функциональные возможности аппарата кровообращения и дыхания у девушек и женщин значительно ниже, чем у юношей и мужчин, поэтому нагрузка на выносливость для девушек и женщин должна быть меньше по объему и повышаться на более продолжительном отрезке времени.

Женщинам при занятиях физическими упражнениями и спортом следует особенно внимательно осуществлять самоконтроль. Необходимо наблюдать за влиянием занятий на течение овариально-менструального цикла и характер его изменения. Во всех случаях неблагоприятных отклонений необходимо обращаться к врачу.

Женщинам противопоказаны физические нагрузки, спортивная тренировка и участие в спортивных соревнованиях в период беременности. После родов к занятиям физическими упражнениями и спортом рекомендуется приступать не ранее чем через 8-10 месяцев.

1.2. Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма

Данные самоконтроля записываются в дневник, они помогают контролировать и регулировать правильность подбора средств, методику проведения учебно-тренировочных занятий. У отдельных занимающихся количество показателей самоконтроля в дневнике и порядок записи могут быть различными, но одинаково важно для всех правильно оценивать отдельные показатели, лаконично фиксировать их в дневнике.

В дневнике самоконтроля рекомендуется регулярно регистрировать:

- субъективные данные (самочувствие, сон, аппетит, болевые ощущения);
- объективные данные (частота сердечных сокращений (ЧСС), масса тела, тренировочные нагрузки, нарушения режима, спортивные результаты).

Субъективные данные:

Самочувствие - отмечается как хорошее, удовлетворительное или плохое. При плохом самочувствии фиксируется характер необычных ощущений.

Сон - отмечается продолжительность и глубина сна, его нарушения (трудное засыпание, беспокойный сон, бессонница, недосыпание и др.).

Аппетит - Отмечается как хороший, удовлетворительный, пониженный и плохой. Различные отклонения состояния здоровья быстро отражаются, поэтому его ухудшение, как правило, является результатом переутомления или заболевания.

Болевые ощущения - фиксируются по месту их локализации, характеру (острые, тупые, режущие и т.п.) и силе проявления.

Объективные данные:

ЧСС – важный показатель состояния организма. Его рекомендуется подсчитывать регулярно, в одно и то же время суток, в покое. Лучше всего утром, лежа, после пробуждения, а также до тренировки (за 3-5 мин) и сразу после спортивной тренировки.

Нормальными считаются следующие показатели ЧСС в покое:

- мужчины (тренированные/не тренированные) 50-60/70-80;
- женщины (тренированные/не тренированные) 60-70/75-85.

С увеличением тренированности ЧСС понижается.

Интенсивность физической нагрузки также определяться по ЧСС, которая измеряется сразу после выполнения упражнений.

При занятиях физическими упражнениями рекомендуется придерживаться следующей градации интенсивности:

- малая интенсивность – ЧСС до 130 уд/мин. При этой интенсивности эффективного воспитания выносливости не происходит, однако создаются предпосылки для этого,

расширяется сеть кровеносных сосудов в скелетных мышцах и в сердечной мышце (целесообразно применять при выполнении разминки);

- средняя интенсивность от 130 до 150 уд/мин.;
- большая интенсивность – ЧСС от 150 до 180 уд/мин. В этой тренировочной зоне интенсивности к аэробным механизмам подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения, когда энергия образуется при распаде энергетических веществ в условиях недостатка кислорода;
- предельная интенсивность – ЧСС 180 уд/мин. и больше. В этой зоне интенсивности совершенствуются анаэробные механизмы энергообеспечения.

Существенным моментом при использовании ЧСС для дозирования нагрузки является ее зависимость от возраста.

Известно, что по мере старения уменьшается возможность усиления сердечной деятельности за счет учащения сокращения сердца во время мышечной работы. Оптимальную ЧСС с учетом возраста при продолжительных упражнениях можно определить по формулам:

- для начинающих: ЧСС (оптимальная) = 170 – возраст (в годах)
- для занимающихся регулярно в течении 1-2 лет:
- ЧСС (оптимальная) = 180 – возраст (в годах)

Зависимость максимальной величины ЧСС от возраста при тренировке на выносливость можно определить по формуле:

- ЧСС (максимальная) = 220 – возраст (в годах)

Например, для занимающихся в возрасте 18 лет максимальная ЧСС будет равна 220-18=202 уд/мин.

Важным показателем приспособленности организма к нагрузкам является скорость восстановления ЧСС сразу после окончания нагрузки. Для этого определяется ЧСС в первые 10 секунд после окончания нагрузки, пересчитывается на 1 мин. и принимается за 100%. Хорошей реакцией восстановления считается:

- снижение через 1 мин. на 20%;
- через 3 мин. – на 30%;
- через 5 мин. – на 50%,
- через 10 мин. – на 70 – 75%. (отдых в виде медленной ходьбы).

Масса тела должна определяться периодически (1-2 раза в месяц) утром натощак, на одних и тех же весах. В первом периоде тренировки масса обычно снижается, а затем стабилизируется и в дальнейшем за счет прироста мышечной массы несколько увеличивается. При резком снижении массы тела следует обратиться к врачу.

Тренировочные нагрузки в дневник самоконтроля записываются коротко, вместе с другими показателями самоконтроля они дают возможность объяснить различные отклонения в состоянии организма.

Спортивные результаты показывают, правильно ли применяются средства и методы тренировочных занятий. Их анализ может выявить дополнительные резервы для роста физической подготовленности и спортивного мастерства.

В процессе занятий физическими упражнениями рекомендуется периодически оценивать уровень своего физического развития и физической (функциональной) подготовленности.

1.2.1. Оценка физического развития

Проводится с помощью антропометрических измерений: рост стоя и сидя, масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких (ЖЁЛ) и сила кисти сильнейшей руки, которые дают возможность определить:

- уровень и особенности физического развития;
- степень его соответствия полу и возрасту;
- имеющиеся отклонения;
- улучшение физического развития под воздействием занятий физическими упражнениями.

Применяются следующие антропометрические индексы:

- Весо-ростовой показатель

- ВРП= масса тела (грамм.)/длина тела (см.)

Хорошая оценка:

- для женщин 360-405 г/см.;

- для мужчин 380-415 г/см.

Индекс Брока

Оптимальная масса тела для людей ростом от 155 до 165 см. равна длине тела в сантиметрах минус 100. При росте 165-175 см. вычитают 105, при росте более 175 см. – 110.

Силовой показатель (СП)

Показывает соотношение между массой тела и мышечной силой. Обычно, чем больше мышечная масса, тем больше сила. Силовой показатель определяется по формуле и выражается в процентах:

$$\frac{\text{сила (кг)}}{\text{общая масса тела (кг)}} \times 100$$

Для сильнейшей руки:

- для мужчин - 65-80%

- для женщин - 48-50%.

1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)

Определение резервных возможностей организма

Осуществляется с помощью физиологических проб сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем.

Общее требования:

1. Проводить в одно и то же время суток.

2. Не ранее чем через 2 часа после приема пищи.

3. При температуре 18-20 градусов, влажности менее 60%.

Функциональная проба с приседанием

Проверяемый отдыхает стоя 3 мин., на 4-й мин. подсчитывается ЧСС за 15 с. с пересчетом на 1 мин. (исходная частота). Далее выполняется 20 приседаний за 40 с., поднимая руки вперед. Сразу после приседаний подсчитывается ЧСС в течение первых 15 с. с пересчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседаний сравнительно с исходной в процентах.

Оценка:

- отлично – до 20%;

- хорошо – 20-40%;

- удовлетворительно – 40-65%;

- плохо – 66-75%;

- более 75%.

Ортостатическая проба

Применяется для оценки сосудистого тонуса.

Отдых 5 минут в положении лежа, подсчитывают ЧСС в положении лежа за 1 мин. (исходная ЧСС), после чего занимающийся встает, и снова подсчитывает пульс за 1 мин.

Оценка:

- «хорошо» - не более 11 ударов (чем меньше разница, тем лучше);

- «удовлетворительно» - от 12 до 18 ударов (потливость);

- «неудовлетворительно» - более 19 ударов (потливость, шум в ушах).

Проба Штанге (задержка дыхания на вдохе),

проба Генча (задержка дыхания на вдохе)

Оценивается устойчивость организма к недостатку кислорода, а также общий уровень тренированности.

После 5 мин. отдыха сидя, сделать 2-3 глубоких вдоха и выдоха, затем сделать полный вдох (выдох) и задержать дыхание. Отмечается время от момента задержания дыхания до ее прекращения.

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	90 сек	80 сек
Хорошо	80-89 сек	70-79 сек
Удовлетворительно	50-79 сек	40-69 сек
Неудовлетворительно	50 и ниже	40 и ниже

Проба Генча

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	45 сек	35 сек
Хорошо	40-44 сек	30-34 сек
Удовлетворительно	30-39 сек	20-29 сек
Неудовлетворительно	30 и ниже	20 и ниже

С нарастанием тренированности время задержания дыхания возрастает, при снижении или отсутствии тренированности – снижается.

Самоконтроль прививает занимающимся грамотное и осмысленное отношение к своему здоровью и к знаниям физической культурой и спортом, имеет большое воспитательное значение.

2. Другие виды самостоятельной работы

2.1. Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности

2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 метров)

Нормативы:

- у студенток нормативы в беге на 100 метров следующие: 15.7 сек - 5 очков; 16,0 - 4; 17,0 -3; 17,9 - 2; 18,7 - 1.

- студенты должны показать результаты в следующих пределах: 13,2 сек - 5 очков; 13,8 - 4; 14,0 - 3; 14,3 - 2; 14,6 - 1.

2.1.2. Техника выполнения упражнения

При анализе бега на 100 м. принято выделять следующие основные фазы:

- старт и стартовый разгон;
- бег по дистанции;
- финиширование.

Старт и стартовый разгон

Существует два вида старта: низкий и высокий. Экспериментальные данные показывают, что новичкам и спортсменам 2-го разряда лучше применять высокий старт. Такая закономерность наблюдается до результата 11,4-11,6 с. и объясняется технической сложностью низкого старта. Поэтому следует ограничиться только овладением техникой высокого старта.

По команде «На старт» занимающийся подходит к стартовой линии, ставит сильнейшую (толчковую ногу) вплотную к линии, маховая нога располагается на 1,5-2 стопы назад на носок, расстояние между ними 15-20 см. Туловище выпрямлено, руки опущены, вес тела распределяется равномерно на обе ноги.

По команде «Внимание» вес тела переносится на впереди согнутую стоящую ногу, разноименная рука вперед. Проекция плеч находится за стартовой линией на расстоянии 5-8 см. Взгляд направлен вперед - вниз.

По команде «Марш» бегун мощно разгибает толчковую ногу и стремится максимально быстро вынести маховую ногу вперед с постановкой ее сверху вниз на дорожку. Руки работают максимально активно, плечевой пояс не закрепощен, кисти расслаблены. Стартовый разгон характеризуется постепенным увеличением длины шагов, уменьшением наклона туловища и приближением стоп к средней линии.

Бег по дистанции

Перед бегущим стоит задача удержать развитую горизонтальную скорость до финиша. Этому будет способствовать сохранение длины и частоты шагов.

Во время бега маховая нога ставится с носка спереди проекции общего центра тяжести тела (ОЦТТ) сверху вниз. Взаимодействие маховой ноги с грунтом называется передним толчком. Задний толчок выполняется мощным разгибанием бедра и сгибанием стопы. Голова держится прямо. Руки согнуты (угол сгибания в локтевых суставах примерно 90 град.).

При движении руки вперед кисть поднимается до уровня плеч. Назад рука отводится до «отказа» и угол сгибания в локтевом суставе увеличивается. Пальцы рук слегка согнуты.

Финиширование

Наклон туловища увеличивается. На последних метрах дистанции необходимо стремиться не потерять свободы движений и пробегать финиш без снижения скорости.

2.1.3. Методы самостоятельной тренировки

- Повторный метод - повторное выполнение упражнений с около-предельной и предельной скоростью. Отдых продолжается до восстановления. Упражнения повторяются до тех пор, пока скорость не начнет снижаться.

- Переменный метод - когда пробегаются дистанции, например, с варьированием скорости и ускорения. Цель - исключить стабилизацию скорости («скоростной барьер»).

- Соревновательный метод - предполагает выполнение упражнений на быстроту в условиях соревнований. Эмоциональный подъем на соревнованиях способствует мобилизации на максимальные проявления быстроты, позволяет выйти на новый рубеж скорости.

2.1.4. Средства тренировки быстроты

Частоту движений, а вместе с ней и быстроту циклических движений развивают с помощью упражнений, которые можно выполнять с максимальной скоростью, а также с помощью скоростно-силовых упражнений для ациклических движений. При этом упражнения должны отвечать следующим требованиям:

- техника упражнений должна обеспечивать выполнение движений на предельных скоростях;

- упражнения должны быть хорошо освоены, чтобы не требовалось волевого усилия для их выполнения;

- продолжительность упражнений должна быть такой, чтобы скорость не снижалась вследствие утомления - 20-22 с.

Основным средством отработки бега по дистанции является бег с максимальной скоростью. Такой бег выполняется 5-6 раз по 30-40 метров. В тренировке можно чередовать бег в обычных, облегченных (с горки, угол 4-5 град.) и затрудненных (в горку или с сопротивлением) условиях.

Для развития скоростной выносливости рекомендуется пробегать большую дистанцию (120-150 м), когда очередная пробежка начинается при пульсе 120 уд/мин.

Для тренировки в беге на 100 метров следует использовать кроссы (6 км, 30 мин), повторный бег на отрезках 200 м в 3/4 силы. Спортивные игры (баскетбол, футбол) также приносят пользу в развитии быстроты.

Можно рекомендовать и упрощенную методику, обеспечивающую минимально необходимый уровень подготовленности:

- повторный метод - в одном занятии 3-4 пробегания по 20-30 метров с максимальной скоростью и интервалами отдыха для восстановления пульса до 110-120 уд/мин;

- переменный метод - пробегание 2-х отрезков по 30 метров с максимальной скоростью и последующим переходом на спокойный бег 150--200 метров. Выполняется 3-4 подхода.

Для ощутимого сдвига в подготовленности такие тренировки рекомендуется проводить 3-4 раза в неделю.

2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива

При подготовке к сдаче бега на 100 метров следует учитывать общие требования по питанию при занятиях физическими упражнениями:

1. По времени - прием пищи не менее чем за 2-3 часа.

2. По составу - не есть тяжелой пищи (мясо, яйца, масло, молочные продукты, жирную, долго перевариваемую пищу).

Не рекомендуется выходить на старт с переполненным желудком.

Непосредственно перед сдачей норматива необходимо провести разминку с использованием специальных упражнений:

1. Бег с высоким подниманием бедра.
2. Бег с «захлестыванием» голеней назад.
3. Семенящий бег.
4. Прыжки с ноги на ногу (шаги).
5. Бег в упоре стоя у гимнастической стенки.
6. Бег с ускорением с высокого старта с подачей стартовых команд (2-3 ускорения по 10-15 метров).

Разминка заканчивается за 10 минут до старта.

Непосредственно перед стартом нельзя отдыхать лежа, сидя, необходимо постоянно находиться в движении (прохаживаться, выполнять упражнения на растяжку). Частота сердечных сокращений непосредственно перед стартом должна быть 110 – 120 уд/мин.

Психологическая подготовка заключается в мысленном «прокручивании» в голове этапов преодоления дистанции: старта, стартового разбега, бега по дистанции, финиширования с концентрацией внимания на технике выполнения каждого этапа.

При выполнении теста не разрешается:

- наступать на линию старта (стартовая линия входит в дистанцию);
- перебегать на соседние дорожки.

2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин

(поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, ноги закреплены, руки за головой)

Нормативы: 60 раз - 5 очков, 50 - 4, 40 - 3, 30 - 2, 20 - 1.

Это упражнение используется для оценки развития мышц живота (брюшного пресса).

О мышцах брюшного пресса следует сказать особо. Эта группа мышц участвует в большинстве движений. Она создает хороший «мышечный корсет», охватывающий брюшную полость и способствующий нормальному функционированию внутренних органов, что положительно влияет на состояние здоровья.

2.2.1. Техника выполнения упражнения

И.п. (исходное положение) – лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы прижаты к полу, руки в замок за головой, локти разведены.

Это силовое упражнение состоит из 4-х фаз:

- поднимание туловища;
- фиксация его в вертикальном положении;
- опускание;
- пауза в горизонтальном положении.

Голова держится прямо, локти в стороны, дыхание ритмично.

2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин (подтягивание на перекладине)

Учебной программой по физической культуре предусмотрено тестирование студентов для определения уровня их силового развития. Нормативы следующие: 15 раз - 5 очков, 12 - 4, 9 - 3, 7 - 2, 5 - 1;

2.3.1. Техника выполнения упражнения

Каждый цикл подтягивания в висе на перекладине включает:

- исходное положение - вис на вытянутых руках хватом сверху (большими пальцами внутрь);
- подъем до пересечения подбородком линии перекладины;
- опускание в исходное положение.

При выполнении теста разрешается сгибание, разведение ног, запрещаются рывковые движения туловищем и руками, хлестовые движения ногами. Выполнение засчитывается только при полном выпрямлении рук в локтевых суставах.

Наиболее экономично подтягивание при хвате рук на ширине плеч. Если кисти рук расположены ближе друг к другу, то положение тела становится менее устойчивым и отклонения придется компенсировать за счет дополнительных мышечных усилий, что будет увеличивать энерготраты и снижать результат. Возрастают энерготраты и при широком хвате (шире плеч). Это связано с тем, что для фиксации лопаток при широком хвате требуется большая, чем при хвате на ширине плеч, сила мышц, приближающих лопатки к позвоночному столбу.

Опускание в вис (в исходное положение) после подтягивания должно выполняться спокойно. Дыхание не задерживается.

2.3.2. Методы развития силы

На практике распространены следующие методы силовой подготовки:

- метод максимальных усилий;
- метод повторных усилий;
- метод динамических усилий.

Согласно методу максимальных усилий выполнение упражнений организуется таким образом, чтобы занимающийся смог подтянуться 1-3 раза в одном подходе (при условии, что он способен самостоятельно подтянуться как минимум 2-3 раза). Такое достигается за счет применения дополнительного внешнего отягощения. Делается 5-6 подходов с перерывами 2-4 минуты.

По методу повторных усилий подтягивания в одном подходе выполняются до «отказа». Если занимающийся имеет максимальный индивидуальный показатель 10-15 подтягиваний и более, то следует применять отягощение весом 30-70% от максимального. Например, занимающийся может подтянуться 1 раз с максимальным отягощением 10 кг. Значит, для тренировки по методу повторных усилий следует подобрать вес отягощения 3-7 кг. Выполняется 3-6 подходов с отдыхом между ними 2-4 мин.

Разнообразить упражнения можно, применяя метод динамических усилий. Если занимающийся легко выполняет 10-15 подтягиваний, то следует применять отягощения до 30% от максимального. В одном подходе 10-15 повторений. Темп - максимально быстрый. Всего 3-6 подходов. Во время отдыха следует добиваться наиболее полного восстановления, чтобы в следующем подходе выполнить упражнение без существенной потери скорости.

Сравнивая динамический и статический методы развития силы, необходимо отметить следующее:

- При динамическом режиме работы мышц происходит достаточное кровоснабжение. Мышца функционирует как насос - при расслаблении наполняется кровью и получает кислород и питательные вещества.

- Во время статического усилия мышца постоянно напряжена и непрерывно давит на кровеносные сосуды. В результате она не получает кислород и питательные вещества. Это ограничивает продолжительность работы мышц.

2.4. Тест на общую выносливость - бег 2000 и 3000 метров

Нормативы:

- студентки - бег 2000 метров - 10 мин.15 сек. - 5 очков; 10.50 - 4; 11.15 - 3; 11.50 - 2; 12.15 - 1;

- студенты - бег 3000 метров - 12.00 - 5; 12.35 - 4; 13.10 - 3; 13.50 - 2; 14.00 - 1.

2.4.1. Техника бега на длинные дистанции

Бег на средние и длинные дистанции начинается с высокого старта. По команде «На старт!» бегун ставит у линии более сильную ногу, а другую отставляет назад на носок (на 30 – 50 см), немного сгибает ноги, туловище наклоняет вперед и тяжесть тела переносит на впереди стоящую ногу. По команде «Марш!» бегун начинает бег, делая первые шаги в большом наклоне, который постепенно уменьшается. Длина шагов увеличивается, бег ускоряется, бегун

набирает скорость и в короткое время переходит к свободному бегу на дистанции. Бег на дистанции. Во время бега на дистанции туловище вертикально или слегка наклонено вперед (5-7°). Небольшой наклон туловища вперед позволяет лучше использовать силы отталкивания и быстрее продвигаться вперед. Слишком большой наклон приводит к «падающему» бегу, при котором труднее выносить вперед согнутую ногу, в связи с чем уменьшается длина шага, а следовательно, и скорость бега. Кроме того, при большом наклоне постоянно напряжены мышцы, удерживающие туловище от увеличивающегося наклона. Отсутствие наклона ухудшает условия отталкивания, однако улучшает возможность выноса вперед согнутой в коленном суставе свободной ноги. При правильном положении туловища создаются благоприятные условия для работы мышц и внутренних органов. Наклон туловища у бегунов изменяется в пределах 2-3°: увеличивается к моменту отталкивания и уменьшается в полетной фазе. Положение головы существенно влияет на положение туловища. Надо держать голову прямо и смотреть вперед. В фазе отталкивания таз подается вперед, что является важной особенностью техники бега на длинные дистанции и позволяет полнее использовать силу реакции опоры. В технике бега на длинные дистанции важнее всего движения ног. Нога, немного согнутая, ставится на грунт упруго и эластично с передней части стопы, а затем касается его всей стопой. Постановка ноги на переднюю часть стопы позволяет эффективнее использовать эластические свойства мышц голени, активно участвующие в отталкивании. Следы стоп на дорожке у бегунов находятся на одной линии, носки почти не разворачиваются в стороны. Эффективное отталкивание характеризуется выпрямлением ноги во всех суставах. Угол отталкивания в беге на средние дистанции примерно равен 50-55°. При правильном отталкивании таз подан вперед, голень маховой согнутой ноги параллельна бедру толчковой ноги. Быстрый вынос маховой ноги вперед облегчает отталкивание. Бегуны на длинные дистанции меньше поднимают бедро маховой ноги вверх, чем бегуны на средние и короткие дистанции. Длина шага на длинные дистанции не постоянна даже у одних и тех же бегунов. Колебания зависят от наступившего утомления, неравномерности пробегания отдельных участков дистанции, качества беговой дорожки, ветра и состояния бегуна. Обычно шаг с сильнейшей ноги на несколько сантиметров больше, чем шаг со слабейшей ноги. Длина шага равна 160 – 215 см. Повышение скорости бега за счет увеличения длины шага ограничено, так как слишком длинный шаг требует очень больших затрат сил. Кроме того, длина шага в основном зависит от индивидуальных данных бегуна. Поэтому скорость бега повышают за счет увеличения частоты шагов, которая зависит от тренированности бегуна. Движения плечевого пояса и рук связаны с движениями ног. Выполнять их надо легко, не напряженно. Это во многом зависит от умения расслаблять мышцы плечевого пояса. Движения рук помогают бегуну сохранять равновесие тела во время бега. Амплитуда движения рук зависит от скорости бега. Кисти при движении вперед не пересекают средней линии тела и поднимаются примерно до уровня ключицы. При движении рук назад кисти доходят до задней линии туловища (если смотреть на бегуна сбоку). Руки двигаются маятникообразно, пальцы рук свободно сложены, предплечья не напряжены, плечи не поднимаются вверх. При финишировании, длина которого зависит от дистанции и оставшихся сил бегуна, движения руками делаются быстрее, наклон тела увеличивается, а угол отталкивания уменьшается. Спортсмен переходит на скоростной бег, при котором скорость повышается главным образом за счет увеличения частоты шагов. К концу дистанции вследствие утомления некоторые бегуны наклоняют туловище назад. Такое положение туловища не способствует эффективности бега, так как усилия отталкивания направляются больше вверх. Техника бега на вираже имеет некоторые особенности: туловище немного наклонено влево, к бровке, правая рука движется несколько размашистей левой, причем правый локоть дальше отводится в сторону, а правая стопа ставится с некоторым поворотом внутрь. Ритм дыхания зависит от индивидуальных особенностей и скорости бега (с увеличением скорости бега увеличивается и частота дыхания). Бегун не должен задерживать дыхание. Дышать следует одновременно через нос и полуоткрытый рот, при этом важно следить за полным выдохом.

2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения самостоятельных тренировок

В некоторых случаях тренировка может стать причиной различных осложнений, включая травмы опорно-двигательного аппарата.

Основная причина травматизма опорно-двигательного аппарата - перенапряжение. Слишком быстрое увеличение тренировочных нагрузок является чрезмерным для детренированных мышц, связок и суставов. К дополнительным факторам, способствующим повреждению опорно-двигательного аппарата, можно отнести:

- бег по твердому грунту;
- избыточную массу тела;
- обувь, не пригодную для бега;
-грубые ошибки в технике.

Следовательно, меры по профилактике травм должны быть направлены на устранение или ослабление воздействия этих факторов:

- Во время кроссового бега часто болит в правом боку (печень), либо в левом боку (селезенка). Печень важный орган в жизнедеятельности нашего организма (синтез жиров и углеводов, обмен белков и витаминов) является кровяным депо. Так вот в результате переполнения кровью печени возникают колики. Глубокое дыхание снижает приток крови к правому предсердию, уменьшает болевые ощущения. Бег не надо прекращать, необходимо снизить скорость передвижения и стараться дышать глубже.

- В процессе тренировок после значительного перерыва (отдыха) или при резком увеличении нагрузок могут появляться боли в мышцах, как правило, на другой день. Во время физической работы в организме образуются продукты распада, часть которых выводится из организма через мочевыделительную систему, а другая часть, в том числе, молочная кислота задерживается в мышечных тканях. Чтобы избавиться от нее, необходимо мышцу непосредственно после физической нагрузки заставить растянуться (с помощью упражнений на растяжение), а на следующий день выполнять какую-либо физическую работу, т.е. сокращаться. Эти меры помогут ускорить вывод молочной кислоты из мышц. Боли могут длиться несколько дней и если не предпринимать никаких мер, мышца теряет эластичность, становиться твердой. В этом случае могут помочь: массаж, банные процедуры, применение согревающих мазей и гелей.

- При выполнении напряженной физической работы длительное время, например, кроссовый бег, возникают такие состояния, которые получили название «мертвая точка» и «второе дыхание». Уже через некоторое время бега в организме начинаются изменения, которые заставляют нас прекратить мышечную деятельность. Такое временное снижение работоспособности получило название «мертвая точка». Механизм возникновения такого состояния недостаточно изучен. Предполагают, что он обусловлен временным нарушением деятельности скелетных мышц и органов, обеспечивающих доставку кислорода в организм. Эти нарушения приводят к изменениям в работе нервных центров, что, в свою очередь, приводит к нарушениям в работе отдельных физиологических систем. Время возникновения и продолжительность этого состояния зависит от многих факторов, в частности от длительности и интенсивности физической нагрузки (например, при беге на 5-10 км и более возникает через 5-6 мин бега), от тренированности. Чем лучше тренирован человек, тем позже возникает это состояние и протекает менее тяжело (почти незаметно). Преодоление этого состояния требует значительного волевого усилия. В процессе проведения учебных и тренировочных занятий необходимо приучать себя преодолевать это неприятное ощущение, возникающее при кислородной недостаточности и накоплении продуктов кислотно-щелочного распада при обмене веществ. Наступлению «второго дыхания» способствуют усиленные дыхательные упражнения, глубокие выдохи, освобождающие организм от накопившейся углекислоты, что способствует наступлению кислотно-щелочного баланса в организме. Преодолеть состояние «мертвой точки» можно, если снизить интенсивность физической нагрузки, но это нежелательно, т.к. не будет адаптации организма к такого рода деятельности.

- При занятиях физическими упражнениями могут возникнуть отклонения в деятельности сердца - учащенное сердцебиение. Оно может быть следствием стенокардии,

ссоры, неурядицы в быту, семье, боязни, страха, дистрофий миокарда. Возникновение болей - сигнал опасности, в этих случаях необходимо прекратить занятия и обратиться к врачу.

- Существует состояние, называемое гравитационным шоком. Часто возникает при внезапной остановки после относительно интенсивного бега (чаще после финиша) в связи с прекращением действия «мышечного насоса». Большая масса крови застаивается в раскрытых капиллярах и венах мышц нижних конечностей, на периферии. Возникает анемия (обескровливание) мозга, недостаточное снабжение его кислородом. Появляется резкое побледнение, слабость, головокружение, тошнота, потеря сознания, исчезновение пульса. Пострадавшего необходимо уложить на спину, поднять вверх ноги (выше головы), обеспечив отток венозной крови к сердцу, улучшив снабжение головного мозга кислородом, поднести к носу ватку смоченную нашатырным спиртом. Основная профилактика гравитационного шока - исключение внезапной остановки, постепенное замедление бега.

- Гипогликемическое состояние - следствие недостаточного количества в организме сахара, нарушение углеводного обмена в результате длительной физической нагрузки. Ощущается сильный голод, головокружение, иногда потеря сознания. Профилактика – легко усваиваемые углеводы до начала длительной физической нагрузки (немного сахара, меда и т.п.) или специальные питательные смеси.

- Солнечный и тепловой удары - возникают при длительной работе под действием солнечных лучей на обнаженную голову или тело. Тепловой удар - остро развивающееся болезненное состояние, обусловленное перегреванием организма. Его признаками являются: усталость, головная боль, слабость, боли в ногах, спине, тошнота, шум в ушах, повышение температуры, потемнение в глазах, ухудшение дыхания (прерывистое), потеря сознания.

Первая помощь: пострадавшего поместить в прохладное место, снять одежду, приподнять голову, охладить область сердца (холодный компресс), напоить. Дать понюхать нашатырный спирт, сердечные средства. При нарушении дыхания сделать искусственное дыхание.

При обморожениях на охлажденном участке вначале чувствуется легкое пощипывание, затем чувствительность теряется. Особенно поддаются ему пальцы рук, ног, нос, уши. Если произошло обморожение нельзя растирать пораженные места снегом, это только повредит кожу. Необходимо поместить обмороженный участок в тепло не растирать, а согревать при комнатной температуре. Обмороженные места смазать жиром (вазелином).

3. Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности

Выполнение контрольных нормативов требует от студента мобилизации всех своих сил и здесь следует принимать во внимание и учитывать все что может повлиять на конечный результат, в том числе характер учебно-познавательной деятельности предшествующий зачетному занятию.

В течение учебного дня, занимаясь то одним видом учебно-познавательной деятельности, то другим, обучающиеся должны переключаться с выполнения одного вида задач на другой, и каждый раз проходит какое-то время, пока будет достигнуто оптимальное соответствие состояния личности и организма обучающегося к условиям проведения определенного вида учебно-познавательной деятельности – период адаптации.

Можно говорить о том, что к каждому учебному занятию кроме практической и теоретической подготовленности, определенного уровня умений и навыков по предмету, от студентов требуется некоторая психофизиологическая и физическая готовность. В этом случае под ней подразумевается готовность психических, физиологических и обеспечивающих двигательные действия систем человека к выполнению определенного рода учебно-познавательной деятельности.

Многообразие видов учебно-познавательной деятельности определяет многообразие психофизиологических и физических состояний обучающихся. Под психофизиологическим и физическим состоянием предлагается понимать целостные психофизиологические и

физические реакции обучаемого на внешние и внутренние факторы, направленные на достижение полезного результата.

Параметром психофизиологического и физического состояния является величина, характеризующая какую-либо из реакций организма обучаемого на внешние или внутренние факторы.

Уровень психофизиологической и физической готовности к предстоящему занятию, зависит от индивидуальных особенностей личности обучаемого и определенных внешних факторов, воздействующих на него на предыдущем занятии. Эти факторы можно разделить на три вида:

- санитарно-гигиенические условия;
- временные условия;
- организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности.

К санитарно-гигиеническим условиям относятся температура и влажность воздуха, освещенность, содержание кислорода в воздухе, эргономичность учебных мест, запыленность, загазованность места проведения занятия. К временным условиям относятся: время дня, день недели, месяц семестра, время года, а также время, прошедшее после последнего приема пищи.

Вышеперечисленные факторы оказывают существенное влияние на психофизиологическую и физическую готовность. Второй фактор заставляет учитывать объективные закономерности колебания уровня работоспособности студентов в течение учебного дня, учебной недели, семестра. Как известно, в течение учебного дня объективно наблюдается два периода подъема работоспособности: один в первой половине дня, второй – в послеобеденное время. Каждому периоду характерны три фазы: врабатывание, повышенная работоспособность, снижение работоспособности. В течение недели те же фазы распределяются следующим образом: понедельник, вторник – врабатывание; среда, четверг – повышенная работоспособность; пятница, суббота – снижение работоспособности. Исследования показали, что и семестровый цикл разделяется на те же фазы.

Влияние фактора «организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности» в данном случае рассматривается, как влияние особенностей психофизиологической и физической деятельности обучаемых на предыдущем занятии на их психофизиологическую и физическую готовность к последующему виду учебно-познавательной деятельности, в нашем случае к зачету. Психофизиологическая деятельность характеризуется напряженностью и характером мыслительной деятельности, а также нервно-эмоциональной напряженностью учебной деятельности.

Физическая деятельность характеризуется интенсивностью, видом мышечных действий и работой обеспечивающих эту деятельность физиологических систем. Мышечные действия могут носить статический и динамический характер: поддержание рабочей позы «сидя», «стоя», выполнение чертежной, письменной работы, настройка и обслуживание аппаратуры, выполнение гимнастических упражнений и т.п. При этом используются, в той или иной степени, основные физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость.

Влияние всех вышеперечисленных факторов преломляется через индивидуальные особенности личности, такие как типологические свойства нервной системы и темперамента, возрастные, морфологические, биохимические особенности организма, уровень физической подготовленности, состояние здоровья и другие, выливаясь, в итоге, в психофизиологическую и физическую готовность студента к предстоящему виду учебно-познавательной деятельности.

Следует отметить, что особенно явно эти проблемы проявляются при чередовании занятий по общенаучным, общеинженерным и специальным дисциплинам с практическими занятиями по физической культуре. В этом случае происходит смена видов деятельности, в одном из которых доминирующую роль играет умственная работа с пониженной двигательной активностью и сохранением определенной рабочей позы, в другом – разнообразная активная двигательная деятельность с сопровождающей ее мыслительной работой.

Методика проведения занятий предусматривает проведение вводной (подготовительной) части для организации обучающихся, приведения их в состояние готовности к решению задач

основной части, в нашем случае к сдаче контрольного норматива, и заключительной – для подведения итогов, приведения организма в относительно спокойное состояние (для занятий по физической культуре), но при проведении этих частей занятий, как правило, не учитывается характер предыдущей и последующей деятельности студентов. Неучтение этого факта отрицательно влияет на скорость адаптации к виду учебно-познавательной деятельности, что особенно наглядно проявляется при чередовании практических занятий по физической культуре с занятиями по общеинженерным и специальным дисциплинам.

Складывается противоречие между имеющим место в практике обучения несоответствием уровня психофизиологической и физической готовности обучающихся, объективно складывающейся в ходе проведения предшествующего занятия, видом учебно-познавательной деятельности последующего занятия и неучтением этого факта в общепринятых методиках проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий, в том числе, по дисциплине «физическая культура»

Это противоречие можно устранить, обеспечив управление процессом адаптации студентов к смене видов учебно-познавательной деятельности в ходе проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий.

Для каждой темы занятия по физической культуре в зависимости от педагогической ситуации, складывающейся из контекстной пары - вид предшествующего и вид последующего занятия, можно установить наиболее предпочтительные адаптирующие, предметно-ориентированные варианты проведения подготовительной и заключительной частей, оперативно поддерживающие достаточно высокий уровень психофизиологической и физической готовности при чередовании этих занятий с занятиями по другим дисциплинам.

Видится актуальной задача управления процессом адаптации обучаемых к смене видов учебно-познавательной деятельности с целью сокращения времени врабатывания и повышения эффективности как занятий, так и сдачи контрольных нормативов. Для решения этой задачи представляется наиболее целесообразным использовать проведение подготовительной (разминки) и заключительной частей занятий с адаптирующим, предметно-ориентированным содержанием.

В этом случае под управлением адаптацией следует понимать процесс педагогического воздействия с целью установления оптимального соответствия личности обучаемого и условий осуществления учебной деятельности в ходе осуществления им познавательной деятельности, которое позволяет индивидууму более эффективно удовлетворять актуальные познавательные потребности, и реализовывать связанные с ними значимые цели.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенного теста необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы, теста. Контрольные работы, тесты являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия

Екатеринбург – 2006

УДК 514.18
Ш 20
Шангина Е. И.
Ш 20 Компьютерная графика: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 189 с.: ил.
ISBN 5-8019-0098-5

В пособии рассматривается графический интерфейс системы AutoCAD, описываются средства создания двух- и трёхмерных объектов. Приводятся методики и рассматриваются конкретные примеры создания чертежей, позволяющие студентам, начинающим изучение компьютерной графики, легко адаптироваться к среде системы AutoCAD. Пособие содержит описание базовых команд, необходимых для создания твёрдотельных моделей и выполнения чертежей в ортогональных и аксонометрических проекциях.

Отличие этого пособия от существующих в том, что даются основные понятия теории множеств и размерности для корректного задания на чертеже (экране компьютера) различных геометрических многообразий (точка, прямая, плоскость, кривые линии и т. д.).

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 170100-«Горные машины и оборудование», а также может быть использовано студентами технических специальностей всех форм обучения, изучающих курс «Компьютерная графика».

Рецензенты:

В. Н. Бабич – канд. техн. наук, профессор кафедры «Теория искусства, архитектуры и дизайна» Уральской государственной архитектурно-художественной академии.

Д. В. Куреннов– канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Прикладная геометрия и автоматизация проектирования» Уральского государственного технического университета (УПИ).

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета

© Уральский государственный
горный университет, 2006
© Шангина Е. И., 2006

ISBN 5-8019-0098-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Количество прикладных программных систем, функционирующих на персональных компьютерах и решающих различные задачи в различных отраслях промышленности, на сегодняшний день достаточно велико. Направленность и решаемые ими задачи различны. Одна из наиболее важных составляющих использования компьютерной графики – знание законов построения геометрической модели проектируемого объекта, теоретической основой которых является начертательная геометрия.

Известно, что современная начертательная геометрия занимается теорией методов моделирования пространств и многообразий различной размерности (возможно с дополнительной структурой) точками плоскости (экран компьютера тоже плоское поле). Другими словами, начертательная геометрия занимается изучением взаимно однозначных и взаимно непрерывных отображений. При построении какого-либо многообразия, независимо от геометрического определителя, размерность этого многообразия не изменяется. Таким образом, одним из инвариантов является размерность.

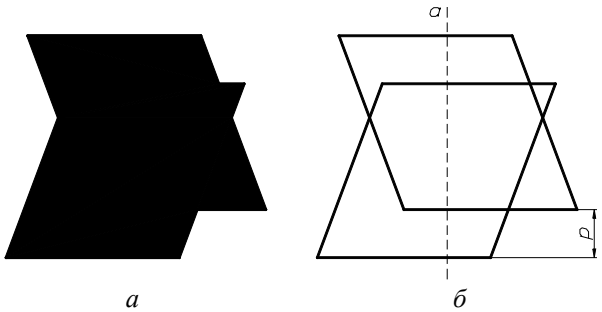
Приведём пример построения окружности в системе ***AutoCAD***. Известно, что окружность задаётся тремя параметрами. Поэтому, вызывая команду ***CIRCLE*** (КРУГ) – формирование окружности – построение может производиться путём задания: 1) центра и радиуса или 2) трёх точек (3P), или 3) двух точек, которые определяют диаметр (2P); 4) двух касательных и радиуса (Ttr); 5) трёх касательных (Tan Tan Ta). В некоторых случаях окружность удобнее задавать одним из перечисленных способов, но число параметров, определяющих данную окружность, остаётся неизменным, то есть равным трём. Таким образом, применяя теорию размерности, можно находить различные решения при построении новых моделей в среде компьютерных программ.

Кроме этого, в современных программах для создания графических объектов нередко используются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

Теоретической основой построения чертежей с использованием этих команд является симметрия. С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего студенты не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

Примером может служить метод построения геометрической фигуры, показанной на рис.1.

Построение геометрической фигуры (рис. 1, а), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии. Однако такая методика является неверной, так как снижается точность изображения и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (рис.1, б), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью *a* и параллельного переноса *p*.



а *б*

Рис. 1.

Итак, построение геометрических фигур на основе их инвариантных характеристик – это основной принцип, который позволяет значительно упростить освоение компьютерной графики.

Использование графических компьютерных программ, безусловно, позволило поднять на новый уровень графические методы решения различных технических задач, за счёт резкого повышения точности построений. Но при этом не следует забывать о теории формирования геометрических моделей, в основе которой лежат классические методы начертательной геометрии.

Глава 1
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как множество точек.

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\bigcap$); 4) объединение ($\bigcup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$):

1. Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).
2. Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.
3. Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, …, называется пересечением этих множеств и обозначается $A \bigcap B \bigcap C, \ldots$.
4. Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.
5. Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 1):

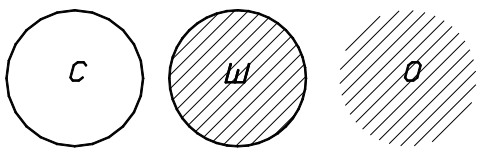


Рис. 1.

Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ – **С**.
Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1$ – **Ш**.
Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1$ – **О**.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:
$\mathbf{C} \bigcap \mathbf{Ш} = \mathbf{C}$, $\mathbf{Ш} \bigcap \mathbf{О} = \mathbf{О}$, $\mathbf{C} \bigcap \mathbf{О} = \varnothing$;
$\mathbf{C} \bigcup \mathbf{Ш} = \mathbf{C} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш}$;

Ш\С=О, **Ш\О=С**, **О\С=О**, **С\О=С**;
С\Ш=О\Ш=∅; **С=О**, **О=С**, **Ш=∅**.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств M и N от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества M самого с собой является множество M).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. ***Пучок плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение ~, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак ~ называется ***отношением эквивалентности***.

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых ***a, b, c,…*** является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности***: в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называет-

ся ***фактор-множеством*** множества ***M*** по отношению к эквивалентности ~. Фактор-множество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества, и, наоборот, любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная ***y*** называется функцией переменной ***x***, если каждому значению ***x***, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений ***y***. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению ***x*** соответствует единственное значение ***y*** (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под ***x*** и ***y*** понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под ***x*** и ***y*** будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества ***X*** ставится в соответствие определённый элемент y_i множества ***Y***, то говорят, что задано отображение ***f*** множества ***X*** в множество ***Y***, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 2). При этом элемент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении ***f*** элементу ***x*** соответствует элемент ***y***» или «отображение ***f*** переводит ***x*** в ***y***».

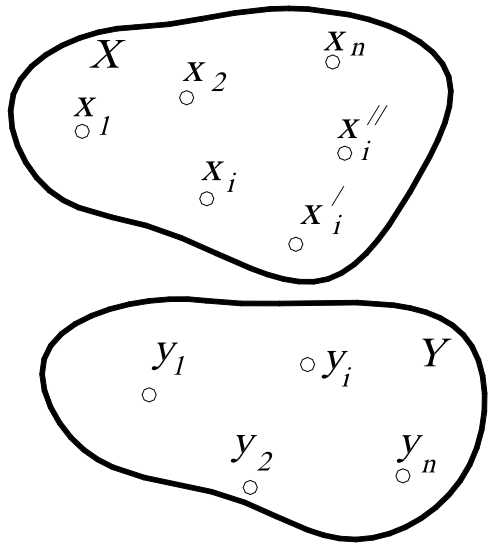


Рис. 2.

Множество ***X*** называют ***областью определения (областью отправления)***, а ***Y*** - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения ***f***.

Пусть область определения ***X*** состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n$, а область значений ***Y*** – из множества точек $y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 2). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области ***X*** соответствует единственный образ y_i в области ***Y***, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i^{/}, x_i^{//} \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

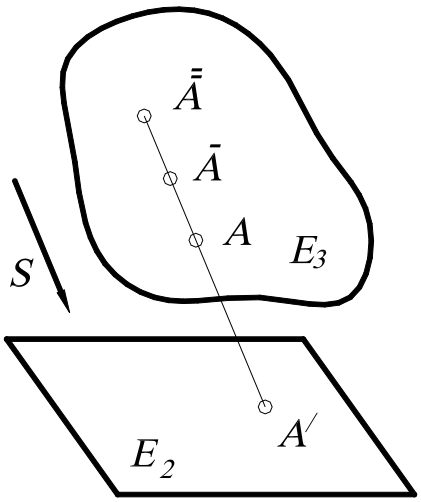


Рис. 3.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ на плоскость (двумерное пространство) $\boldsymbol{E^2}$ путём параллельного проецирования (рис. 3): каждая точка $\boldsymbol{A}$ трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ в данном направлении $\boldsymbol{S}$ проецируется в единственную точку $\boldsymbol{A'}$ плоскости $\boldsymbol{E^2}$. Однако в точку $\boldsymbol{A'}$ проецируется не только точка $\boldsymbol{A}$, но и все точки $\bar{\bar{\boldsymbol{A}}}, \bar{\boldsymbol{A}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть $\boldsymbol{З}$ – множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а $\boldsymbol{К}$ – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае – наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят: «взаимно однозначное соответствие»).

Отображение называется ***взаимно однозначным***, если каждому элементу $\boldsymbol{y_i \in Y}$ соответствует единственный прообраз $\boldsymbol{x_i \in X}$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $\boldsymbol{y = f(x)}$ и обратное соответствие $\boldsymbol{x = f^{-1}(y)}$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным***, или ***биекцией***.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 4 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) $\boldsymbol{AB}$ и $\boldsymbol{CD}$ установлено прямыми, проходящими через точку $\boldsymbol{S}$. При этом точке $\boldsymbol{X \in AB}$ соответствует точка $\boldsymbol{Y \in CD}$, что символически записывается так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$. Между этими отрезками можно установить соответствие так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$, если $\boldsymbol{\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}}$, где $\boldsymbol{CY}$, $\boldsymbol{CD}$, $\boldsymbol{AB}$, $\boldsymbol{AX}$ – длины отрезков.

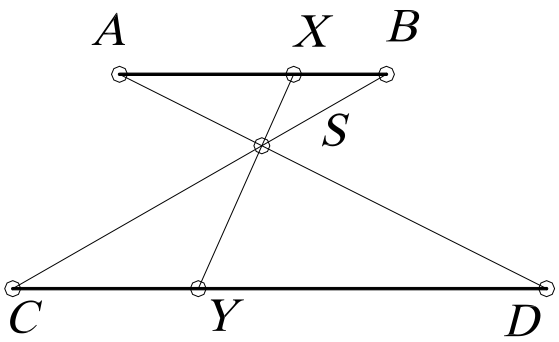


Рис. 4.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соот-

ветствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно-четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 5). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество ***M***, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M.***

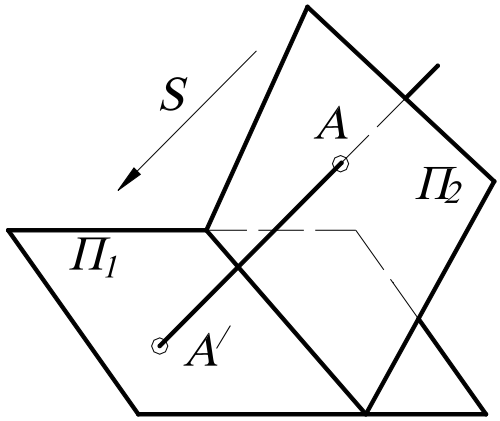


Рис. 5.

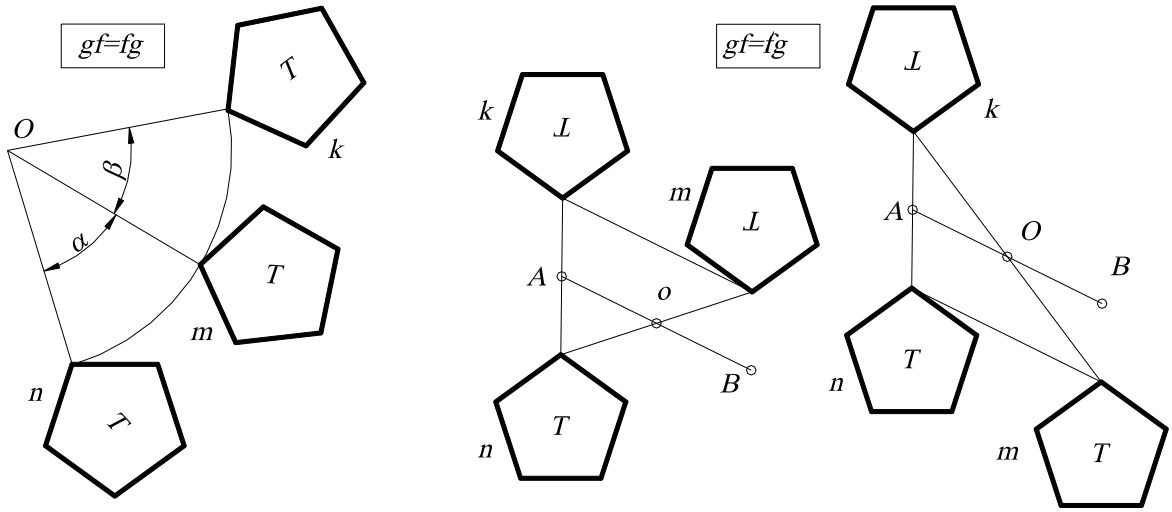
Отображение называется ***преобразованием***, если множества ***X*** и ***Y*** совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество ***X*** отображается на себя ***{X=Y}***. Другими словами, если отображение является обратимым, то оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки ***O*** есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что ***M*** – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры ***F*** сохраняется в преобразовании ***f***, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке ***P*** соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка ***P***. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка ***P*** плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой ***P***. В этом случае точка ***P*** называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит ***k*** в ***n***, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если ***f*** и ***g*** – повороты вокруг центра ***O*** на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 6, *а*). Если ***f*** – перенос на вектор ***AB***, а ***g*** – симметрия с центром ***O***, то $h=fg$ – симметрия с центром ***A***, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 6, *б*).
Здесь в первом примере произведение $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, то есть в этом случае говорят, что ***f*** и ***g перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножителей, то есть не коммутирует: $fg \neq gf$ (сравните два рисунка – 6, *а* и 6, *в* или 6, *а* и 6, *б*).



а *б* *в*

Рис. 6.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции надевания левого и правого ботинок ***Л*** и ***П*** перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям *1*, *2* **…**». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию *1*, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие *2* выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, **…**, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\}=M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 7).

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) согласно первому условию, – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

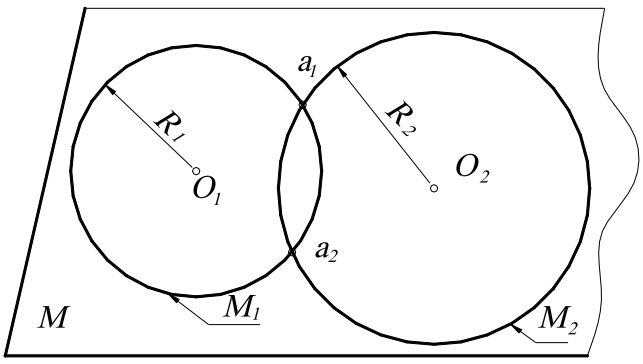
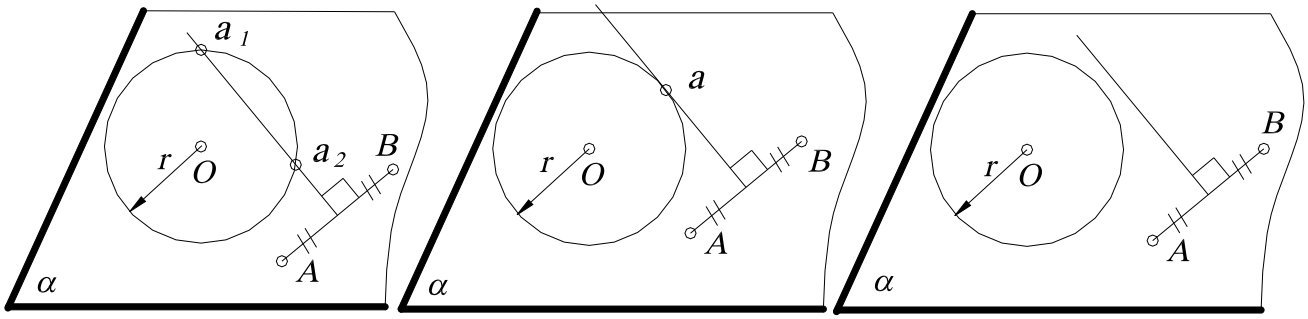


Рис. 7.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпен-

дикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (рис. 8, *а*, *б*, *в*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из ***M***, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

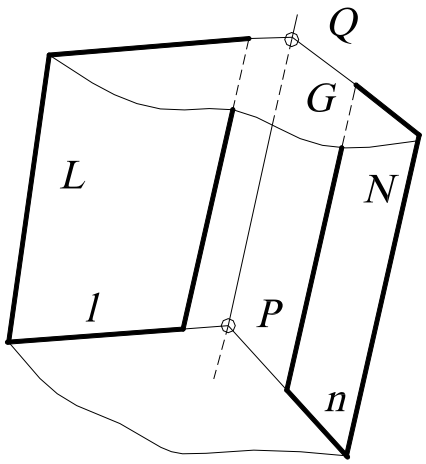


Рис. 9.

Задача 3. Найти прямую пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (рассматривают ***L*** и ***N*** как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис. 9). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности, преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M)=(L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l***, ***n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

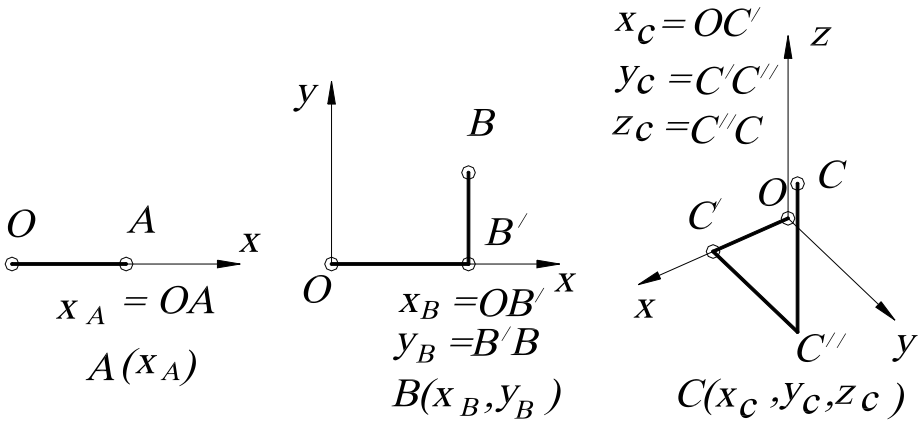
В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющее аксиомам евклидовой геометрии, которая изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество ***M*** можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество ***N***, то ***M*** и ***N*** имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества ***M*** на подмножество $N_1 \in N$, то ***M*** имеет размерность меньше, чем ***N***.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров ***p***, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В качестве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *с*

Рис. 10

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 10, *а*), на плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 10, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 10, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается E_1, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается E_2, или

двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается E_3. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

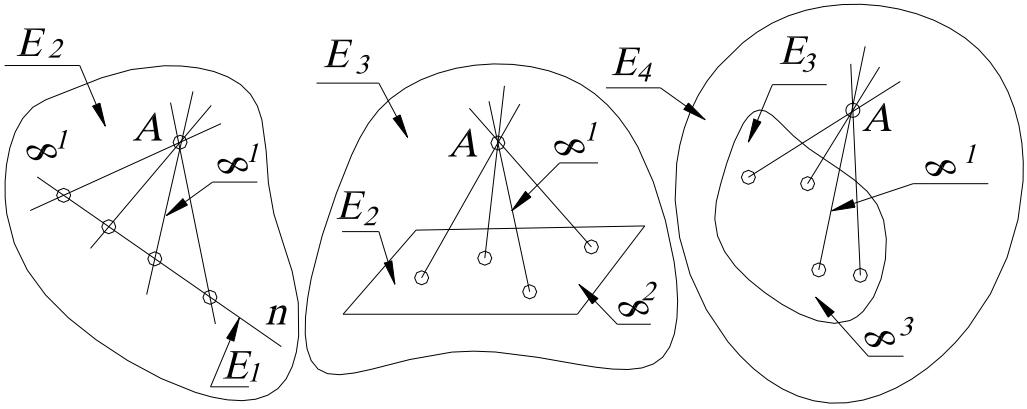
Пусть ***N*** – двупараметрическое множество. Каждый элемент из ***N*** определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между ***N*** и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число ***N*** и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из ***N*** будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью ***N***.

Итак, множество имеет размерность ***n***, если его элементам можно взаимно однозначно поставить ***n***-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит n-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой ***n*** (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 11, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой ***n***.



E_2: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; E_3: $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; E_4: $\infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 11.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками ***2***-пространства (рис.11, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проективным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками ***3***-пространства (рис.11, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая – одномерное множество точек (самое простое множество), множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно; цилиндров вращения – пятимерно; множество сфер, касающихся данной плоскости, - трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

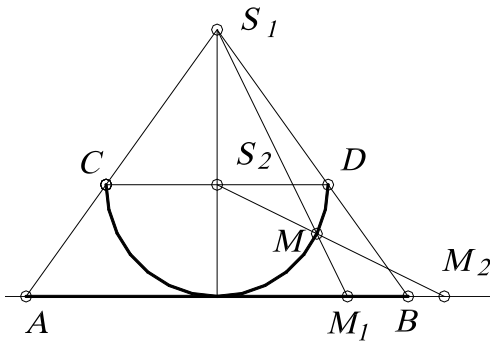


Рис. 12.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $x_A < x_i < x_B$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (рис.12). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки S_1, то есть точке M_1 соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка M_2) из центра S_2. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции $y = tg\ x$. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось ***y*** (рис. 13).

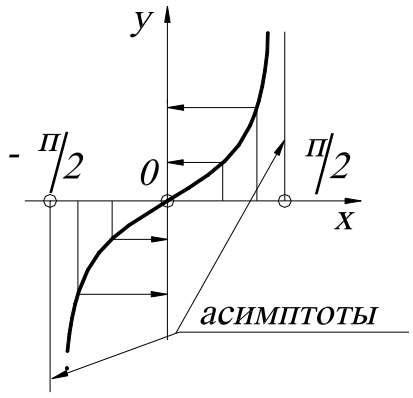


Рис. 13.

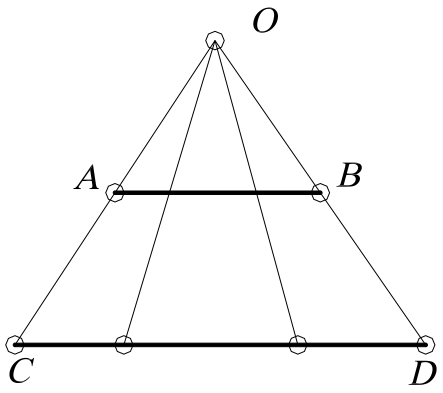


Рис. 14.

<u>Замечание 2.</u> Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос: где больше точек, на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 14.

Отобразим отрезок ***AB*** на отрезок ***CD*** из точки ***O*** пучком прямых. Каждой точке отрезка ***AB*** соответствует единственная точка отрезка ***CD***. Трудно примириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

<u>3. Степени свободы подпространств.</u> Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, ***m=1***, ***n=2*** – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее ***n***-мерное пространство, E_m – ***m***-мерная плоскость или ***m***-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется ***(n-1)***-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (***1***-плоскость) определяется двумя точками, ***2***-плоскость – тремя неколлинейными точками, ***3***-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, ***n***-плоскость – ***(n+1)***-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием ***(m+1)***-точек, и эти точки не должны содержаться в ***(m-1)***-пространстве.

Рассмотрим множество ***m***-плоскостей E_n (где ***n*** – размерность пространства), элементом этого множества является ***m***-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

<u>ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО.</u> Точка (***0***-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

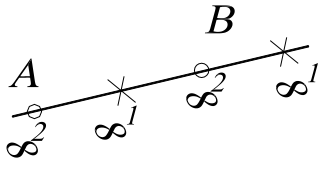


Рис. 15.

Прямая (***1***-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками ***A*** и ***B*** (то есть ***m+1=1+1=2***), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два параметра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек – следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.15). Другими словами, го-

ворят, что система из ***(m+1)***- точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

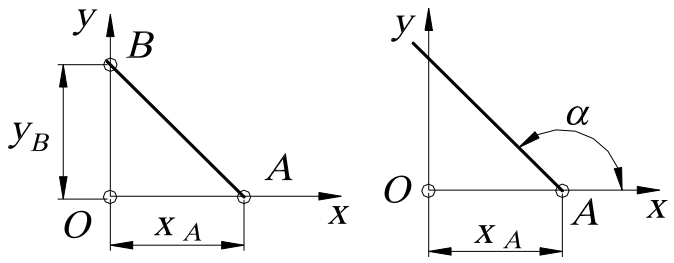
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $\dfrac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}$.

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$

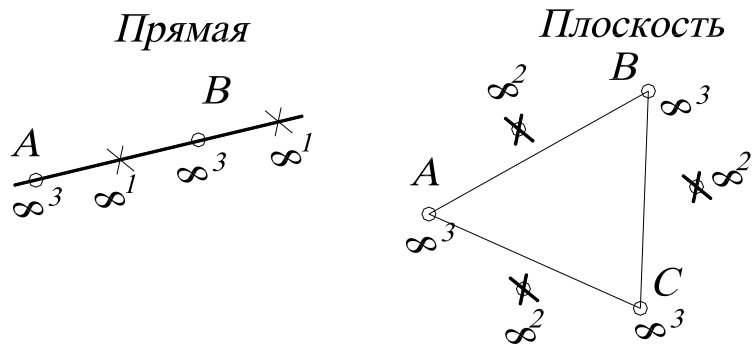


а *б*

Рис. 16.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 16, *а*) или x_A, α (рис. 16, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 17, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит, пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, имеющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^{1}\cdot\infty^{1}=\infty^{2}$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***3***-пространстве $\infty^{6}:\infty^{2}=\infty^{4}$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***



$$\frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{3+3}}{\infty^{1+1}}=\infty^{6-2}=\infty^{4} \qquad \frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{2}\cdot\infty^{2}\cdot\infty^{2}}=\frac{\infty^{3+3+3}}{\infty^{2+2+2}}=\infty^{9-6}=\infty^{3}$$

а *б*

Рис. 17.

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.17, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***3***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 18).

```
          1
        2   2
      3   4   3
    4   6   6   4
  5   8   9   8   5
6  10  12  12  10  6
.....................
```

Рис. 18.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве E_3 - ∞^4, так как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве E_3 определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве E_3 – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат ***3·3=9***. Аналогично, тетраэдров в ***3***-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в ***3***-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы ***n***-мерного многообразия ***M*** (например, ***M***-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки ***M*** должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из ***M***, которые удовлетворяют этому условию, образуют n_1-мерное подмножество $M_1 \subset M$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $n-n_1$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $n-n_1$ параметров, мы выделяем из ***M*** подмножество той же размерности n_1. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает $n-n_1$ параметров***», «***ограничение поглощает $n-n_1$ параметров***», «***требование накладывает на параметры $n-n_1$ связей (понижает размерность многообразия на $n-n_1$)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного

определения необходимо дозадать еще $(m+1)-(r+1)=m-r$ точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \quad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых $(m=1)$ плоскости $(n=2)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: $P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1$.

ПРИМЕР 2. Множество прямых $(m=1)$ пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-1)(1-0)=2$.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей $(m=2)$ трехмерного пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-2)(2-0)=2$.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства $(n=3)$, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок $(m=2)$ в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n m-пространство имеет $(n-m)(m+1)$ степеней свободы, но если оно проходит через r-пространство, то оно имеет $(n-m)(m-r)$ степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы m-пространство в E_n проходило через данное r-пространство (где $n>m>r$):

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \quad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве $(n=3)$ число условий, необходимых для прохождения прямой линии $(m=1)$ через данную точку $(r=0)$: $D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2$. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично $(P_1=(3-1)(1+1)=4)$, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично $(P_2=(3-1)(1-0)=2)$. Поэтому число условий D, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть $D=4-2=2$.

Если r-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в q-пространстве, равное $(r+1)(q-r)$, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы m-пространство и q-пространство в пространстве E_n пересекались по r-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \quad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии $(m=1)$ с одной направляющей прямой $(q=1)$ в точке $(r=0)$ равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: $D=(3-1-1+0)(0+1)=1$. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3): $(3-1)(0+1)=2$. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap = m_1 + m_2 - n, \qquad (5)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются ***i*** пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap} = m_1 + m_2 + ... + m_i - n(i-1);$$

$$n_{\cap} = \sum_{i=1}^{n} m_i - n(i-1), \qquad (6)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы:

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r= -1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но возможно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то, следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1 в вышеприведенном примере такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» (A_0, B_0, C_0, D_0) $\rightarrow$ плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов kA, kB, kC, kD, где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$
$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k), соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты x, y, z связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число P плоской алгебраической кривой m-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка $m=2$ (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть, чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности m-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где n – размерность объемлющего пространства; m – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка $m=2$ в трехмерном пространстве $n=3$ имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1\cdot 2\cdot 3} - 1 = \frac{3\cdot 4\cdot 5}{2\cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка – заданием девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 19).

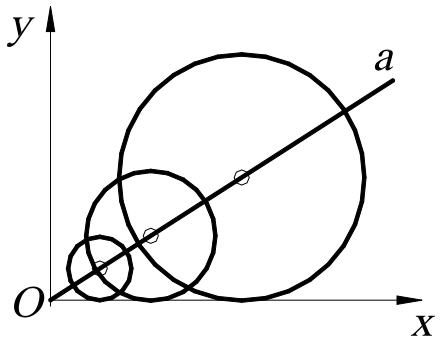


Рис. 19.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в задаче – только два условия (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям ***α*** и ***β*** и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 20).

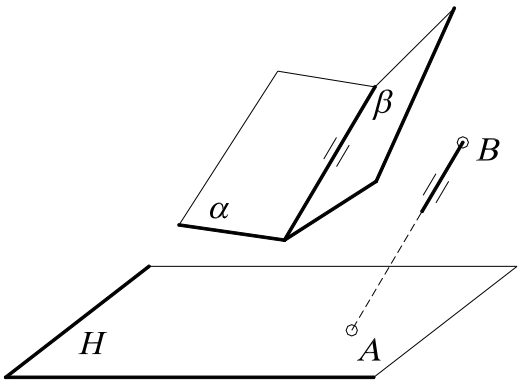


Рис. 20.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b.***

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки, и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и множество прямых связки составляет дву-

параметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2***). Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b***, – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0***. Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую.

Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью***, или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

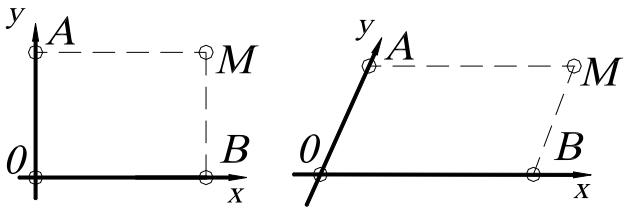
Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляются между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 21, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положительными. Значительную роль в математике сыграла важная идея, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727), о том,



а *б*

Рис. 21.

что эти расстояния можно считать и отрицательными, Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.21, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

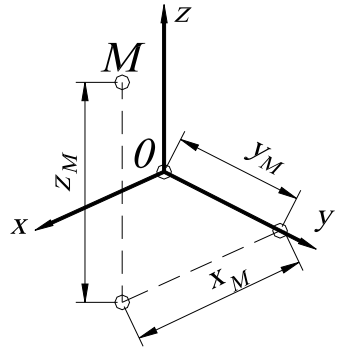


Рис. 22.

Систему координат в пространстве определяют три взаимно перпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимно перпендикулярные оси ***x, y, z*** (z_M– аппликата) (рис. 22). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол ***POM = φ*** между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r*** - радиус-вектор, ***φ*** - полярный угол (рис. 23).

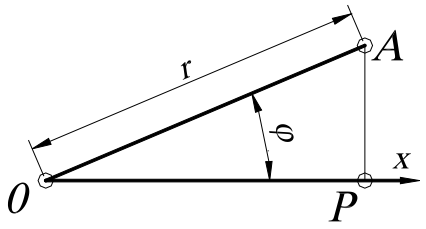


Рис. 23.

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x*** прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180^0)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т. д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

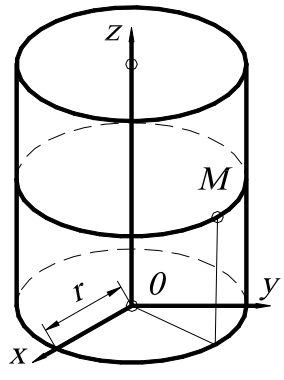


Рис. 24.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 24), связанные с декартовыми координатами ***x, y, z*** следующими уравнениями: ***x = r cos φ;***

y = r sin φ;

z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки M есть три числа r, φ, θ, связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$
$$y = r\sin\varphi\cos\theta;$$
$$z = \sin\theta,$$

где r – радиус-вектор, равный $0M$ (рис. 25);

φ - угол между положительным направлением оси $0x$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $0M$ на плоскость $x0y$, взятый против часовой стрелки;

θ - угол между радиус-вектором $0M$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $x0y$;

Угол $90^0 - \theta = \sigma$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

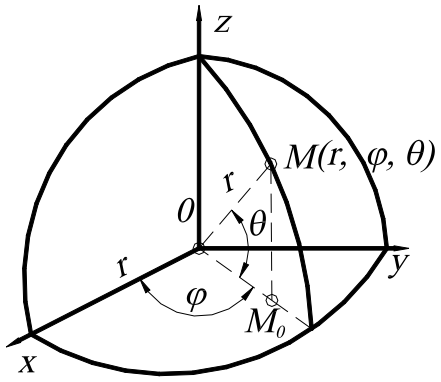


Рис. 25.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах.

Глава 2
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1. ЗАПУСК СИСТЕМЫ *AutoCAD*

Запуск ***AutoCAD*** осуществляется так же, как и любого другого приложения в **Windows**: при помощи ярлыка, размещённого на рабочем столе, или посредством меню (на панели задач щелкнуть на кнопке ***Start*** (Пуск), выбрать пункт ***Programs*** (Программы) и затем из выпавшего меню – ***AutoCAD 2005***).

После запуска ***AutoCAD***, в зависимости от его настройки выводится диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) (рис. 26) или рабочее окно ***AutoCAD*** (рис. 27) .

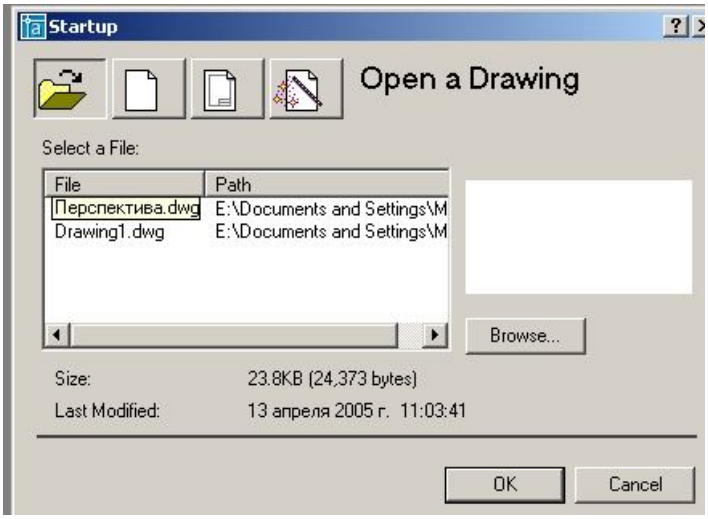


Рис. 26

В диалоговом окне ***Startup*** (Начало работы) предоставляют пользователю 4 кнопки:

1.  ***Open a Drawing*** (Открытие чертежа) для открытия ранее созданного чертежа.
2.  ***Start from Scratch*** (Без шаблона), то есть начать чертёж без предварительной настройки. При этом пользователю предлагается установить только единицы измерения – британские (футы и дюймы) или метрические.
3.  ***Use a Template*** (Использовать шаблон). При этом ***AutoCAD*** выводит список имеющихся шаблонов. Кроме этого пользователь может создать свои шаблоны с нужными ему настройками, например основную надпись и рамку формата.
4.  ***Use a Wizard*** (Вызов Мастера) для выполнения предварительной настройки. Мастер позволяет последовательно выполнить полную установку параметров рабочей среды ***AutoCAD***: установить единицы измерения длины (***Units***); единицы измерения углов (***Angle***); задать начало отсчёта угла (***Angle Measure***); положительное направление отсчета угла (***Angle Direction***); определить границы области рисунка (***Area***).

Диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) вызывается при каждой загрузке сеанса ***AutoCAD*** только один раз. В дальнейшем для создания рисунков в запущенном сеансе ***AutoCAD*** вызывается диалоговое окно ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка). Если после загрузки ***AutoCAD*** сразу открывается рабочее окно, то вышеописанные настройки можно выполнить при помощи команд UNITS и LIMITS (пункт меню ***Format***). Для открытия диалогового окна при запуске ***AutoCAD*** необходимо предварительно настроить, войдя в меню ***Format*** (Формат), выбрать вкладку ***System*** (Система) и в раскрывающемся списке ***Startup*** назначить пункт ***Show traditional startup dialog***, что соответствует выбору традиционного диалогового окна.

2. ВИД РАБОЧЕГО ОКНА *AutoCAD*

Рабочее окно системы ***AutoCAD*** содержит типичные для программ, работающих в Windows, элементы (панели инструментов, строка меню, линейки прокрутки). Кроме этого в рабочем окне располагаются две основные области ***AutoCAD*** – зона чертежа и командная строка, в которых происходит основной диалог пользователя с системой (см. рис. 27).

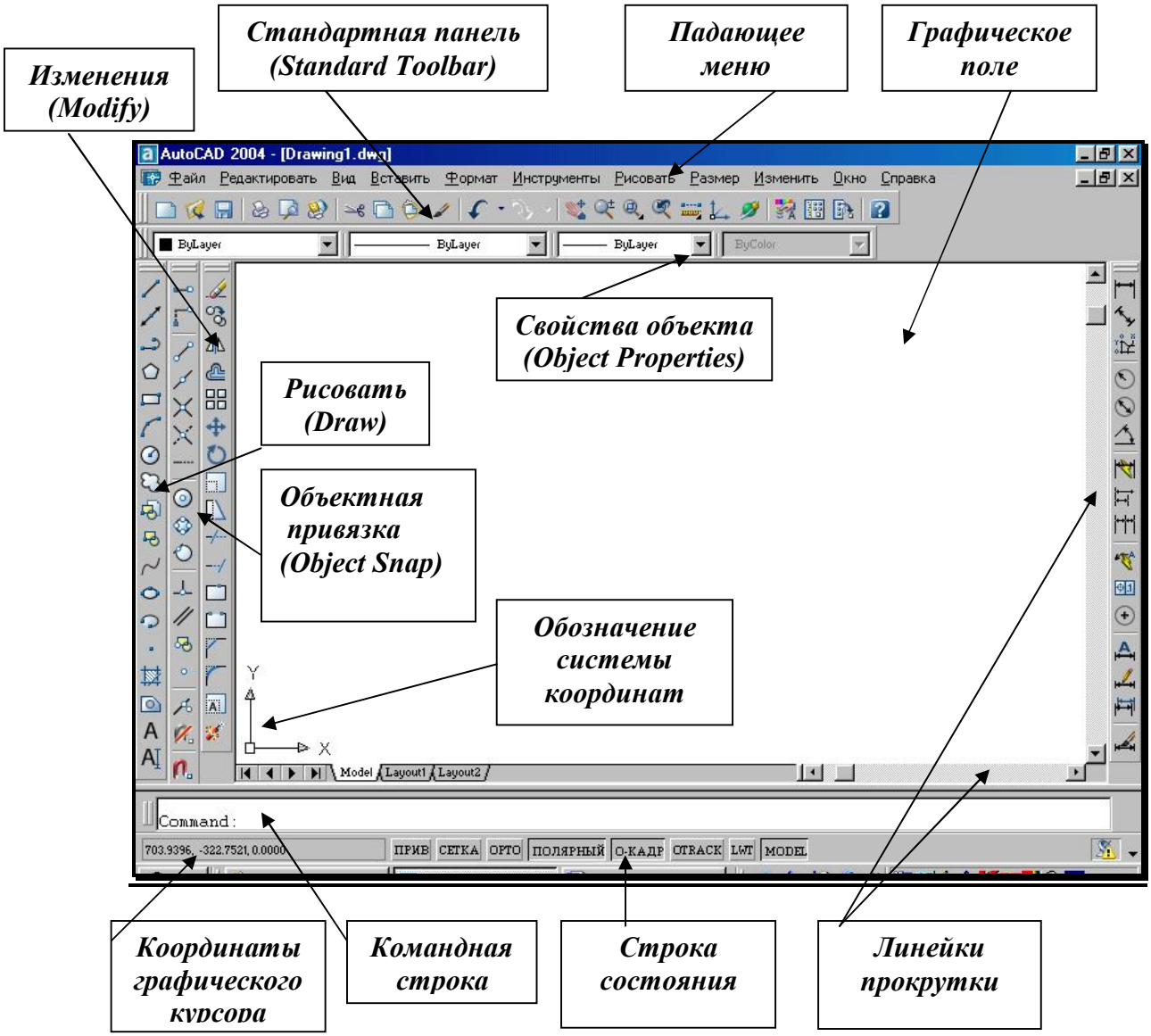


Рис. 27.

3. ПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ

Падающее меню (рис. 28) содержит названия меню, в которых по функциональному признаку сгруппированы часто используемые команды ***AutoCAD***. Команды в меню могут располагаться на нескольких уровнях (отличительный признак – «стрелка-треугольник» в конце строки с именем команды). Если за именем команды идёт многоточие, то это означает, что параметры команды определяются в диалоговом окне.

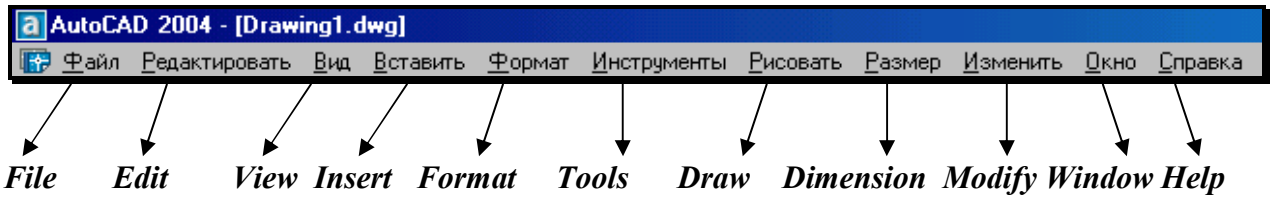


Рис. 28.

Строка падающих меню содержит следующие пункты:

- **File** (Файл) – меню работы с файлами: открытие, сохранение, печать, экспорт файлов в другие форматы и т. д.;
- **Edit** (Правка) – меню редактирования частей графического поля Рабочего стола Wndows;
- **View** (Вид) – команды управления изображением на экране монитора, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, тонирования, позволяет устанавливать необходимые панели инструментов;
- **Insert** (Вставка) – осуществляет вставку блоков, внешних объектов, объектов других приложений;
- **Format** (Формат) – обеспечивает работу со слоями, цветом, типами линий, управление стилем текста, размеров, видом маркера точки, стилем мультилинии; установку единиц измерения, границ чертежа;
- **Tools** (Сервис) – содержит средства управления системой, экраном пользователя, включает установку параметров черчения и привязок с помощью диалоговых окон; обеспечивает работу с пользовательской системой координат;
- **Draw** (Рисование) – содержит команды рисования;
- **Dimension** (Размеры) – включает команды простановки размеров и управления параметрами размеров;
- **Modify** (Редактирование) – включает команды редактирования элементов чертежа;
- **Window** (Окно) – содержит средства управления окнами при работе в многооконном режиме;
- **Help** (Справка) – содержит средства справочной системы ***AutoCAD***.

4. СТРОКА СОСТОЯНИЯ

Строка состояния (рис. 29) находится в нижней части экрана, под командной строкой и содержит следующие кнопки.



Рис. 29.

- **SNAP** (ПРИВ) – Шаговая привязка (***Snap Mode***) – включение и выключение дискретного перемещения курсора с заданным шагом (**F9**);
- **GRID** (СЕТКА) – Отображение сетки (***Grid Display***) – включение и выключение сетки (**F7**);
- **ORTHO** (ОРТО) – Режим «ОРТО» (***Ortho Mode***) – включение и выключение ортогонального режима, параллельного осям ***x*** и ***y*** (**F8**);
- **POLAR** (ПОЛЯРНЫЙ) – Полярное отслеживание (***Polar Tracking***) – включение и выключение режима полярного отслеживания (**F10**);

- **OSNAP** (О-КАДР) – Объектная привязка (***Object Snap***) - включение и выключение режимов объектной привязки (**F3**);
- **OTRACK** (ОТС – ПРИВ) – Отслеживание при объектной привязке (***Object Snap Tracking***) - включение и выключение режима отслеживания при объектной привязке (**F11**);
- **LWT** (ВЕС) – Отображение линий в соответствии с весами (***Show/Hide Lineweight***) – включение и выключение режима отображения линий в соответствии с их толщиной;
- **MODEL/PAPER** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) – Пространство модели или пространство листа (***Model or Paper space***) – переключение из пространства модели в пространство листа.

5. ВВОД КОМАНД

Вводить команды в ***AutoCAD*** можно с клавиатуры, из разнообразных меню или с панелей инструментов. Для ввода команды с клавиатуры необходимо напечатать имя команды в командной строке и нажать клавишу ENTER или SPACE. Ввод команд из меню представляется более удобным и наглядным. Чтобы ввести команду, необходимо выбрать нужную команду из списка меню или панели инструментов и нажать левую кнопку мыши. Для повторения последней команды достаточно нажать клавишу ENTER или SPACE. Выполнение команды можно прервать на любой стадии диалога, нажав клавишу ESC.

6. ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ

Панели инструментов являются частью интерфейса ***AutoCAD***. Они состоят из кнопок (пиктограмм), предназначенных для быстрого ввода наиболее часто используемых команд. При загрузке ***AutoCAD*** по умолчанию выводятся четыре панели: 1) ***Standard Toolbar*** (Стандартная панель инструментов); 2) ***Object Properties*** (Свойства объектов); 3) ***Draw*** (Рисовать); 4) ***Modify*** (Изменить).

Остальные панели инструментов можно вывести на экран через меню ***View*** (Вид)→***Toolbars*** (Панели). *Удобно выбирать требующуюся панель инструментов нажатием правой кнопки мыши, находящейся на любой пиктограмме панелей инструментов*. Далее рассматриваются наиболее часто используемые панели инструментов.

7. СТАНДАРТНАЯ ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ

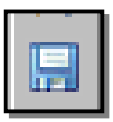
(*Standard Toolbar*)



– ***New*** (Новый) – создание нового чертежа;



– ***Open*** (Открыть) – загрузка существующего файла;



– ***Save*** (Сохранить) – сохранение текущего файла;



– ***Print Preview*** (Предварительный просмотр) – предварительный просмотр чертежа перед выводом на печать;



– ***Plot*** (Печать) – вывод чертежа на плоттер или принтер;



– ***Find and Replace*** (Поиск и замена) – поиск, замена, выбор и показ крупным планом текста на рисунке;



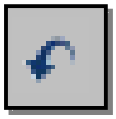
– ***Cut to Clipboard*** (Вырезать) – копирование объектов в буфер обмена с удалением их из рисунка.



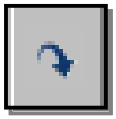
– ***Copy to Clipboard*** (Копировать) – копирование выбранных элементов чертежа в буфер Windows;



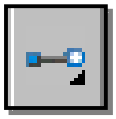
– ***Paste from Clipboard*** (Вставить) – вставка данных из буфера Windows;



– ***Undo*** (Отменить) – отмена действия последней команды;



– ***Redo*** (Повторить) – восстановление только что отменённого действия;



– Подменю ***Object Snap*** (Объектная привязка) – раскрывающийся набор инструментов для выбора объектной привязки;



– Подменю ***UCS*** (ПСК) – раскрывающийся набор инструментов для определения новой пользовательской системы координат;



– Подменю ***Zoom*** (Зумирование) – раскрывающийся набор инструментов для задания различных способов увеличения и уменьшения видимого размера объектов на текущем видовом экране;



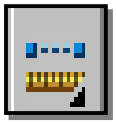
– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени;



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– Подменю ***Inquiry*** (Сведения) – раскрывающийся список инструментов:

- - ***Distance*** (Расстояние) – определение расстояния и угла между точками;
- - ***Locate Point*** (Координаты) – определение координат указанной точки;
- - ***Area*** (Площадь) – вычисление площади и периметра объекта;
- - ***Mass Properties*** (Масса) – вычисление массоинерционных характеристик;
- - ***List*** (Список***)*** – вывод информации о примитиве;



– ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) – вызов диалогового окна ***Viewports*** (Видовые экраны);



– ***Named Views*** (Именованные виды) – вызов диалогового окна для работы с видами и выбора аксонометрических проекций;



– ***3D Orbit*** (3М Орбита) – интерактивный просмотр объектов в трёхмерном пространстве; позволяет, изменяя направление взгляда на модель, рассмотреть её с любой точки зрения;



– ***Properties*** (Свойства) – вызов окна для управления свойствами выбранных объектов.

8. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Properties* *(Свойства объекта)*

Панель инструментов ***Object Properties*** (рис.30) облегчает работу со слоями и типами линий и размещается сверху от рабочей зоны чертежа.

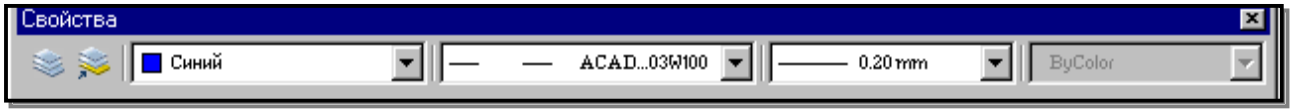
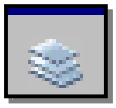


Рис. 30.

Построенные объекты всегда размещаются на определённом слое. Слой – это средство для группировки данных, подобное наложению друг на друга прозрачных калек с фрагментами чертежа («слоёный пирог»). Слои могут быть использованы по умолчанию, а также заданы и именованы пользователем (имя слоя может содержать до 255 символов). Слой может отображаться на экране монитора отдельно или в комбинации с другими слоями, он может быть включён, выключен или заблокирован для редактирования. С каждым слоем связаны определённый цвет, тип и вес (толщина) линии, стиль печати.



– ***Layers*** (Слои) – вызов диалогового окна установки параметров слоёв ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя), также может загружаться из падающего меню ***Format*** (Формат)→***Layer…***(Слой).



– ***Make Object's Layers Current*** (Сделать слой объекта текущим) – установка текущего слоя в соответствии со слоем выбранного объекта.

При создании нового рисунка автоматически создаётся слой с именем ***0***. Слой ***0*** не может быть удалён или переименован. С помощью кнопки ***New*** (Новый) диалогового окна ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя) создается новый слой (рис. 31), в котором можно задать другой цвет объекта, тип линии и вес (толщину) линии. После щелчка мышью по этой кнопке в списке слоёв появляется новый слой с временным именем.

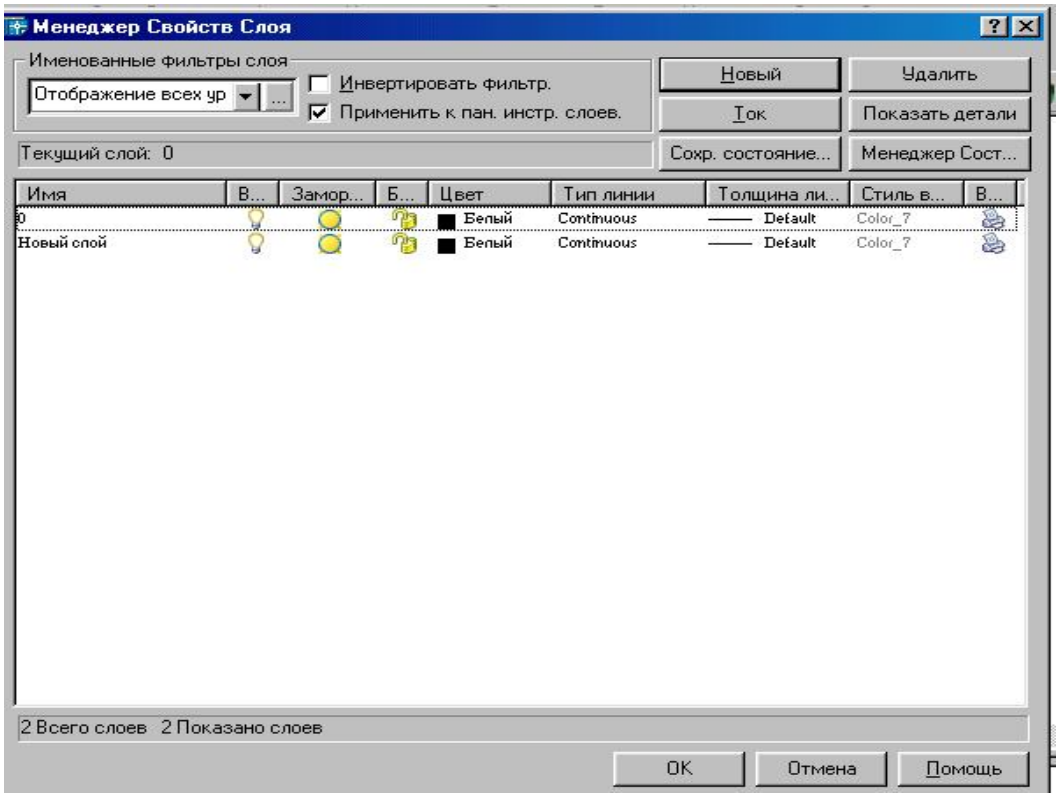


Рис. 31.

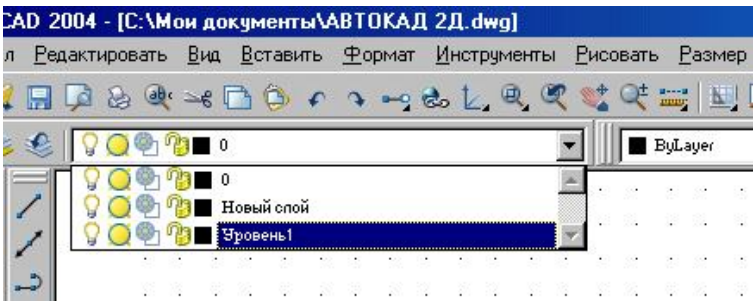


Рис. 32.

Все новые слои именуются в порядке их создания. Чтобы присвоить слою другое имя, необходимо набрать его с клавиатуры в поле временного имени и нажать Enter. Для переименования имеющегося слоя необходимо войти в поле имени слоя двойным щелчком мыши. Для того, чтобы сделать слой текущим, необходимо либо установить курсор мыши на нужный слой и щелкнуть мышью по кнопке ***Current*** (Текущий), либо выбрать его из раскрывающегося списка управления слоями в строке свойств объектов (рис. 32).

Управление видимостью слоя.

AutoCAD не отображает на экране объекты, расположенные на невидимых слоях, и не выводит их на плоттер. Если при работе с деталями рисунка на одном или на нескольких слоях рисунок слишком загромождён, допускается отключить или заморозить неиспользуемые слои.

Для запрещения вывода на печать объектов определённых слоёв, например слоёв для вспомогательных линий, можно оставить эти слои видимыми, но отключить их вывод на печать.

Выбор способа отключения видимости слоёв зависит от характера использования слоёв и от сложности рисунка. Замораживание слоёв лучше осуществлять в тех случаях, когда видимость слоя можно отключить на длительное время. В тех случаях, когда требуется частое изменение видимости слоев, лучше использовать отключение слоёв, а не

замораживание. На печать могут выводиться только объекты включенных и размороженных слоёв. Видимый слой печатается, если не отключен его вывод на печать.

Редактировать объекты на блокированных слоях нельзя. Однако они остаются видимыми, если слой включен и разморожен. Можно установить блокированный слой текущим и создавать на нем объёкты.

Для управления слоями используются следующие пиктограммы, которые активизируются при помощи щелчка мышью на соответствующей пиктограмме.

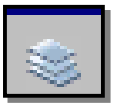


– Раскрывающийся список управления слоями ***Layer*** (Слой) содержит пиктограммы состояний слоя

Название слоя
Цвет слоя
Управление выводом содержимого слоя на печать
Блокирование/Разблокирование слоя
Замораживание/Размораживание слоя на всех видовых экранах
Включение/Отключение слоя

Выполнить упражнение № 1.

Создать слой ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ ***№ 1***



LAYER (Слои)

Падающее меню FORMAT (Формат) → LAYER (Слои)

В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) выбрать кнопку New (Новый) и в появившемся поле нового слоя ввести имя ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ.

В области *Line type* (Тип линии) выбрать (щелчком мыши) Continuous.

В диалоговом окне *Select Line type* (Выбор типа линии) выбрать кнопку *Load…* (Загрузить).

В диалоговом окне *Load or Line type* (Загрузка или Перезагрузка типов линий) выбрать *Hidden 2*

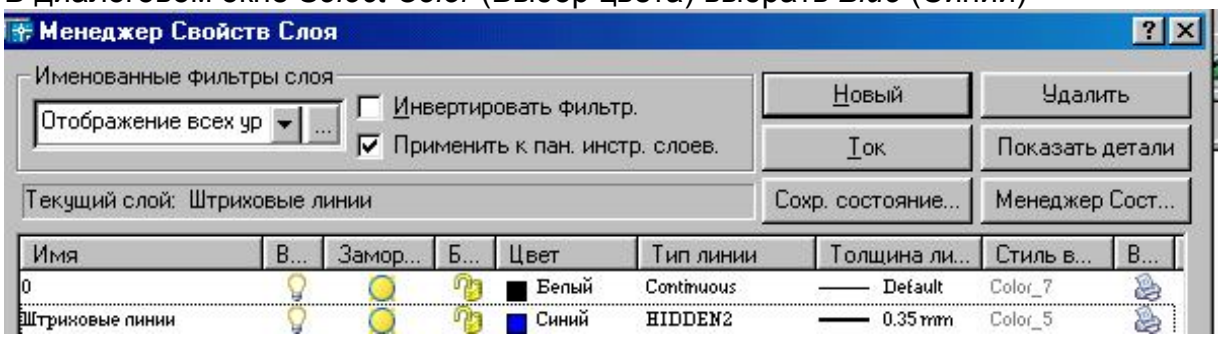
В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) установить *Hidden 2*.

В области *Lineweight* (Толщина линии) выбрать (щелчком мыши) *Default*.

В диалоговом окне *Lineweight* выбрать 0,35.

В области *Color* (Цвет линии) выбрать (щелчком мыши) *White* (Белый).

В диалоговом окне *Select Color* (Выбор цвета) выбрать *Blue* (Синий)



9. ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИМИТИВЫ

Примитив – это заранее определённый основной геометрический элемент, при помощи которого строятся более сложные модели. Система ***AutoCAD*** использует обширный набор

примитивов: точки, отрезки, круги, дуги, полилинии (непрерывная последовательность отрезков и дуг), мультилинии (ломаная линия, сегменты которой состоят из нескольких параллельных отрезков), сплайны (гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек), тексты, блоки (именованный объект, сформированный из нескольких примитивов), эллипсы, многоугольники, фигуры (часть плоскости, ограниченная тремя или четырьмя отрезками) и т. д. Общими свойствами, которыми обладают все примитивы, являются принадлежность к слою, цвет и тип линии. Многие примитивы обладают также толщиной. Отдельные примитивы (текст, блок) имеют специальные свойства (угол наклона, точка вставки и др.).

10. ВВОД КООРДИНАТ ТОЧКИ

Ввод координат в **AutoCAD** осуществляется двумя способами:

1. Непосредственно с клавиатуры, путём задания численных значений в командной строке.
2. При помощи графического курсора, который перемещается по экрану мышью или клавишами управления курсором. Ввод координаты осуществляется щелчком левой кнопки мыши.

При этом в строке состояния, расположенной в нижней части Рабочего стола, происходит отображение текущих значений координат. Для удобства ввода координат можно использовать следующие режимы, которые устанавливаются в строке состояния:

- ***ORTHO*** (Орто) – режим, когда изменение происходит только по осям ***x*** или ***y***.
- ***SNAP*** (Шаговая привязка) – привязка к узлам невидимой сетки, определённой с некоторым шагом по ***x*** и ***y***.

КООРДИНАТЫ ТОЧКИ В ДВУМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В двумерном пространстве точка определяется в плоскости ***xOy***, которая называется плоскостью построений. Точка может быть задана *абсолютными* и *относительными координатами*. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x,y**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координаты ***y***, а также направление (+ или -).

- *Полярные координаты***: …point: ρ<φ**,

где ρ - длина вектора (расстояние), соединяющего точку с началом координат,

φ - угол наклона этого вектора относительно предыдущей точки (< - специальный символ, знак «меньше»). За положительное направление изменения угла принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***x***.

Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***x*** и ***y*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую и приращение по оси ординат ***y***.

- *Полярные координаты*: **…point: @ρ<φ**.

В системе ***AutoCAD*** допускается использовать *прямую запись расстояния*, что особенно удобно для быстрого ввода длины линии. Для ввода координат точки, отстоящей на заданное расстояние и в заданном направлении, необходимо вначале переместить графический курсор в желаемом направлении, а затем напечатать в командной строке требуемое расстояние: **point: 85**.

11. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Draw* (*Рисовать*)

Панель инструментов ***Draw*** (рис. 33) содержит кнопки для вызова команд вычерчивания, наиболее часто используемых графических примитивов.

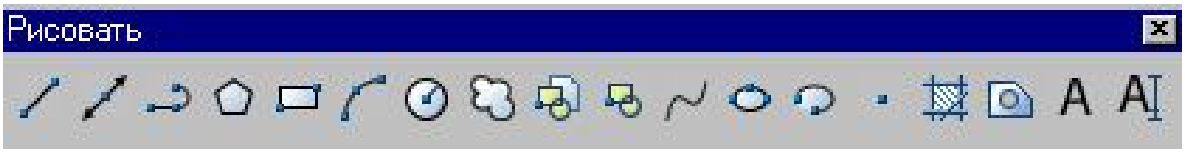


Рис. 33.

Панель инструментов ***Draw*** (Рисовать), показанная на рис. 33, содержит кнопки (пиктограммы) для вызова команд вычерчивания наиболее часто используемых графических примитивов. Для ввода команды достаточно щелкнуть мышью по этой кнопке. Панель инструментов разделена на следующие группы:

- команды для вычерчивания отрезков прямых линий различного типа и специальных линий;
- команды для вычерчивания линий, содержащих прямолинейные и дуговые сегменты, а также прямоугольников и правильных многоугольников;
- команды для вычерчивания рациональных B-сплайнов, окружностей, эллипсов и их дуг;
- команды создания блоков и точек;
- команды нанесения штриховок и создание замкнутых контуров и областей;
- команды нанесения текстов.

12. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ

Графические примитивы создаются командами рисования, которые вызываются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) или панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Необходимо отметить, что одни и те же элементы чертежа могут быть получены с помощью различных команд.

При построении чертежей требуется их редактирование. *Прежде чем редактировать объекты чертежа, необходимо выбрать, то есть указать системе набор примитивов, с которыми предполагается дальнейшая работа. Выбранные примитивы изображаются на экране монитора пунктирными линиями, что служит визуальным подтверждением их выбора.*

Здесь разрешены следующие способы выбора объектов: указание объекта «прицелом» графического курсора; выбор с помощью предполагаемой рамки (для этого графический курсор устанавливают над частью чертежа, нажимают левую кнопку мыши и «растягивают» рамку по диагонали, указывая вторым щелчком мыши размер рамки). Если диагональ рамки определяется слева направо, то выбираются объекты, полностью разместившиеся в окне выбора. Если же диагональ рамки определяется справа налево, то выбираются объекты не только полностью разместившиеся в окне рамки, но и пересекающие рамку.

Иногда невозможно выбрать объекты без случайного указания другого близлежащего объекта. В этом случае нужно указать примитив «прицелом» курсора и щелкнуть левой кнопкой мыши при нажатой клавише *Shift*. Для удаления объектов необходимо выбрать объект и нажать клавишу *Delete*.

12.1. ТОЧКА



Команда ***Point*** (Точка) – формирование точки, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Point*** (Точка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Point*** (Точка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Точка определяется указанием её координат или указанием курсора.



Рис. 34.

Форма точки задается с помощью системной переменной PDMODE, а её размер – с помощью переменной PDSIZE. Значения этих переменных пользователь устанавливает в диалоговом окне ***Point Style*** (Стиль точки), которое вызывается из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Point Style*** (Стиль точки) (рис. 34). В этом диалоговом окне показано 16 образцов значков. Для выбора любого из них нужно щелкнуть мышью на любом из них.

Размер маркера точки может определяться в процентах от размера экрана монитора или в абсолютных единицах. Чтобы настроить размер точки, необходимо выбрать один из переключателей и вписать с клавиатуры нужное значение размера точки.

12.2. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ

Линии в ***AutoCAD*** являются базовым примитивом и могут быть различных видов: одиночные отрезки, ломаные (с сопряжениями дугами и без них), пучки параллельных линий (мультилинии), сплайны, а также эскизные линии.

12.2.1. ОТРЕЗОК



Команда ***Line*** (Отрезок) – формирование отрезка – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Line*** (Отрезок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Line*** (Отрезок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Отрезки могут быть одиночными или объединёнными в ломаную линию. *При этом каждый отрезок ломаной линии является отдельным примитивом*; если же необходимо, чтобы набор линейных сегментов был единым объектом (областью), лучше применять полилинии.

При построении непрерывной ломаной линии конец предыдущего звена ломаной является началом следующего. Завершение построения ломаной линии осуществляется после нажатия клавиши ***Enter*** (условное обозначение – ↵). Если же ломаная линия является замкнутой, то в командной строке нужно с клавиатуры набрать слово ***Close*** (Закрыть) или начальную букву этого слова ***C***.

Выполнить упражнения № 2, 3, 4 (см. «Ввод координат точки»).

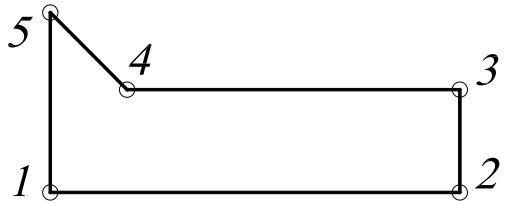
Построить многоугольник, задавая точки в абсолютных координатах № 2

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	100, 20	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	100, 40	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	35, 40	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	20, 55	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	Close	замкнуть ↵

Undo

Отмена последнего действия

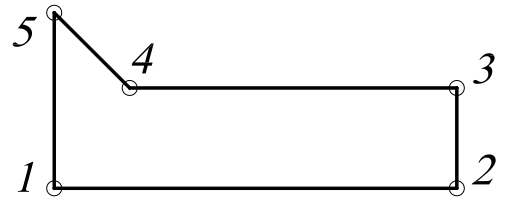


Построить многоугольник, задавая точки в относительных координатах № 3

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80, 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 0, 20	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -65, 0	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -15, 15	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2

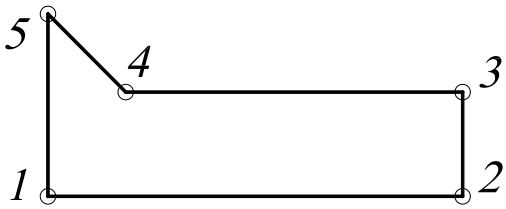


Построить многоугольник, задавая точки в полярных координатах № 4

Line Падающее меню ***Draw → Line***

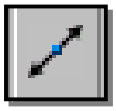
Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80 < 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 20 < 90	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 65 < 180	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 21 < 135	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2



12.2.2. ПРЯМАЯ И ЛУЧ

В ***AutoCAD*** допускается построение линий, не имеющих конца в одном или в обоих направлениях. Такие линии называются соответственно *лучами* или *прямыми*. Их можно использовать в качестве вспомогательных линий при построении объектов, и удобнее строить их в отдельных слоях.



Команда ***XLine*** (Прямая) – формирование прямой – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Construction line*** (Конструкционная прямая) или щелчком мыши по пиктограмме ***Construction line*** (Конструкционная прямая) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда ***XLine*** (Прямая) применяется в двумерном и трехмерном черчении.

Опции команды ***XLine*** (Конструкционная прямая):

- ***Hor*** (Гор) – для построения горизонтальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать h \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ver*** (Вер) – для построения вертикальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать v \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ang*** (Угол) – для построения наклонной вспомогательной прямой линии нужно ввести с клавиатуры a \Enter. Далее AutoCAD выведет дополнительные запросы:
  Enter angle of xline (0) or [Reference] \ Задайте угол наклона или…
  Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:

После ответа на эти запросы система строит вспомогательную линию через указанную точку под заданным углом. Задавая следующие точки, можно строить пучок линий, параллельных первой построенной линии. Если в ответ на запрос - Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:…- нажать клавишу Enter, то это действие приведёт к завершению работы с командой.

- ***Bisect*** (Биссект) –эта опция позволяет построить биссектрису угла по его вершине и двум точкам, расположенным на сторонах угла;
- ***Offset*** (Смещение) – по смещению от заданной линии (следует задать величину смещения, выбрать базовую линию и указать, с какой стороны должна проходить прямая).



Команда ***Ray*** (Луч) – построение луча – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ray*** (Луч) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ray*** (Луч) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Эта команда применяется при выполнении вспомогательных построений, которые используются как база при вычерчивании контурных линий. В отличие от прямых, бесконечных с обеих сторон, луч не имеет конца только в одном направлении, что позволяет снизить загромождённость рисунка.

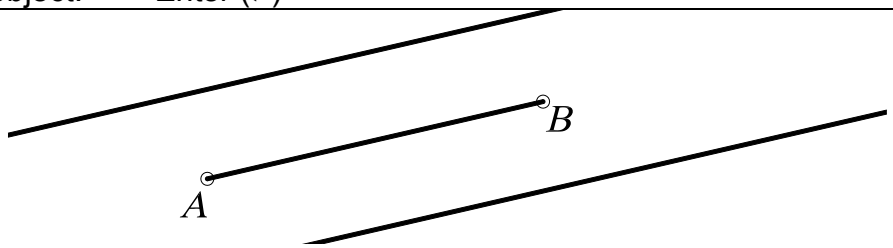
Выполнить упражнение № 5.

Построить вспомогательную прямую,
с величиной смещения 20 от заданного отрезка AB ***№ 5***

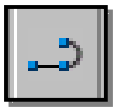


XLine Падающее меню ***Draw → XLine***

XLine Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]: offset задать опцию - смещение
Specify offset distance or [Through] < Through>: 20 задать расстояние 20 или <по умолчанию>
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув выше отрезка AB
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув ниже отрезка AB
Select a line object: Enter (↵)



12.2.3. ПОЛИЛИНИЯ



Команда ***PLine*** (ПЛиния) – построение полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Polyline*** (Полилиния) или щелчком мыши по пиктограмме ***Polyline*** (Полилиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***PLine*** (ПЛиния) служит для вычерчивания линии заданной толщины, состоящей из непрерывной последовательности отрезков прямых линий и дуг окружностей, и обрабатывается системой как графический примитив. Разрешено многократное переключение между режимом вычерчивания отрезков прямых и режимом вычерчивания дуг окружностей. Каждый режим имеет собственный набор параметров, который повторяется после вычерчивания каждого сегмента. По умолчанию эта команда использует режим вычерчивания отрезков прямых линий. При вычерчивании дуги окружности на экране монитора последовательно визуализируются её промежуточные положения.

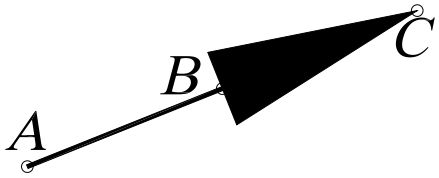
После вызова команды система выдает запрос о местоположении начальной точки. После ввода координат (с клавиатуры или с помощью графического курсора) появляется сообщение о текущей толщине линии Current line-width is 0.0000 (Текущая ширина линии равна 0.0000). Затем появляется список параметров команды:

- ***Arc*** (Дуга) – переход в режим дуг;
- ***Close*** (Замкнуть) – замыкает полилинию отрезком;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – позволяет задать полуширину, то есть расстояние от осевой линии широкого сегмента до края;
- ***Length*** (Длина) – длина сегмента, созданного как продолжение предыдущего в том же направлении;
- ***Undo*** (Отменить) – отменяет последний созданный сегмент;
- ***Width*** (Ширина) – позволяет задать ширину последующего сегмента.

Опции команды ***PLine*** (ПЛиния) в режиме дуг:

- ***Angle*** (Угол) – ввести центральный угол. По умолчанию дуга вычерчивается против часовой стрелки. Если требуется построить дугу по часовой стрелке, необходимо задать отрицательное значение угла;
- ***CEnter*** (Центр) – указать центр дуги;
- ***Close*** (Замкнуть) – замкнуть дугой;
- ***Direction*** (Направление) – задать направление касательной;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – определить полуширину полилинии;
- ***Line*** (Линейный) – переход в режим отрезков;
- ***Radius*** (Радиус) – ввести радиус дуги;
- ***Second pt*** (Вторая) – вторая точка дуги по трём точкам. Если дуга не является сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводится по касательной к нему;
- ***Undo*** (Отменить) – отменить последнюю точку;
- ***Width*** (Ширина) – определить ширину полилинии.

Выполнить упражнения № 6, 7, 8, 9.

Построить полилинию с переменной толщиной	***№ 6***
PLine Падающее меню ***Draw → Polyline*** Specify start point: 90,50 начальная точка A Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию) Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии Specify starting width <0.0000>: 1 стартовая ширина Specify ending width <1.0000>: 1 конечная ширина Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 140, 70 точка B Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии Specify starting width <1.0000>: 20 стартовая ширина Specify ending width <20.0000>: 0 конечная ширина Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 190, 90 точка C Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Enter	
	

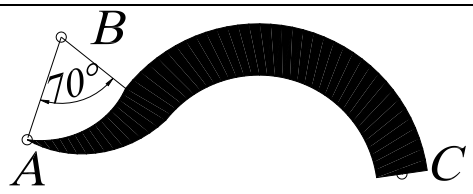
Многократное применение параметра Undo приводит к последовательному уничтожению сегментов полилинии и соответствующему переключению режимов работы команды.

Построить полилинию в режиме дуг *№ 7*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 0 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 15 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Ang задать углом
Specify included angle: 70 величина угла
Specify endpoint of arc or [Center/Radius]: Cen задать центр
Specify center point of arc: 100, 80 точка B
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: 200,40 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter

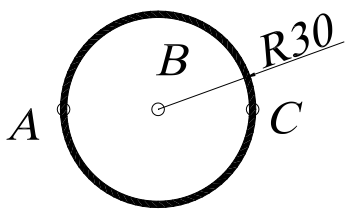


Построить окружность командой полилиния *№ 8*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CE задать центром
Specify center point of arc: 120, 50 точка B
Specify endpoint of arc or [Angle/Length]: @150, 0 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CL замкнуть

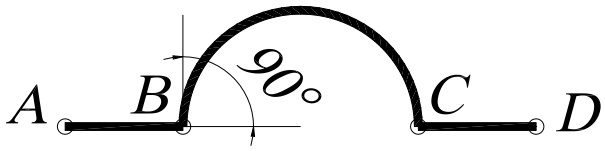


Построить полилинию с помощью направления	*№ 9*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 120 ,50 точка B
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/Direction/…/Second pt/Undo/Width]: Dir задать направлением
Specify the tangent direction for the start point of arc: 90 направление от точки A
Specify endpoint of the arc:180, 50 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: Line режим линий
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 210 ,50 точка D
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter



12.2.4. СПЛАЙН



Команда ***Spline*** (Сплайн) – построение сплайна – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Spline*** (Сплайн) или щелчком мыши по пиктограмме ***Spline*** (Сплайн) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Система ***AutoCAD*** вычерчивает неоднородные рациональные B-сплайны (NURBS-кривые). Сплайны могут быть как двумерными, так и трёхмерными объектами, которые строятся на основе некоторого множества точек.

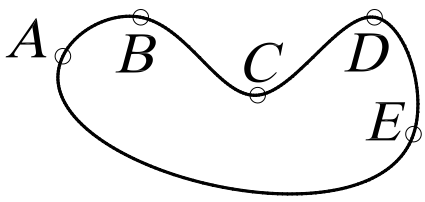
Выполнить упражнение № 10.

Построить сплайн	*№ 10*



Spline Падающее меню ***Draw*** → ***Spline***

Specify first point or [Object]: 90,50 начальная точка A
Specify start point: 110,60 точка B
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 140,40 точка C
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 170,60 точка D
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 180,30 точка E
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: Close замкнуть
Specify tangent: Enter



Замечания:

1. Выбор параметра Object в первом основном запросе системы позволяет преобразовать существующие сглаженные сплайном полилинии в правильный сплайн. После ввода этого параметра следует указать существующую полилинию, сглаженную сплайном.
2. Сплайн обрабатывается системой как единый объект.
3. Толщина линии не задается и соответствует толщине, установленной для текущего слоя.
4. Параметр Close можно использовать, если предварительно вычерчено не менее двух сегментов.
5. Параметр Fit tolerance используется, если необходимо задать, насколько близко к введенным точкам должен проходить сплайн. Величина допуска сглаживания выражается в единицах измерения текущего чертежа. По умолчанию принято значение допуска 0, при котором сплайн проходит точно по данным точкам.
6. Параметр <start tangent> (определить касательную к сплайну) задается по умолчанию (скобки вида < > определяют параметр по умолчанию). Для выбора принятого по умолчанию направления касательной следует нажать клавишу Enter или, перемещая точку с помощью курсора, определяющую направление касательной, задать форму кривой.

12.3. ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

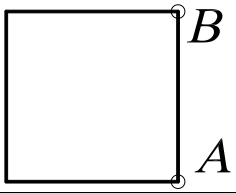
12.3.1. МНОГОУГОЛЬНИК

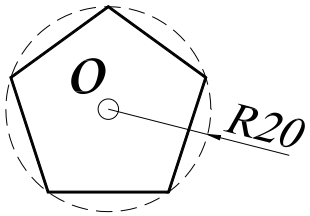


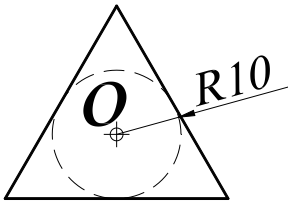
– Команда ***Poligon*** (Многоугольник) – построение правильного многоугольника с числом сторон от 3 до 1024 – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Poligon*** (Многоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Poligon*** (Многоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

- ***Edge*** (Сторона) – задание длины одной стороны;
- ***Inscribed in circle*** (Вписанный в окружность) – определяет способ построения многоугольника
- ***Circumscribed about circle*** (Описанный вокруг окружности) – определяет способ построения многоугольника как описанного вокруг некоторой окружности (как вписанного в некоторую окружность);

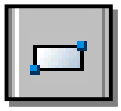
Выполнить упражнения № 11, 12, 13.

Построить многоугольник по известной стороне		***№ 11***
 ***Polygon***	Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon***	
	Enter number of side <4>: 4	количество сторон
	Specify center of polygon or [Edge]: E	задать стороной
	Specify first endpoint of edge: 90, 50	точка A
	Specify second endpoint of edge: 90, 100	точка B
		

Построить многоугольник, вписанный в окружность	*№ 12*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 5 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: i вписанный многоугольник в окружность Specify radius of circle: 20 радиус окружности	
	

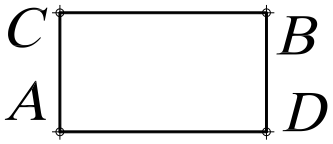
Построить многоугольник, описанный вокруг окружности	*№ 13*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 3 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: c описанный многоугольник вокруг окружности Specify radius of circle: 10 радиус окружности	
	

12.3.2. ПРЯМОУГОЛЬНИК



Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) – построение прямоугольника – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Rectangle*** (Прямоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rectangle*** (Прямоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Прямоугольник строится по двум любым диагональным точкам.

Выполнить упражнение № 14.

Построить прямоугольник	*№ 14*
 ***Rectangle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle*** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A (или точку C) Specify other corner point: указать точку B (или точку D)	
	

Опции команды ***Rectangle*** (Прямоугольник):

- ***Chamfer*** (Фаска) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определёнными фасками;
- ***Fillet*** (Сопряжение) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённым радиусом сопряжения углов;
- ***Width*** (Толщина) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии.

Во всех случаях система предлагает параметры по умолчанию, которые проставлены в скобках <…>.

Выполнить упражнения № 15, 16.

Построить прямоугольник с фасками ***№ 15***



Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

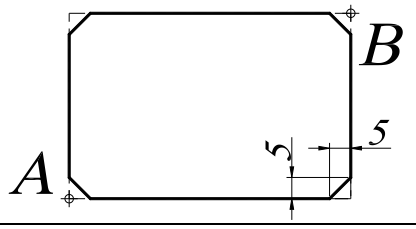
Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: c — задать фаски

Specify first chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — первый размер фаски

Specify second chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — второй размер фаски

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Построить прямоугольник с сопряжением углов ***№ 16***



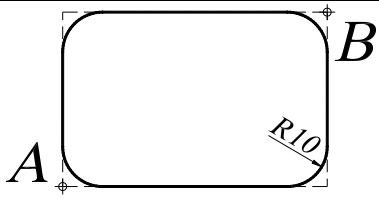
Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: f — задать радиус сопряжения

Specify fillet radius for rectangles <0.0000>: 5 — размер радиуса сопряжения

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Замечания:

1. Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) формирует полилинию, поэтому прямоугольник можно рассматривать как единый объект.
2. Параметр Width используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии. Если задать значение толщины, равное нулю, то линия вычерчивается с толщиной, установленной для текущего слоя.
3. Использование параметров Elevation, Thickness, Width позволяет создать трёхмерный объект (параллелепипед с прямоугольником в основании).

12.4. ПОСТРОЕНИЕ ОКРУЖНОСТЕЙ, ЭЛЛИПСОВ И ИХ ДУГ

12.4.1. ОКРУЖНОСТЬ



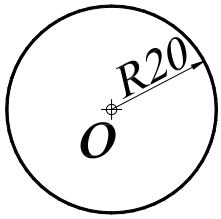
– Команда ***Circle*** (Круг) – построение окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Circle*** (Круг) или щелчком мыши по пиктограмме ***Circle*** (Круг) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Окружности можно строить различными способами. По умолчанию построение выполняется путём задания центра и радиуса.

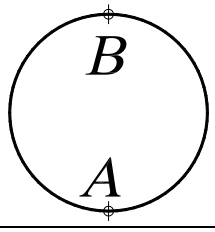
Опции команды ***Circle*** (Круг):

- ***3P*** (3Т) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
- ***2P*** (2Т) – по двум точкам, лежащим на диаметре;
- ***Ttr*** (ККР) – по двум касательным и радиусу;
- ***Tan Tan Tan*** (Кас Кас Кас) – окружность, касающаяся трёх объектов. В этом случае система автоматически включает режим объектной привязки Tangent (см. панель инструментов «Объектная привязка»).

При построении окружности, касательной к двум примитивам, необходимо указать графическим курсором на экране монитора приблизительную точку касания на заданных примитивах. Данный способ построения окружности предполагает её вычерчивание как касательной к двум отрезкам прямых, касательной к двум окружностям, касательной к отрезку и окружности.

Выполнить упражнения № 17 - 26 (для выполнения упражнений постройте примитивы, показанные штриховой линией).

Построить окружность по центру и радиусу	***№ 17***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 100,100 центр O Specify radius of circle or [Diameter]: 20 радиус окружности	
	

Построить окружность по двум точкам диаметра	***№ 18***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B	
	

Построить окружность по трём точкам	*№ 19*



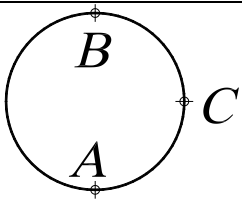
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A

Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B

Specify third end point of circle's diameter: 120,70 точка C



Построить окружность, касательную двум примитивам	*№ 20*



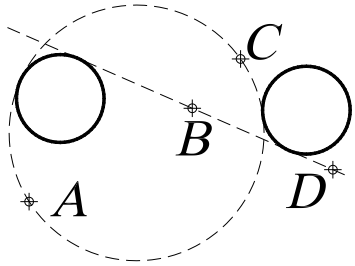
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность, касательную к прямой	*№ 21*



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

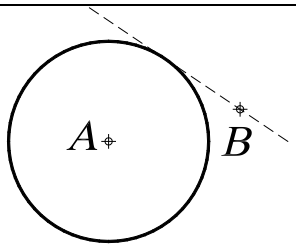
Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]:

указать центр окружности A

Specify radius of circle or [Diameter]:_ tan to щелкнуть мышью по пик-тограмме панели объектной привязки Tangent и



указать на точку B



Построить окружность, касательную двум окружностям ***№ 22***



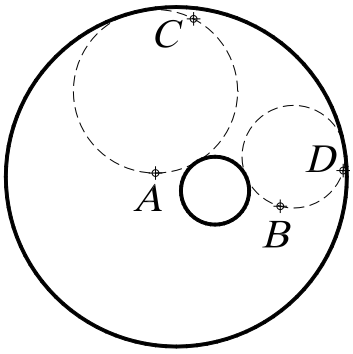
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность по двум точкам диаметра, лежащим на концах отрезка ***№ 23***

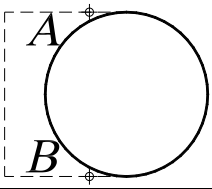


Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P

Specify first end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку A

Specify second end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку B



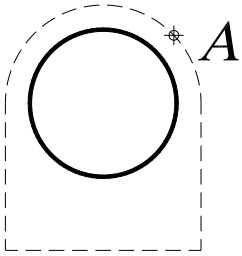
Построить концентрическую окружность ***№ 24***



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки CENter  и указать графическим курсором на точку A

Specify radius of circle or [Diameter]: 15 радиус окружности



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 25***



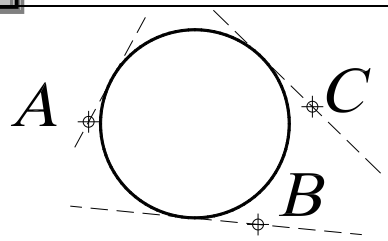
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 26***



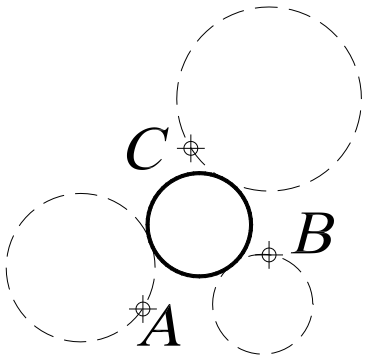
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



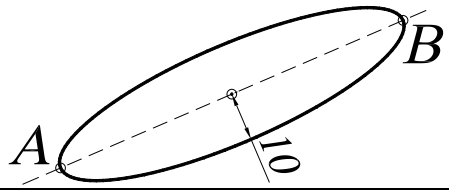
12.4.2. ЭЛЛИПС

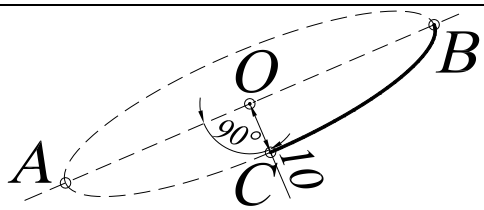


– Команда ***Ellipse*** (Эллипс) – построение эллипса – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ellipse*** (Эллипс) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ellipse*** (Эллипс) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Эллипсы можно строить различными способами. По умолчанию строится путём указания начала и конца первой оси эллипса, а также половины второй оси.

- ***Center*** (Центр) – построение эллипса по точке его центра и двум конечным точкам его осей;
- ***Arc*** **(**Дуга**) –** режим построения эллиптических дуг. По умолчанию эллиптические дуги, как и эллипсы, строятся путём указания конечных точек первой оси и половины длины второй. После этого задаются начальный и конечный углы. За начало отсчёта углов эллиптической дуги принимается большая ось эллипса. Если начальный и конечный углы совпадают, строится полный эллипс. Вместо задания конечного угла можно указать центральный угол дуги, измеренный от начальной точки.

Выполнить упражнения №27, 28

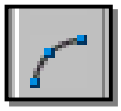
Построить эллипс по двум осям	***№ 27***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis [Rotation]: 10 длина половины оси	
	

Построить эллиптическую дугу	***№ 28***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: A режим построения дуг Specify axis endpoint of elliptical arc or [Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis or [Rotation]: 10 длина половины оси Specify start angle or [Parameter]: 90 угол AOC Specify end angle or [Parameter/ Included angle]: 180 угол AOB	
	



Для построения эллиптической дуги можно использовать команду - ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

12.4.3. ДУГА ОКРУЖНОСТИ



– Команда ***Arc*** (Дуга) – построение дуги окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Arc*** (Дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Arc*** (Дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Дуги строятся различными способами, однако по умолчанию построение производится по трём точкам – начальной, промежуточной и конечной.

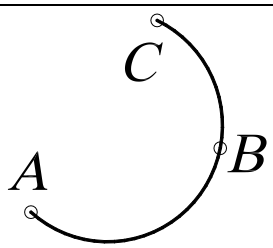
Опции команды ***Arc*** (Дуга):

- ***Center*** (Центр) – точка центра дуги;
- ***End*** (Конец) – конечная точка дуги;
- ***Angle*** (Угол) – величина угла;
- ***Chord Length*** (**Длина хорды**) – длина хорды;
- ***Direction*** (Направление) – направление касательной;
- ***Radius*** (Радиус) – радиус дуги.

Существует несколько способов построения дуги окружности по следующим трём параметрам:

1) ***3 Point*** (3 точки) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
2) ***St, C, End*** (Н, Ц, К) – по стартовой точке, центру и конечной точке дуги (положительным считается направление против часовой стрелки);
3) ***St, C, Ang*** (Н, Ц, Угол) – по стартовой точке, центру и углу;
4) ***St, C, Len*** (Н, Ц, Длин) – по стартовой точке, центру и длине хорды. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая из двух возможных дуг (та, что меньше 180^0). Если же вводится отрицательное значение длины хорды, будет построена большая дуга;
5) ***St, E, Ang*** (Н, К, Угол) – по стартовой точке, конечной точке и углу;
6) ***St, E, Dir*** (Н, К, Напр) – по стартовой точке, конечной точке и направлению – углу наклона касательной из начальной точки;
7) ***St, E, Rad*** (Н, К, Рад) – по стартовой точке, конечной точке и радиусу. Меньшая дуга строится против часовой стрелки;
8) ***Ce, S, End*** (Ц, Н, К) – построение дуги по центру, стартовой и конечной точке;
9) ***Ce, S, Ang*** (Ц, Н, Угол) – построение дуги по центру, стартовой точке и углу;
10) ***Ce, S, Len*** (Ц, Н, Длин) – построение дуги по центру, стартовой точке и длине хорды;
11) ***ArcCont*** (ПродДуг) – построение дуги как продолжение отрезка или дуги.

Выполнить упражнения № 29 – 33.

Построить дугу по трём точкам	***№ 29***
 ***Arc*** Падающее меню ***Draw*** → ***Arc (3 point)*** Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A Specify second point of arc or [Center/End]: 130, 260 точка B Specify start point of arc: 120,280 точка C	
	

Построить дугу по начальной точке, центру и величине угла	*№ 30*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Ang)***

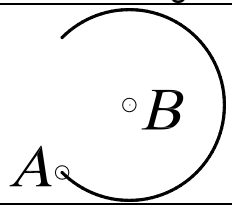
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 110, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify included angle: 270 угол



AutoCAD всегда проводит дугу от начальной точки в направлении против часовой стрелки. Две дуги, построенные одним и тем же способом, могут совершенно отличаться друг от друга. В следующих упражнениях показаны различия в построении одних и тех же дуг, но с противоположным значением длины хорды, размера радиуса. Необходимо помнить, что положительным считается направление против часовой стрелки.

Построить дугу по начальной точке, центру и длине хорды	*№ 31*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Len)***

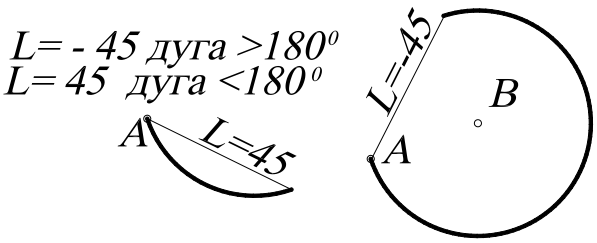
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 130, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: - 45 длина хорды



Построить дугу по двум точкам и радиусу	*№ 32*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Rad)***

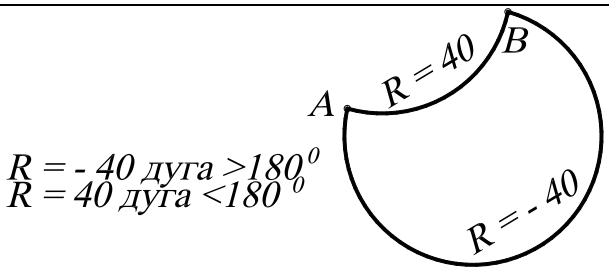
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: e

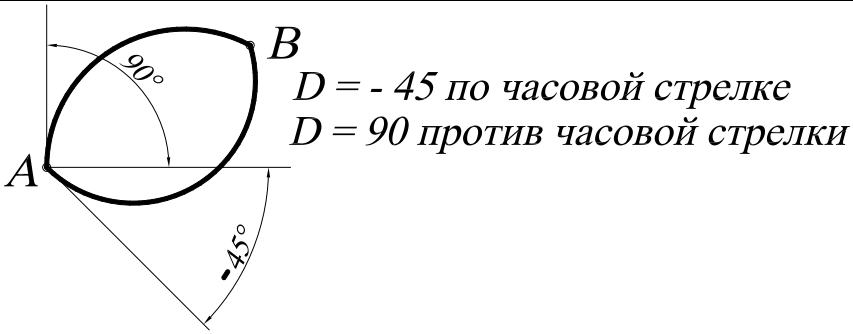
Specify end point of arc:150,280 конечная точка B

Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: r

Specify radius of arc: -40



Построить дугу по двум точкам и касательной		*№ 33*
Arc	Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Dir)***	
	Specify start point of arc or [Center]: 80,420	точка A
	Specify second point of arc or [Center/End]: e	
	Specify end point of arc: 130,450	точка B
	Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: d	
	Specify tangent direction for the start point of arc: -45	направление



13. ТЕКСТОВЫЕ СТИЛИ

При нанесении надписи в ***AutoCAD*** используется некоторый текстовый стиль, который задает высоту, угол поворота, ориентацию и др. В одном рисунке можно создавать и использовать несколько текстовых стилей.

Все текстовые стили, кроме STANDART, пользователь создает по своему желанию. Создание текста и команды его регенерации производятся в диалоговом окне ***Text Style*** (Текстовые стили) (рис. 35), вызываемом из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Text Style*** (Текстовые стили).

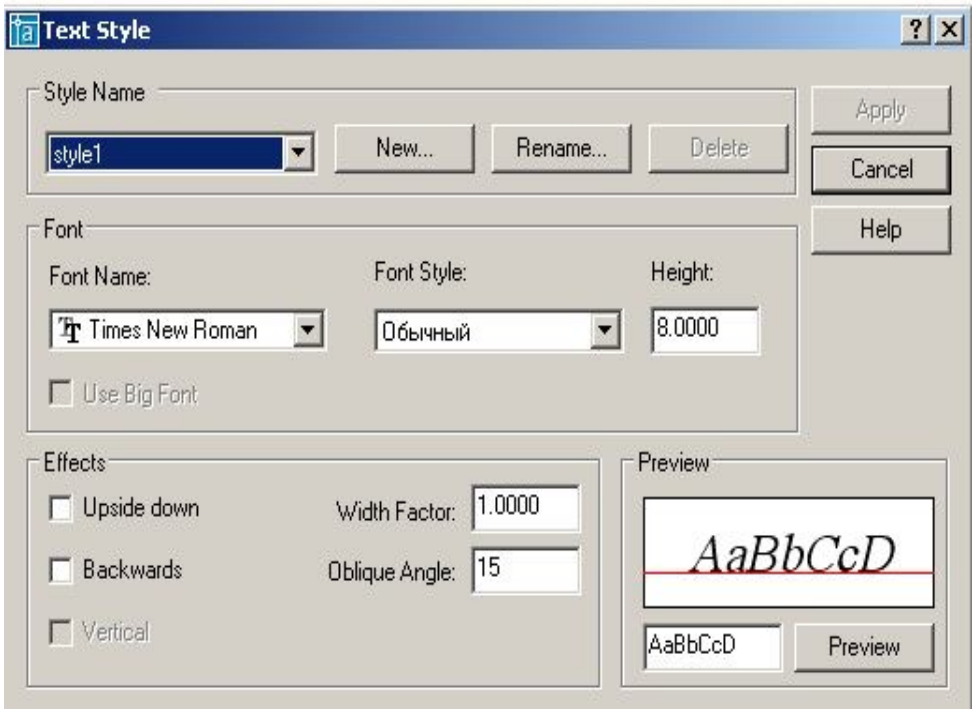


Рис. 35.

Для создания нового стиля необходимо щелкнуть мышью по кнопке ***New*** (Новый), при этом открывается диалоговое окно ***New Text Style*** (Новый текстовый стиль), в котором задается имя создаваемого стиля. Новому стилю присваиваются значения параметров, заданные первоначально в окне ***Text Style*** (**Текстовые стили**), которые, как правило, нуждаются в изменении.

В области ***Font*** (Шрифт) в раскрывающемся списке поля ***Font Name***: (Имя шрифта:) следует выбрать подходящий шрифт, например Times New Roman. Сделанные изменения для нового шрифта иллюстрируются в поле ***Preview*** (Образец).

Высота текста задается в поле ***Height:*** (Высота:) и определяет размер знаков используемого шрифта. Если в процессе описания стиля текста задана фиксированная высота текста, при создании однострочных надписей запрос ***Height:*** (Высота:) не выводится. При необходимости нанесения надписей разной высоты с использованием одного и того же текстового стиля следует при его создании указать высоту, равную 0.

Угол наклона текста задается в поле ***Oblique Angle*** (Угол наклона). Угол наклона текста задается от вертикальной линии по часовой стрелке.

13.1. ОДНОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Надписи на чертежах могут представлять собой сложные спецификации, элементы основной надписи, заголовки и т. п. Небольшие надписи, не требующие внутреннего форматирования, создаются в виде однострочных текстов при помощи команды ***TEXT*** (**ТЕКСТ**). Однострочные тексты удобно применять для заголовков.



– Команда ***TEXT*** (Текст) – формирование текста – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***TEXT*** (Текст) → ***Single Line Text*** (Однострочный) или щелчком мыши по пиктограмме ***TEXT*** (Текст) одноимённой панели инструментов.

Однострочный текст формируется по следующим опциям команды:

- ***Style*** (**Стиль**) – установление нового текстового стиля, путем выбора его из имеющихся стилей;
- ***Justify*** (**Выравнивание**) – выравнивание текстовой строки с использованием ключей выравнивания:

1. ***Align***, ***Fit*** – формируют вписанный текст между двумя введёнными точками:



– ***Align*** – высота и ширина каждого символа вычисляется автоматически;



– ***Fit –AutoCAD*** запрашивает высоту шрифта и автоматически подбирает ширину символа;

2.***Center***, ***Middle*** – центрирует текст относительно введенной точки:



– ***Center*** – центрирование текста по горизонтали;

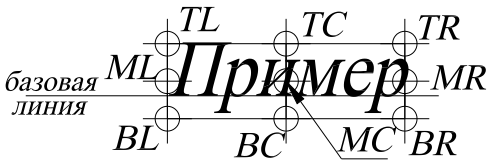


– ***Middle*** – центрирование текста по горизонтали и по вертикали;

3.***Right*** – выравнивание текста по правому краю:



4. Выравнивание текста относительно указанной точки, обозначаемой следующими символами – ***TL***, ***TC***, ***TR***, ***ML***, ***MC***, ***MR***, ***BL***, ***BC***, ***BR***, аббревиатуры слов:
T – ***Top*** (верхний), ***M*** – ***Middle*** (средний), ***B*** – ***Bottom*** (нижний), ***L*** – ***Left*** (левый), ***C***-***Center*** (центр), ***R*** – ***Right*** (правый).



Выполнить упражнения № 34 – 40.

Сформировать однострочный текст	***№ 34***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
Current text style:  "Standard"  Text height:  8.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: 100,500     начальная точка 1
                Specify height <8.0000>: 20                 высота текста
          Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                                Enter text: пример          формируемая надпись
                                Enter text: выполнения      формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

1 пример
выполнения

Для продолжения многострочных текстов команду ***Text*** повторяют обычным, принятым в системе способом, а затем на первый запрос отвечают нажатием клавиши ENTER. Тогда новая строка текста разместится под последней строкой вычерченного перед этим текста и будет иметь тот же текстовый стиль, высоту и угол поворота (см. упражнение 34).

Сформировать однострочный вписанный текст	***№ 35***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
                                Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
          Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Align            вписанный
       Specify first endpoint of text baseline: 150,490                      точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 240,490                            точка 2
                                Enter text: пример                  формируемая надпись
                                Enter text: вписанного текста       формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

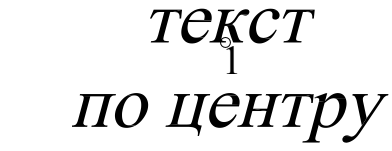
1 *пример* 2
вписанного текста

Сформировать текст, выровненный по центру	*№ 36*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
                    Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Center     по центру
                  Specify center point of text: 60,530                точка 1
                    Specify height <15.0000>: 10                      высота символа
                    Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                    Enter text: текст                                 формируемая надпись
                    Enter text:  по центру                            формируемая надпись
                    Enter text: <ENTER>
```



Первоначальное представление строки текста на экране дисплея не зависит от выбора параметра. Текст модифицируется в соответствии с указанным параметром в момент окончания работы команды.

Сформировать текст, выровненный по ширине	*№ 37*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
Current text style:  "style2"  Text height:  10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Fit       по ширине
Specify first endpoint of text baseline: 10,610                       точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 70,610                      точка 2
Specify height <10.0000>: 10                                      высота символа
Enter text: Текст,                                                формируемая надпись
Enter text: выровненный по ширине                                 формируемая надпись
Enter text: <ENTER>
```



Сформировать текст, выровненный по средней точке **№ 38**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Middle
— по средней точке
Specify middle point of text: 170,620 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота
Enter text: **Надпись,** — формируемая надпись
Enter text: **выровненная по средней точке** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Надпись,
выровненная по средней точке

Сформировать текст, выровненный вправо **№ 39**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Right — вправо
Specify right endpoint of text baseline: 240,680 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота строки
Enter text: **Текст**, — формируемая надпись
Enter text: **выровненный вправо** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Текст,
выровненный вправо

Создать новый наклонный стиль **№ 40**

Падающее меню ***Format*** → ***Text Style***
В диалоговом окне ***Text Style*** выбрать кнопку *New* (Новый)
В поле Style Name: указать новое любое имя стиля
В раскрывающемся списке названий шрифтов ***Font Name:*** выбрать arial
В поле Oblique Angle: (Угол наклона:) указать 10 градусов
В поле Height: (Высота:) указать 0
Используя команду  ***TEXT*** написать свое имя, фамилию

решение
новых вопросов

Использование специальных символов в однострочном тексте осуществляется с помощью управляющих кодов, которые вводятся в командную строку непосредственно перед вводом текста:

- %%o – включает или выключает режим надчеркивания символов;
- %%u - включает или выключает режим подчеркивания символов;
- %%d – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «градус» (°);
- %%p – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «плюс-минус» (±);
- %%c – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «диаметр окружности» (∅).

13.2. МНОГОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Многострочный текст используется для нанесения многострочных текстов на чертежах.



– Команда ***MTEXT*** (**МТЕКСТ**) – формирование многострочного текста - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Text*** (Текст) → ***Multiline Text*** (Многострочный текст) или щелчком мыши по пиктограмме ***Multiline Text*** (Многострочный текст) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

В ответ на команду система выдает в первой строке сообщение, а затем запрос: Current text style: "Standard" Text height: 8 (Текущий текстовый стиль).

Specify first corner: (Задайте первый угол:). Задать координаты первой точки рамки текстового окна (с помощью клавиатуры или графическим курсором).

Specify opposite corner or [Height/Justify/Line spacing/Rotation/Style/Width]: (Задайте противоположный угол или…)

- ***Height*** используется, если необходимо изменить высоту символов многострочного текста;
- ***Justify*** используется, если необходимо изменить способ выравнивания многострочного текста;
- ***Line spacing*** используется, если необходимо изменить расстояния между строками в текстовом окне;
- ***Rotation*** используется, если необходимо изменить угол поворота рамки текстового окна;
- ***Style*** используется, если необходимо изменить текстовый стиль;
- ***Width*** используется, если необходимо задать ширину рамки текстового окна.

После указания размеров абзаца загружается диалоговое окно ***Text Formatting*** (Форматирование текста) (рис. 36), которое содержит средства форматирования символов текста:

- Font – раскрывающийся список выбора шрифтов;
- Font Height – раскрывающийся список ввода высоты шрифта;
- Bold – кнопка установки полужирного начертания символов;
- Italic – кнопка начертания символа курсивом;
- Underline – кнопка установки начертания символа с подчеркиванием;
- Undo – кнопка отмены;
- Stack/Unstack – кнопка установки начертания дробей в одну или две строки;
- Text Color – раскрывающийся список выбора цвета символа.

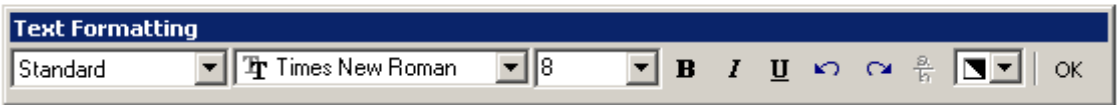


Рис. 36.

14. БЛОК

Пакет ***AutoCAD*** предоставляет пользователю различные способы работы с данными в чертежах. В том случае, когда часто встречается одна и та же группа объектов (крепежные изделия, подшипники, уплотнения и т. п.), целесообразно использовать блоки. *Блоки* – это именованные объекты, состоящие из любого количества примитивов системы ***AutoCAD***. Блоки можно вставлять в рисунок с масштабирование и поворотом, расчленять на составляющие объекты и редактировать. Блок может включать в себя другие блоки. При создании блока задается базовая точка и выбираются объекты, входящие в блок.

Возможны два типа блоков: *локальные* и *автономные*. Локальные блоки входят в состав того чертежа, в котором они были созданы, и не могут быть перенесены в другой чертеж. Автономные блоки хранятся в виде отдельного файла чертежа и могут быть использованы в других чертежах.

С каждым блоком можно связать *атрибуты*, то есть текстовую информацию для хранения вместе с блоком, которую допускается редактировать в процессе вставки блока. Распространенный пример использования атрибутов – заполнение основной надписи чертежа.

14.1. СОЗДАНИЕ БЛОКОВ



– Команда ***Block*** (Блок) – создание локального блока из объектов текущего чертежа - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Block*** (Блок) → ***Make*** (Создать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Make Block*** (Создать блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда раскрывает диалоговое окно ***Block Definition*** (Описание блока), представленное на рис. 37.

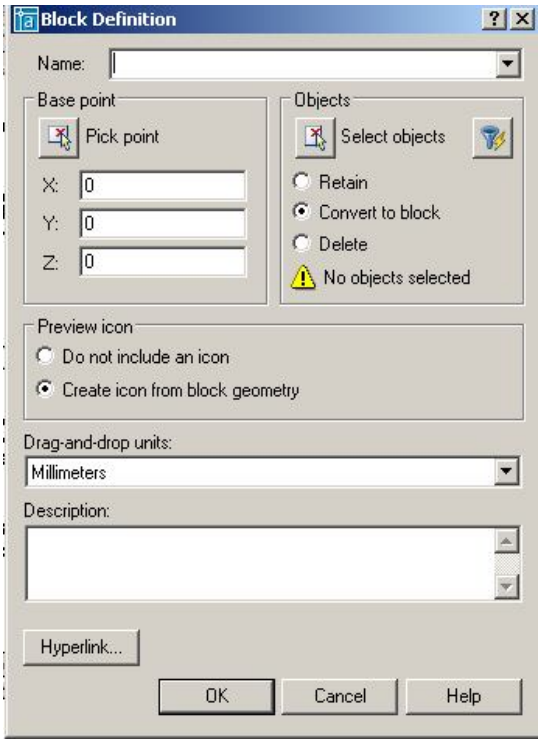


Рис. 37.

При создании блока в диалоговом окне ***Block Definition*** (Описание блока) следует:

- в поле ***Name:*** (Имя:) ввести имя создаваемого блока;
- в области ***Objects*** (Объекты) нажать кнопку ***Select objects*** (Выбрать объекты) и выбрать объекты на экране монитора, подлежащие включению в блок. При этом диалоговое окно временно закрывается. Затем следует нажать клавишу ***Enter*** после окончания выбора объектов и диалоговое окно снова откроется;
- в области ***Base point*** (Базовая точка) задать координаты базовой точки вставки или нажать на кнопку ***Pick point*** (Указать) для выбора базовой точки. После щелчка по этой кнопке диалоговое окно временно закрывается, и пользователь имеет возможность указать базовую точку на изображении блока;
- в поле ***Description*** (Пояснение) ввести текстовые пояснения для облегчения идентификации и поиска блока в дальнейшем;
- кнопка ***Hyperlink*** позволяет включить в описание создаваемого объекта гиперсвязь.

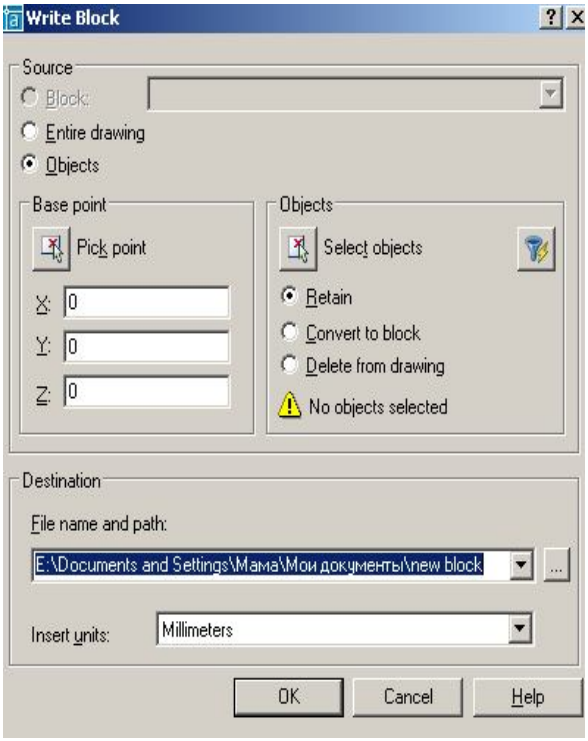
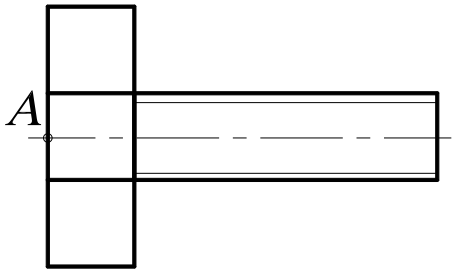


Рис. 38.

Для создания автономных блоков применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК), которая вызывается через командную строку: ***WBLOCK*** (***W***). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Write Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 38, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном чертеже.

Выполнить упражнение № 41 (для выполнения упражнения создайте чертёж, показанный в данном упражнении).

Создать локальный блок	***№ 41***
Block Падающее меню ***Draw*** → ***Block*** → ***Make*** В диалоговом окне ***Block Definition*** в поле Name: ввести произвольное имя создаваемого блока, например, BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***Pick point***. Specify insertion base point: указать точку A Щелкнуть мышью по кнопке ***Select objects*** Select objects: выбрать весь объект рамкой. Select objects: <ENTER> Щелкнуть мышью по кнопке OK.	
	

14.2. ВСТАВКА БЛОКА

– Команда ***Insert*** (Вставить) – служит для вставки ранее созданного блока или чертежа из файла в текущий чертёж. Вызывается из падающего меню ***Insert*** (Вставить) → ***Block*** (Блок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Insert*** (Вставить) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Insert*** (Вставить), представленное на рис. 39.

Раскрывающийся список ***Name:*** (Имя:) позволяет выбрать для вставки в текущий чертёж существующий локальный блок. Чтобы вставить в текущий чертёж автономный блок,

нужно нажать кнопку ***Browse***, а затем выбрать необходимый файл. Информационное поле ***Path*** содержит путь к отобранному файлу автономного блока. Флажок ***Explode*** (Взорвать) разрешает системе при вставке блока расчленить его на исходные данные.

Диалоговое окно ***Insert*** (Вставить) содержит три основные панели.

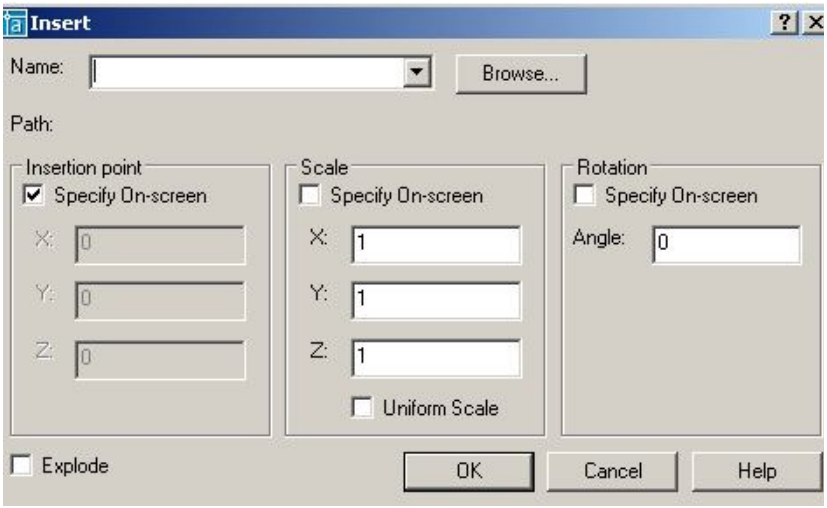


Рис. 39.

1. Панель ***Insertion point*** позволяет выбрать способ задания координат точки вставки блока (точки, с которой будет совмещена базовая точка, созданная при формировании блока): указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения координат точки вставки блока в текущей системе координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает указать нужную точку на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и пользователь имеет возможность указать точку вставки блока на чертеже.

2. Панель ***Scale*** (Масштаб) позволяет выбрать способ задания коэффициентов масштабирования при вставке блока: указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения масштабирования при вставке блока по осям координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать значения коэффициентов масштабирования на чертеже.

Флажок ***Uniform Scale*** устанавливает по осям координат одинаковые значения коэффициентов масштабирования.

3. Панель ***Rotation*** позволяет выбрать способ задания при вставке блока угла поворота относительно номинального его положения: указание на чертеже или ввод числового значения. Панель содержит кнопку-переключатель и поле ввода числового значения угла поворота. Поле ввода ***Angle*** позволяют задать числовые значения угла поворота при вставке блока. Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать числовые значения угла поворота на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и дальнейший диалог осуществляется в командной строке. Выполнить упражнение № 42.

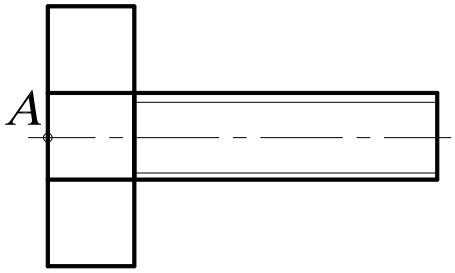


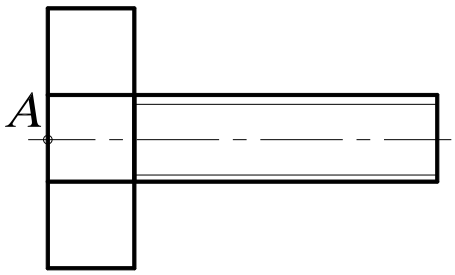
– Команда ***Explode*** (Взорвать) – расчленяет блок, размер, штриховку на отдельные составляющие объекты. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) или щелчком мыши по пиктограмме ***Explode*** (Взорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

При вставке блока в чертёж ***AutoCAD*** обрабатывает его как графический примитив, то есть единый объект, который нельзя изменять. Для обеспечения работы с отдельными составляющими блока его необходимо разбить или «взорвать». Это можно сделать и в момент вставки блока в чертёж, установив в диалоговом окне ***Insert*** (Вставить) флажок ***Explode*** (Взорвать).

Команда ***Explode*** (Взорвать) используется для расчленения объектов, созданных командой ***Region*** (Область) (см. далее в разделе «Создание замкнутых объектов»).

Выполнить упражнение № 43.

Вставить блок в чертёж	***№ 42***
 ***Insert*** Падающее меню ***Insert*** → ***Block*** В диалоговом окне ***Insert*** в поле Name: ввести имя вызываемого блока, которое можно указать из раскрывающегося списка, например: BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***OK*** Specify insertion point or [Scale/X/Y/Z/Rotate/PScale/PX/PY/PZ/PRotate]: указать точку вставки блока	
	

Взорвать (расчленить) блок	***№ 43***
 ***Explode*** Падающее меню ***Modify*** → ***Explode*** Select objects: указать блок в любой точке контура, например, точка А Select objects: <ENTER>	
	

15. СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕКТОВ

Для построения некоторых объектов, например трёхмерных объектов методом выдавливания или вращения, могут быть использованы замкнутые полилинии либо области. Разница между этими двумя типами объектов состоит в том, что объект *полилиния* представляет собой именно замкнутую линию, а объект *область* – часть плоскости, ограниченную замкнутой линией. Поэтому последний объект может характеризоваться массогабаритными параметрами вроде веса, положения центра тяжести, площади и т. д.

Массогабаритные параметры области вычисляются с помощью команды MASSPROP, которая запускается из меню ***Tools*** (Инструменты)→ ***Inquiry*** (Запрос).

Если исходный контур состоит из нескольких объектов (отрезков, дуг, эллиптических дуг и т. п.), его можно превратить в единый объект, используя команду ***Region*** (Область).



– Команда ***Region*** (Область) – создаёт замкнутую область из набора существующих объектов – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Region*** (Область) или щелчком мыши по пиктограмме ***Region*** (Область) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

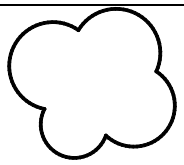
Выполнить упражнение № 44. Для выполнения этого упражнения вначале создайте произвольный объект, состоящий из нескольких элементов, например, из четырёх дуг, контур которых является замкнутым.

Создать замкнутую область	*№ 44*

Region Падающее меню ***Draw*** → ***Region***

Select objects: Specify opposite corner: 4 found выбрать графическим курсором все четыре дуги с помощью предполагаемой рамки, растягивая по диагонали.
Select objects: <ENTER>
Щелкните мышью на контур – создан единый объект

Разбейте данный объект на составляющие его четыре дуги с помощью команды *Explode*.



16. ШТРИХОВКА

– Команда ***Hatch*** (Штриховка) – выполнение штриховки замкнутой области – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Hatch*** (Штриховка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hatch*** (Штриховка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***Hatch*** (Штриховка) позволяет штриховать область, ограниченную замкнутой линией, как путём указания любой точки внутри контура, так и путём выбора объектов. Эта команда автоматически определяет контур и игнорирует любые целые примитивы и их составляющие, которые не являются частью контура. Текущим значением по умолчанию (в угловых скобках) может быть или имя одного из образцов штриховки, или по желанию пользователя (User). В первом случае в ответ на запрос системы необходимо указать имя одного из образцов, а во втором случае пользователь сообщает системе о намерении создать свой несложный топ штриховки, для чего отвечает символом ***U***.

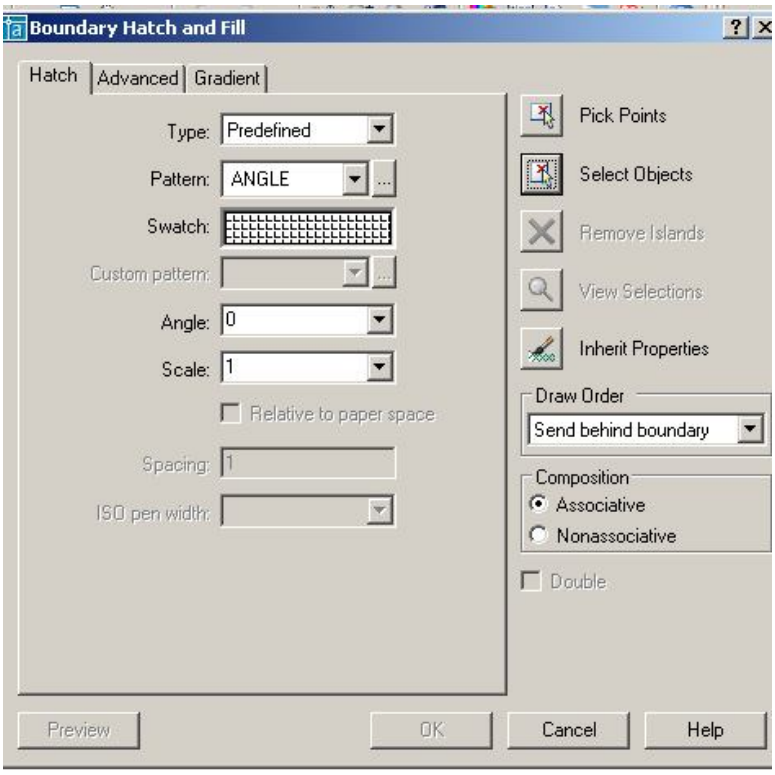


Рис. 40.

Обращение к команде ***Hatch*** (Штриховка) загружается диалоговое окно ***Boundary Hatch and Fill*** (Штриховка по контуру и заполнение), представленное на рис. 40.

1. Вкладка ***Hatch*** (Штриховка) позволяет выбирать образцы штриховки, которые имеются в области ***Pattern:*** (Образец:). Можно пользоваться как раскрывающимся списком, так и диалоговым окном ***Hatch Pattern Palette*** (Палитра образцов штриховки), содержащим пиктограммы с графическими образцами различных штриховок (рис. 41). Для выбора образца штриховки достаточно указать его изображение.

Для использования стандартных образцов штриховок необходимо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать

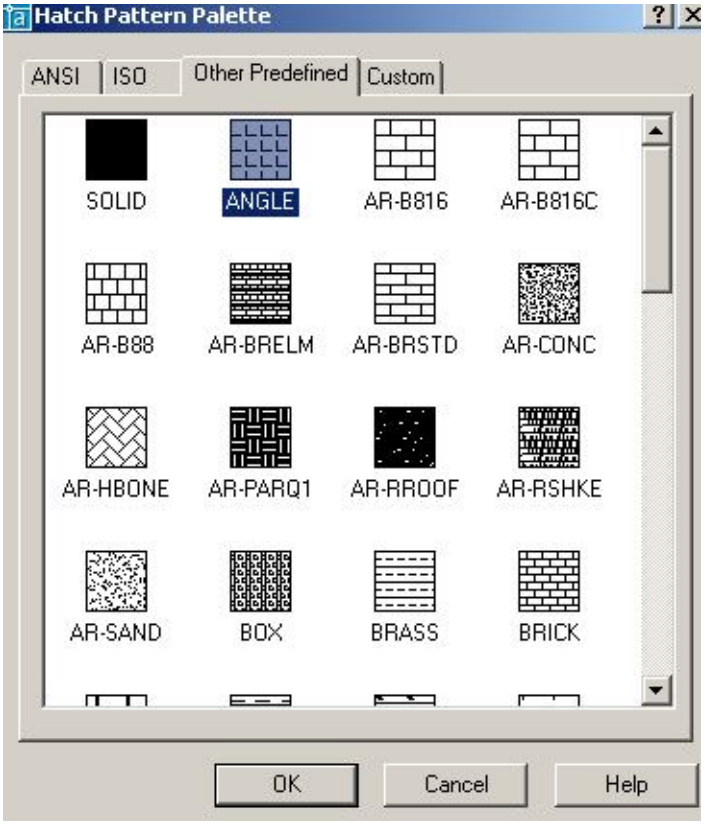


Рис. 41.

Predefined (Стандартный). Текстовые поля ***Scale:*** (Масштаб:) и ***Angle:*** (Угол:) позволяют задать масштабный коэффициент и угол наклона для выбранного образца штриховки.

Чтобы создать свой образец штриховки, надо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать ***User defined*** (**Пользовательский**). При использовании типа штриховки ***Custom*** (По типу линии) следует задать угол наклона в поле ***Angle:*** (Угол:), расстояние между линиями штриховки в поле ***Spacing:*** (Интервал:), если необходимо включить флажок ***Double*** (Крест-накрест) для вычерчивания дополнительных линий под углом 90^0 к основным линиям штриховки.

Для автоматического определения контура штриховки необходимо указать кнопку ***Pick Points*** (Указание точек). Это возможно в том случае, если на чертеже создана замкнутая область.

При определении нескольких контуров штриховки необходимо выбрать несколько внутренних точек, после чего нажать клавишу Enter. Если ***AutoCAD*** определяет, что контур не замкнут или что точка находится вне контура, на экране появляется сообщение об ошибке в диалоговом окне ***Boundary Definition Error*** (Ошибка определения контура).

Для выбора объектов в качестве контура штриховки любым из стандартных способов выбора необходимо указать кнопку ***Select objects*** (Выбор объектов).

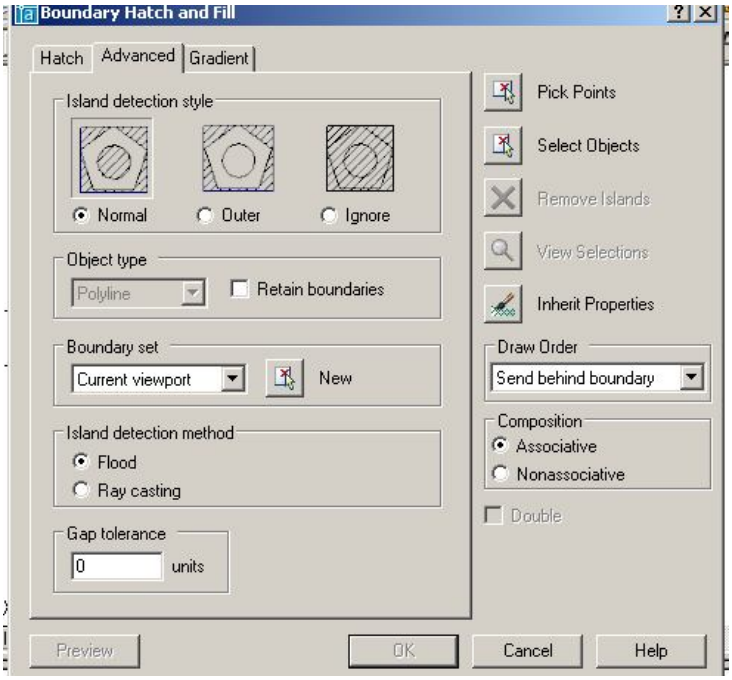


Рис. 42.

2. Вкладка ***Advanced*** (рис. 42) обеспечивает настройку параметров штриховки и содержит четыре панели.

Панель ***Island Direction Style*** содержит три кнопки выбора.

- ***Normal*** – устанавливает стиль штриховки, при котором режим штриховки изменяется при пересечении внутренних границ (используется по умолчанию).
- ***Outer*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка только внешней замкнутой области.
- ***Ignore*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка всей области внутри контура (внутренние границы игнорируются).

Панель ***Object Type*** содержит раскрывающийся список, который позволяет указать, в каком виде сохранять границу штриховки: как полилинию или как область. Кроме того, в этом поле размещена кнопка-переключатель ***Retain Boundaries*** – разрешает режим сохранения границ штриховки.

Панель ***Boundary Set*** – содержит раскрывающийся список, который определяет набор объектов для штрихуемой области.

Панель ***Island Direction Method*** – управляет методом поиска границ внутри выделенной области и содержит две кнопки выбора.

- ***Float*** – включать изолированные участки как граничные объекты.
- ***Ray Casting*** – исключать изолированные участки.

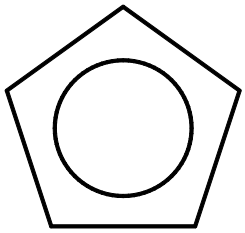
3. Вкладка ***Gradient*** позволяет заполнять замкнутые области градиентной заливкой. При этом можно выбирать угол заливки, количество цветов, центрировать.

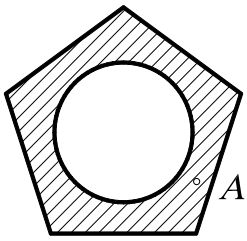
Выполнить упражнения № 45, 46. Для выполнения упражнений сначала создайте замкнутую область, показанную слева в этих упражнениях.

Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 45***

Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку ….
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку ANSI.
В закладке ANSI выбрать шаблон ANSI31.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать Pick Points, указать точку A внутри контура, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.



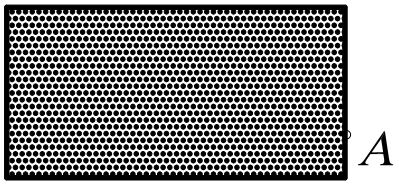


Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 46***

Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку ….
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку Other Predefined.
В закладке Other Predefined выбрать шаблон DOTS.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать Select Objects, указать точку A на контуре, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.





17. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Snap*
(Объектная привязка)

Объектная привязка (***Osnap***), панель которой показана на рис. 43, позволяет строить новые точки на чертеже, привязываясь к характерным точкам существующих объектов или относительно них, без необходимости знания её координат, а также для построения вспомогательных линий.



Рис. 43.

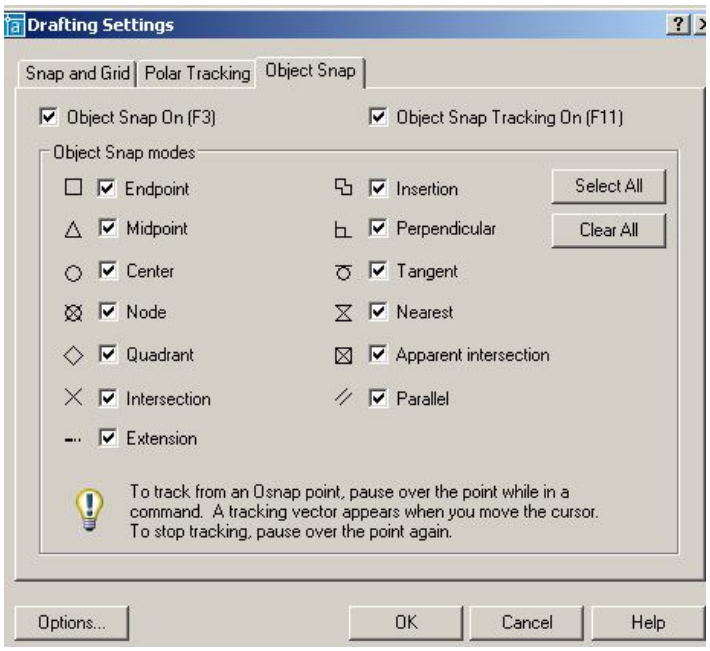
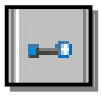


Рис. 44.

Перед применением этого способа необходимо настроить и включить режим ***Osnap***. Настройка осуществляется в диалоговом окне режимов черчения ***Drafting Settings*** (Настройки эскиза) выпадающего меню ***Tools*** (Инструменты), которое также может быть вызвано на экран командой ***OSNAP*** или нажатием правой кнопки мыши при указании на индикатор режима в строке состояния (рис. 44). В системе предусмотрена возможность временного отключения постоянного режима ***Osnap***, для чего достаточно щелкнуть на индикаторе ***Osnap*** в строке состояния.

Для одноразового использования какого-либо инструмента из набора объектных привязок в процессе выполнения команды используют контекстное меню, которое вызывают, удерживая клавишу ***SHIFT*** и нажимая правую кнопку мыши при нахождении графического курсора в рабочей зоне окна ***AutoCAD***.

Инструменты режима объектной привязки перечислены ниже:



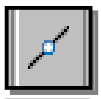
– ***Temporary Tracking Point*** (Точка отслеживания) – привязка к временной линии, проведённой через выбранную точку параллельно одной из осей координат;



– ***Snap From*** (Смещение) – привязка к точке, находящейся на заданном расстоянии от указанной точки (сначала выбирают любую точку, а затем вводят с клавиатуры расстояние или координаты точки, к которой нужна привязка);



– ***Snap to Endpoint*** (Привязка к конечной точке) – привязка к конечной точке линии, дуги, границы области, трёхмерного тела;



– ***Snap to Midpoint*** (Привязка к средней точке) – привязка к средним точкам объектов (отрезков, дуг и т. п.);



– ***Snap to Intersection*** (Привязка к пересечению) – привязка к точке пересечения двух объектов;



– ***Snap to Apparent Intersection*** (Привязка к предполагаемому пересечению) – привязка к воображаемой или предполагаемой точке пересечения линий или границ областей;



– ***Snap to Extension*** (Привязка к продолжению) - привязка к точке, лежащей на продолжении линии или дуги;



– ***Snap to Center*** (Привязка к центру) – привязка к центру окружности, дуги или эллипса (необходимо указывать на линию дуги или окружности или эллипса, а не на их центр);



– ***Snap to Quadrant*** (Привязка к квадранту) – привязка к ближайшему квадранту (точке, расположенной под углом 0^0, 90^0, 180^0 или 270^0 от центра) дуги, окружности или эллипса;



– ***Snap to Tangent*** (Привязка к касательной) – привязка к точке на дуге, окружности, эллипсе или сплайне, которая при соединении с последней точкой образует касательную к выбранному объекту;



– ***Snap to Perpendicular*** (Привязка к перпендикуляру) – привязка к точке на линии, окружности, эллипсе, сплайне или дуге, которая при соединении с последней точкой образует нормаль к выбранному объекту;



– ***Snap to Parallel*** (Привязка к параллели) – привязка объектов к точке на линии, которая при соединении с последней точкой образует линию, параллельную выбранному отрезку;



– ***Snap to Insert*** (Привязка к точке вставки) – привязка к точке вставки блока, формы, текста;



– ***Snap to Node*** (Привязка к узлу) – привязка к точке, сформированной командой ***Point*** (Точка);



– ***Snap to Nearest*** (Привязка к ближайшей) – привязка к произвольной точке примитива (на линии, дуге, окружности и др.), являющейся ближайшей к позиции перекрестия графического курсора;

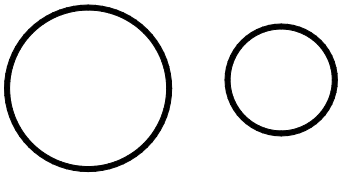
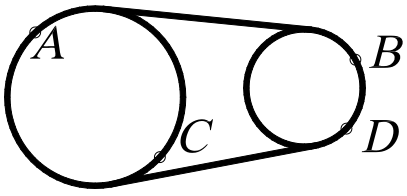


– ***None*** (Ничего) – этот режим отменяет на одну команду все текущие режимы объектных привязок;



– ***Object Snap Sitting*** (Установка объектных привязок) – установка режима объектной привязки.

Выполнить упражнения № 47, 48, 49, 50 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Построить касательные к окружностям	***№ 47***
 ***Line*** Падающее меню ***Draw → Line***	
Specify first point: объектная привязка tangent  указать A (или C)	
Specify next point or [Undo]: объектная привязка tangent  указать B (или D) Specify next point or [Undo]: <ENTER>.	
	

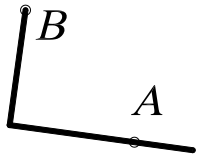
Восстановить перпендикуляр к концу отрезка	*№ 48*



Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: объектная привязка perpendicular  указать A
Specify next point or [Undo]: указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





Привязка к точке предполагаемого пересечения примитивов	*№ 49*

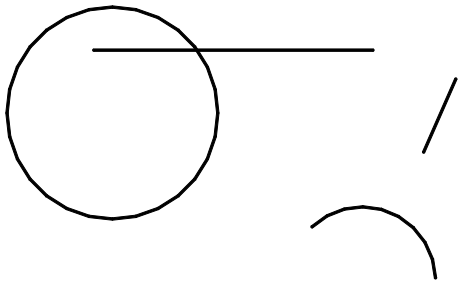


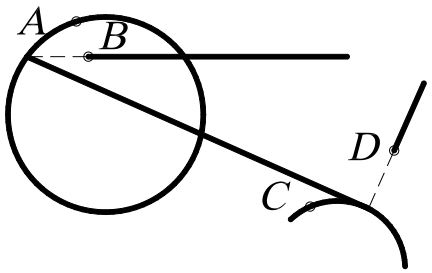
Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка Apparent Intersection  указать A, B

Specify next point or [Undo]: об. привязка Apparent Intersection  указать C, D

Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





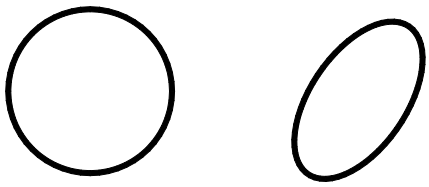
Привязка к центру окружности и эллипсу	*№ 50*

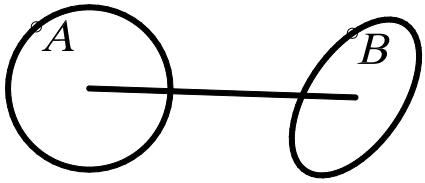


Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка  Center указать A

Specify next point or [Undo]: об. привязка  Center указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





18. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Modify*
(Изменить или редактировать)

Ни один чертёж не удается выполнить без корректировки. Вносить изменения в чертёж приходится по различным причинам. Некоторые процедуры редактирования являются частью процесса построения чертежа, например, копирование объекта вместо его повторного вычерчивания. Другие операции приводят к изменению большого количества объектов, на-

пример перенос целого фрагмента чертежа, если необходимо освободить место в графическом поле для новых объектов. Часто возникает потребность в удалении каких-то фрагментов, переносе повороте или изменении масштаба. Каждой из этих операций в наборе команд ***AutoCAD*** соответствует отдельная команда или набор команд, которые вызываются с помощью панели инструментов ***Modify*** (рис. 45) или с помощью падающего меню ***Modify*** (Редактировать).

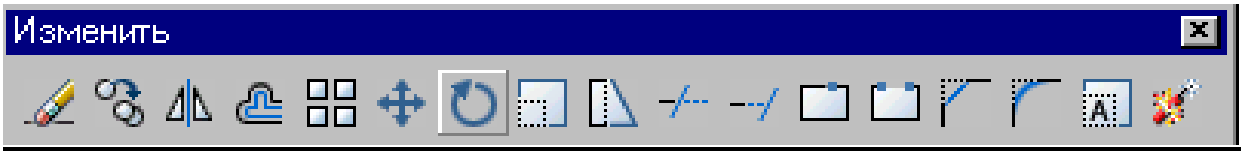


Рис. 45.

Для выполнения команд редактирования необходимо вначале выбрать эти объекты. Выбранная группа объектов называется *набором*, который состоит из одного или нескольких объектов. Набор объектов можно создавать как до, так и после вызова команды редактирования. Как только вызвана одна из команд редактирования, ***AutoCAD*** предлагает выбрать объекты. В командной строке появляется запрос ***Select objects:*** (Выберите объекты:). При этом перекрестье курсора заменяется прицелом выбора. Выбирать объекты можно с помощью предполагаемой рамки, с помощью курсора и др. Далее рассматриваются команды и примеры выполнения редактирования объектов. В примерах сначала создайте примитивы, показанные на рисунках слева, а затем редактируйте эти объекты.

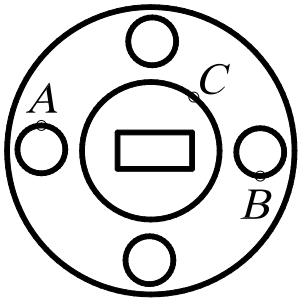
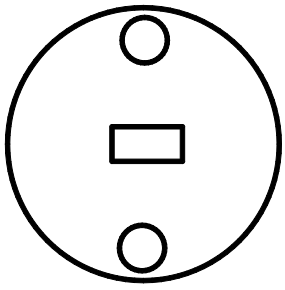
18.1. УДАЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



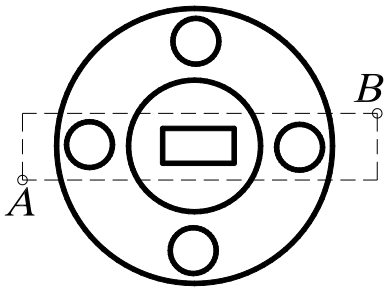
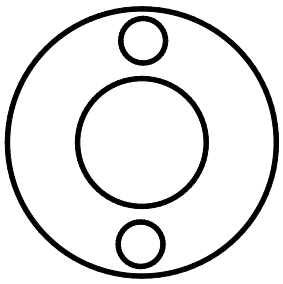
– Команда ***Erase*** (Стереть) – удаляет графический примитив и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Erase*** (Стереть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Erase*** (Стереть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

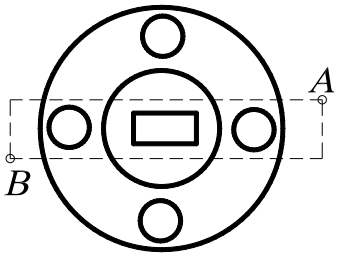
Для восстановления удаленных объектов последней командой ***Erase*** (Стереть) используется команда ***OOPS*** (Ой), название которой переводится на русский язык как «ой» и может пригодиться чересчур «активным» пользователям.

Выполнить упражнения № 51-53 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Удалить набор примитивов, используя точечный выбор	***№ 51***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать курсором объект A Select objects: указать курсором объект B Select objects: указать курсором объект C Select objects: <ENTER> *OOPS* - восстановить последний удаленный объект C.	
	

Выбор геометрических объектов может производиться с помощью рамки. Если указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении слева направо, то выбираются объекты, которые полностью попали в рамку. Если же указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении справа налево, то секущая рамка выбирает все объекты, которые находятся внутри или пересекают контур рамки.

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 52***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 53***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

18.2. КОПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Copy*** (Копировать) – копирует выбранные объекты и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Copy*** (Копировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Copy*** (Копировать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Команда позволяет создавать множество копий одного или нескольких объектов. При её применении последний запрос требует указания точки смещения (или расстояния) относительно базовой точки. После получения нужного числа копий в ответ на запрос нажать клавишу Enter.

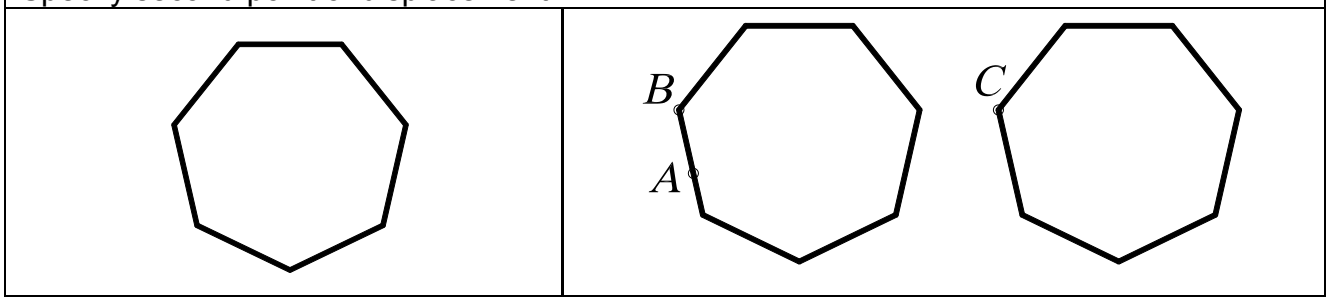
Выполнить упражнение № 54.

Скопировать объект	*№ 54*



Copy Падающее меню ***Modify*** → ***Copy***

Select objects: указать A
Select objects: ENTER
Specify base point or displacement: указать базовую точку B с использованием любой объектной привязки
Specify second point of displacement or
<use first point as displacement>: указать новое положение объекта – точку C
(или задавая расстояние BC с указанием направления курсора)
Specify second point of displacement: <ENTER>



18.3. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Mirror*** (Зеркало) – зеркально отображает выбранный объект или набор объектов, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Mirror*** (Зеркало) или щелчком мыши по пиктограмме ***Mirror*** (Зеркало) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Замечания:

1. Ось симметрии (отрезок, положение которого определяется первой и второй точками) может проходить под любым углом к горизонтальной линии.
2. Ось симметрии может быть предполагаемым отрезком, то есть не обязательно его вычерчивать.
3. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) рекомендуется в строке состояния установить режим ***Orto***, так как в большинстве случаев оси симметрии ортогональны.
4. При зеркальном отображении участков чертежа, содержащего текст, последний становится трудночитаемым. Чтобы устранить данный недостаток, необходимо предварительно установить значение системной переменной MIRRTEXT равным нулю (то есть в командной строке написать слово MIRRTEXT и затем в следующей строке на запрос Enter new value for MIRRTEXT <0>: установить значение 0).
5. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) можно исходные объекты (оригиналы) сохранять или удалять. При этом на запрос команды Delete source objects? [Yes/No] <N>: указать Yes.

Выполнить упражнение № 55.

Зеркально отобразить объект	*№ 55*



Mirror Падающее меню ***Modify*** → ***Mirror***

Select objects: выбрать объекты, показанные на рисунке толстыми линиями

Select objects: ENTER

Specify first point of mirror line: указать точку A,

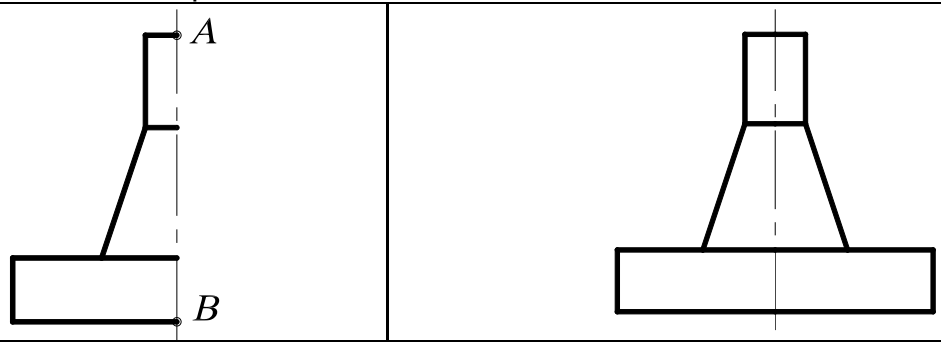
используя любой удобный режим об. привязки

Specify second point of mirror line: указать точку B,

используя любой удобный режим об. привязки

Delete source objects? [Yes/No] <N>: <ENTER>

Если на последний запрос команды ответить Y, то исходный объект не сохранится.



18.4. ПОСТРОЕНИЕ ПОДОБНЫХ ПРИМИТИВОВ



– Команда ***Offset*** (Подобие) – строит примитив, подобный другому графическому примитиву (строит эквидистантные линии); вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Offset*** (Подобие) или щелчком мыши по пиктограмме ***Offset*** (Подобие) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). Новый, подобный примитив проходит через заданную точку на чертеже или на заданном расстоянии от исходного.

Первый запрос системы в ответ на команду Specify offset distance or [Through] <Through>: (Задайте величину постоянного смещения каждого объекта или…<значение по умолчанию>)

Если выбрать режим Through, то подобный объект будет построен проходящим через заданную впоследствии точку на чертеже.

Если выбрать режим Offset, то системе необходимо указать величину смещения (ввести числовое значение с помощью клавиатуры) и позицию относительно примитива-оригинала. Подобный элемент будет построен на заданном смещении от оригинала и в нужную сторону от него. По умолчанию система всегда предлагает тот режим использования данной команды, который был применен в предыдущий раз.

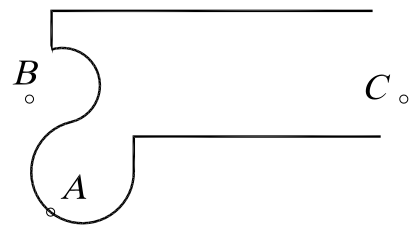
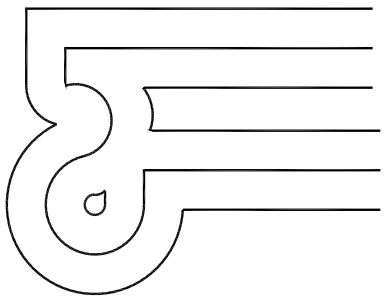
Замечания:

1. Для использования с командой ***Offset*** (Подобие) можно выбирать дуги, окружности, эллипсы, отрезки, лучи, прямые полилинии, сплайны, при этом указанные примитивы трансформируются следующим образом:
   - дуга – новая дуга имеет центральный угол и точку центра исходной дуги, однако длина дуги изменяется;
   - окружность, эллипс – новые объекты имеют центр исходных объектов, однако их радиусы изменяются;
   - отрезки, лучи, прямые – новые объекты являются дубликатами исходных;
   - полилинии – конечные точки новой полилинии размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим точкам исходной полилинии, в результате чего изменяются длины линейных и дуговых сегментов новой полилинии;

- сплайн – конечные точки нового сплайна размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим конечным точкам исходного сплайна, в результате чего изменяются длина и форма нового сплайна.

2. Для создания подобных объектов можно одновременно выбирать только один объект, причем разрешен только явный выбор.
3. Нельзя трансформировать объекты, находящиеся в плоскости, не параллельной текущей ПСК.

Выполнить упражнение № 56.

Построить эквидистанту полилинии	***№ 56***
Offset Падающее меню ***Modify*** → ***Offset*** Specify offset distance or [Through] <Through>: 10 величина смещения Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку B (сторону смещения) Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку C (сторону смещения) Select object to offset or <exit>:<ENTER>	
	

18.5. РАЗМНОЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МАССИВОМ

Команда ***Array*** (Массив) – тиражирует изображение графического примитива или их группы в заданной прямоугольной или круговой структуре, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Array*** (Массив) или щелчком мыши по пиктограмме ***Array*** (Массив) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

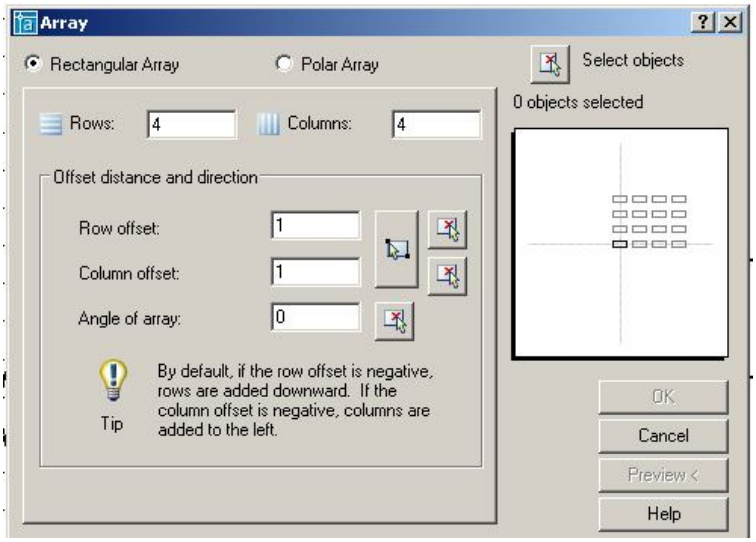


Рис. 46.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Array*** (рис. 46). Окно содержит две кнопки выбора, информационное поле, панель и кнопку.

- Кнопка выбора ***Rectangular Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде прямоугольного массива.
- Кнопка выбора ***Polar Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде кругового массива.
- Кнопка ***Select Object*** позволяет перейти в режим указания объектов, массив из которых необходимо создать.
- Информационное поле отображает вид создаваемого массива.

Панель служит для ввода параметров массива. В зависимости от выбора пользователя ***Rectangular Array*** или ***Polar Array*** состав компонентов панели изменяется. В режиме создания массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты.

- Поле ввода ***Rows*** служит для задания числа строк прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Columns*** служит для задания числа столбцов прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Rows offset*** служит для задания расстояния между строками массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Column offset*** служит для задания расстояния между столбцами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle of array*** служит для задания угла наклона осей, вдоль которых строится массив. Поле снабжено контекстным меню.
- Кнопка ***Pick Both Offset*** позволяет задать расстояния между строками и столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки. При этом расстояние между строками равно разности координат указанных точек вдоль оси ***x***, а расстояние между столбцами – разности координат указанных точек вдоль оси ***y***.
- Кнопка ***Pick Row Offset*** позволяет задать расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Column Offset*** позволяет задать расстояния между столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Angle of Array*** позволяет задать угол наклона осей массива, расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.

В режиме создания полярного массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты (рис. 47).

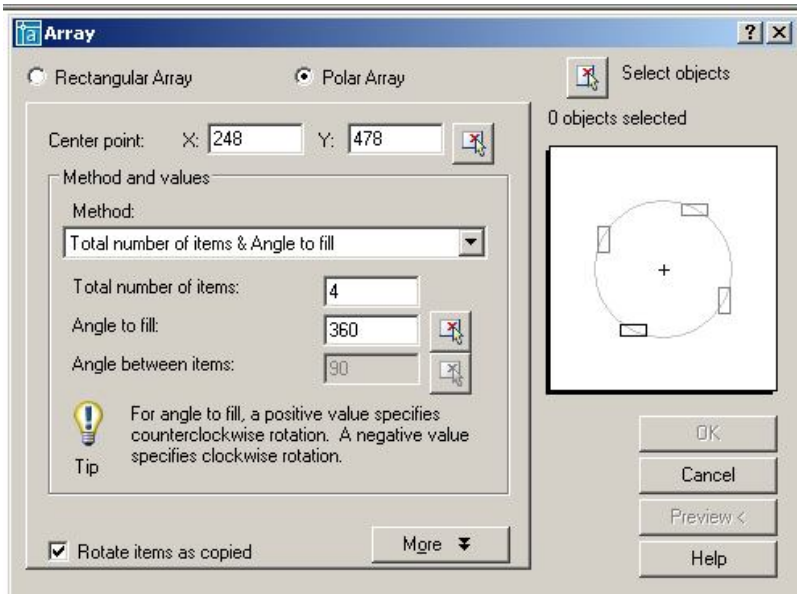


Рис. 47.

- Поля ***Center X:***, ***Y:*** служат для задания координат центра массива. Поля снабжены контекстным меню.
- Кнопка ***Center Pick Point*** позволяет задать центр массива, указав на графическом поле произвольную точку (можно использовать объектную привязку).

- Раскрывающийся список ***Method*** позволяет выбрать режим создания полярного массива:

  -***Total number of items & Angle to fill*** – создание массива с определённым числом элементов, равномерно распределённых в пределах заданного угла;

  -***Total number of items & Angle between items*** - создание массива с определенным числом элементов и заданным угловым шагом;

  -***Angle to fill & Angle between items*** – создание массива элементов, расположенных в пределах определённого угла с заданным угловым шагом.
- Поле ввода ***Total number of items*** служит для задания общего числа элементов массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle to fill*** служит для задания угла, в пределах которого размещаются элементы массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle between items*** служит для задания углового шага между элементами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Флажок ***Rotate items as copie***d разрешает режим, при котором объекты создаваемого массива поворачиваются на соответствующий угол.
- Кнопка ***More*** открывает дополнительную панель ***Object base point***, позволяющую задать положение базовой точки объекта (точки, расстояние до которой от центра массива остается постоянным).

Панель ***Object base point*** содержит следующие компоненты.

- Флажок ***Set to object's default*** разрешает использовать режим определения базовой точки, принятой для данного объекта по умолчанию:

  -точка центра для окружностей и эллипсов;

  -первый угол для многоугольников и прямоугольников;

  -начальная точка для линий, полилиний, сплайнов и лучей;

  -точка вставки для блоков и текста;

  -средняя точка для конструкционных линий.
- Поля ввода ***Base point X:***, ***Y:*** служат для задания координат базовой точки объекта, которая отличается от принятой по умолчанию.
- Кнопка ***Pick Base Point*** позволяет задать базовую точку объекта, указав на графическом поле произвольную точку.

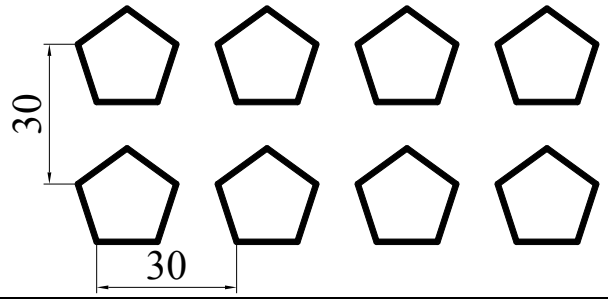
После задания всех необходимых параметров и выбора кнопки ***OK*** система производит построение массива элементов и завершает работу с командой. Кнопка ***Preview*** позволяет предварительный просмотр построенного массива, изображение которого можно редактировать или согласиться с тем, которое построено, нажав кнопку ***OK***.

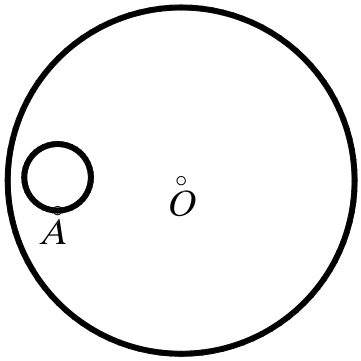
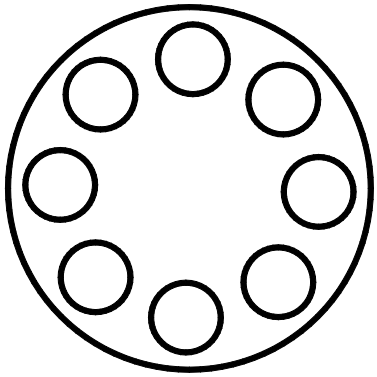
Замечания:

1. Команда позволяет выбрать объекты как после ее задания, так и до ее задания.
2. Каждый элемент массива можно редактировать независимо от других элементов.
3. Прямоугольные массивы выравниваются по осям ***X*** и ***Y*** текущей системы координат.

Для многих пользователей системы ***AutoCAD*** привычнее и удобнее работа с командной строкой. В этом случае команда ***Array*** (Массив) вводится с префиксом ***–ARRAY*** или ***(-AR)***.

Выполнить упражнение № 57, 58 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнений).

Размножить объект прямоугольным массивом	***№ 57***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY*** или ***-AR*** Select objects: выбрать объект (пятиугольник) Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: Enter выбрать прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 количество строк Enter the number of columns (|||) <1> 4 количество столбцов Enter the distance between rows or specify unit cell (---): 30 расстояние между строками Specify the distance between columns (|||): 30 расстояние между столбцами	
	

Размножить объект круговым массивом	***№ 58***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY (-AR)*** Select objects: выбрать объект A Select objects:Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: P круговой режим Specify center point of array or [Base]: указать центр окружности O Enter the number of items in the array: 8 количество элементов Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>:360 или Enter угол заполнения элементами массива Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: <ENTER>	
	

Параметры ввода массива в диалоговое окно для упражнения № 57 показаны на рис. 48, а для упражнения № 58 – на рис. 49.

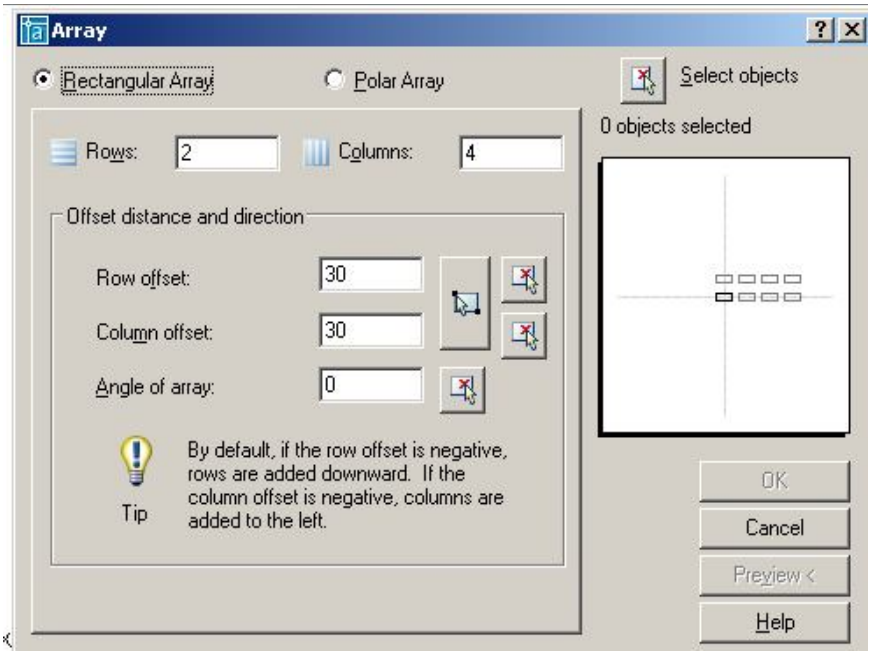


Рис. 48.

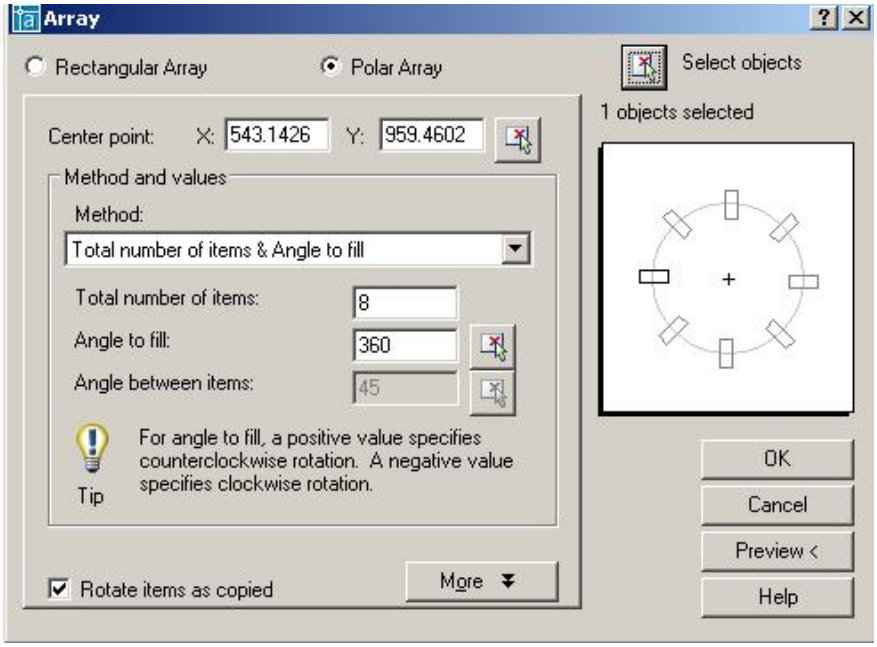


Рис. 49.

18.6. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



- Команда ***Move*** (Перемещение) – перемещает выбранные объекты, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Move*** (Перемещение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Move*** (Перемещение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Выполнить упражнение № 59.

Переместить окружности	*№ 59*



Move Падающее меню ***Modify*** → ***Move***

Select objects: указать A

Specify opposite corner: указать B

Select objects: Enter

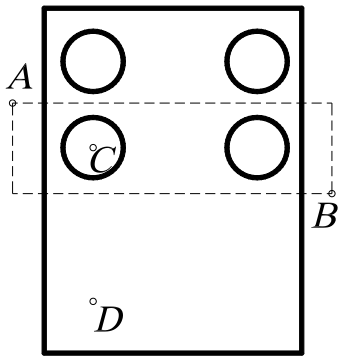
Specify base point or displacement: указать окружность в точке C с объектной привязкой Center

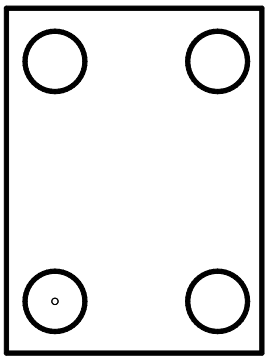


Specify second point of displacement or

<use first point as displacement>: указать точку D с объектной привязкой Node







18.7. ПОВОРОТ ОБЪЕКТОВ



- Команда ***Rotate*** (Повернуть) – поворачивает выбранные объекты вокруг указанной точки на заданный угол; вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Rotate*** (Повернуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rotate*** (Повернуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). По умолчанию отсчет значений углов ведется от положительного направления оси ***x***. Против часовой стрелки – положительное значение угла, по часовой стрелке – отрицательное.

Опция команды ***Reference*** (Опорный угол) используется, если необходимо повернуть объект относительно существующего угла. Для автоматического определения угла нужно указать на примитиве две точки с помощью объектной привязки.

Выполнить упражнения № 60, 61.

Повернуть объект	*№ 60*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

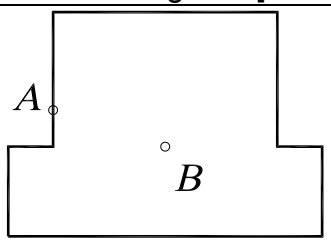
Select objects: указать объект A

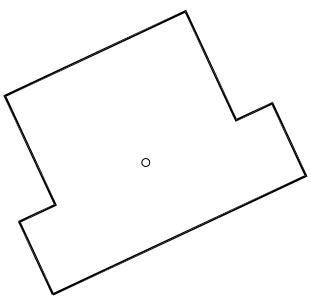
Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота – базовую точку B с объектной привязкой Node



Specify rotation angle or [Reference]: 25 угол поворота





Повернуть объект со ссылкой на известный угол	*№ 61*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: указать объект A

Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота точку B с объектной привязкой Intersection

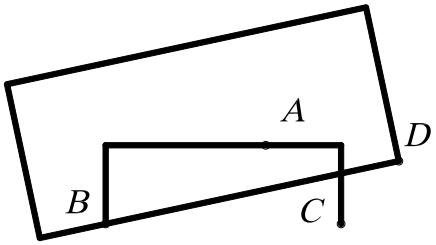


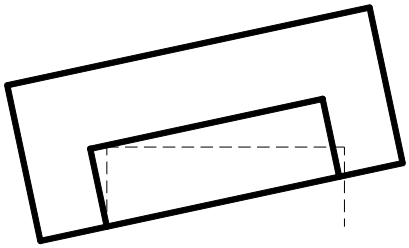
Specify rotation angle or [Reference]: R режим ссылки

Specify the reference angle <0>: указать точку B с объектной привязкой

Specify second point: указать точку C с объектной привязкой

Specify the new angle: указать точку D с объектной привязкой.





18.8. МАСШТАБИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Scale*** (Масштаб) – пропорционально изменяет размеры объекта относительно заданной точки, умножая их на заданный коэффициент масштаба, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Scale*** (Масштаб) или щелчком мыши по пиктограмме ***Scale*** (Масштаб) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

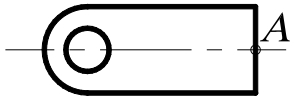
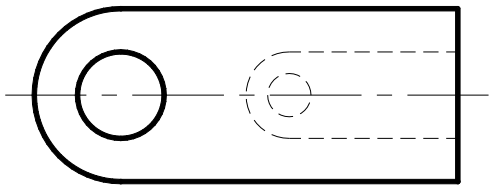
При масштабировании объектов масштабные коэффициенты по осям ***x*** и ***y*** одинаковы. Таким образом, можно делать объект больше или меньше, но нельзя изменять соотношение его размеров по этим осям. Масштабирование выполняется путем указания базовой точки и новой длины объекта, из которой выводится масштабный коэффициент для текущих единиц, или путем явного ввода коэффициента. Кроме того, коэффициент может определяться путем указания текущей длины и новой длины объекта.

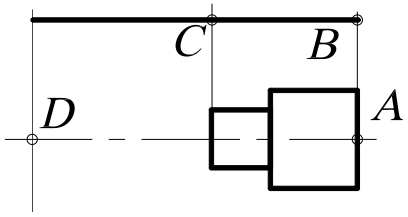
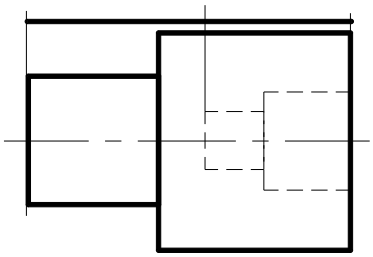
Опция ***Reference*** (Опорный отрезок) используется для определения коэффициента масштабирования с применением существующих объектов.

Одна из наиболее эффективных возможностей использования ***Reference*** (Опорный отрезок) – изменение масштаба всего рисунка. Если окажется, что выбранные единицы рисунка не соответствуют заданным требованиям, то для выбора всех объектов на рисунке (например, рамкой) можно сначала воспользоваться командой ***Scale*** (Масштаб), затем использовать опцию ***Reference*** (Опорный отрезок), указать два конца объекта, требуемая длина которого известна, и ввести эту длину. В результате масштаб всех объектов на рисунке пропорционально изменится соответствующим образом. Для автоматического определения исходной длины нужно указать на объекте с помощью объектной привязки две точки.

При использовании команды ***Scale*** (Масштаб) базовая точка не меняет своего положения при изменении размеров объекта.

Выполнить упражнения № 62, 63.

Масштабировать объект	*№ 62*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: 2 коэффициент	
	

Масштабировать объект со ссылкой на заданную длину	*№ 63*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект любым способом Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: R ссылка Specify reference length <1>: указать точку B Specify second point: указать точку C Specify new length: указать точку D	
	

18.9. РАСТЯГИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

 – Команда ***Stretch*** (Растянуть) – обеспечивает растягивание или сжатие объекта, не разрывая его, за счёт перемещения отдельных его частей, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Stretch*** (Растянуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Stretch*** (Растянуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

После запуска команды необходимо выбрать объекты. Выбор объектов осуществляется секущей рамкой, которая получается при движении курсора справа налево. При выполнении команды все объекты, которые попали внутрь секущей рамки, переносятся на одно и то же расстояние, а те, которые не попали, остаются на месте.

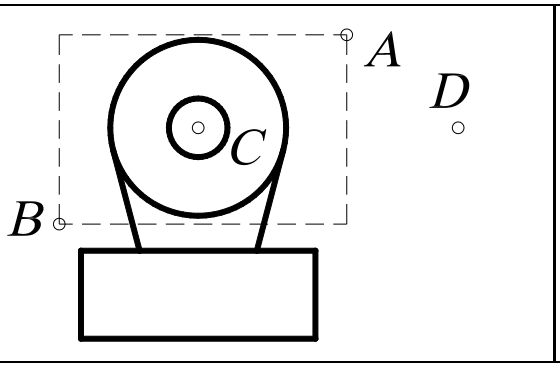
Под действие команды ***Stretch*** (Растянуть) попадают следующие типы объектов: отрезки, полилинии, дуги, лучи, сплайны, эллиптические дуги, размеры. Объекты – круг, текст, блок – растягивать нельзя.

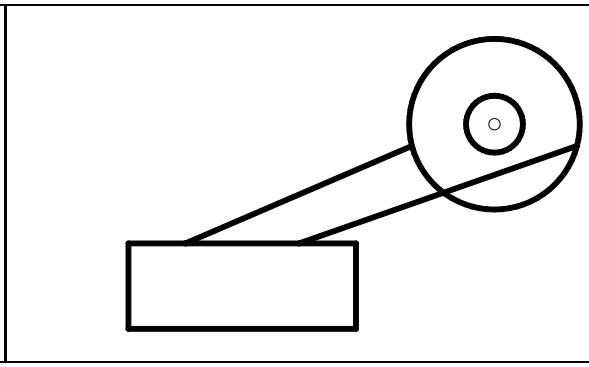
Выполнить упражнение № 64.

Растянуть объект со смещением вправо	*№ 64*

Stretch Падающее меню ***Modify*** → ***Stretch***

Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...
Select objects: выбрать объекты секущей рамкой
(растягивая её справа налево), указать точку A
Specify opposite corner: указать точку B
Select objects: Enter
Specify base point or displacement: указать точку C (применяя об. привязку к центру)
Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: указать точку D





18.10. ПОДРЕЗАНИЕ ОБЪЕКТОВ

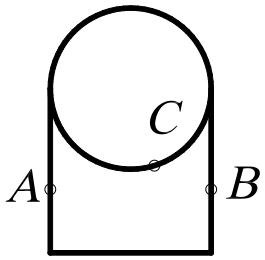
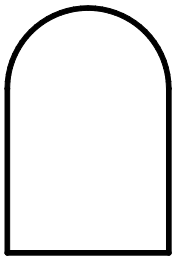
– Команда ***Trim*** (Обрезать) – удаляет часть графического объекта, обрезая его по заданной режущей кромке, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Trim*** (Обрезать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Trim*** (Обрезать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Прежде чем удалить лишние фрагменты – подрезать объект, необходимо определить *режущую кромку*. Режущей кромкой могут служить отрезки, дуги, окружности, двумерные полилинии, эллипсы, сплайны, прямые, лучи. Можно выбирать несколько режущих кромок и подрезать несколько объектов одновременно. В пространстве листа режущими кромками могут быть границы видовых экранов. После определения объектов, которые будут использованы в качестве режущих кромок, выбираются объекты для подрезания. При этом перечисляются следующие опции команды.

- ***Select object to trim*** (Выберите объекты для подрезания). Эта опция предлагается по умолчанию. Нужно выбрать любым известным способом те объекты, которые нужно откорректировать, при этом каждый объект должен быть указан с того конца, который нужно удалить.
- ***Project*** (Проекция). Эта опция определяет режим отсечения объектов по пересечению проекции объектов с границей в трехмерном пространстве:
  - ***None*** (Никакой) – режущая кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать корректируемый объект;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – режущая кромка и подрезаемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение режущей кромки до воображаемого пересечения с корректируемым объектом;

- ***No Extend*** (Не удлинять) – отсечение объектов по границе, с которой они имеют пересечение.

Выполнить упражнение № 65.

Отсечь часть окружности	***№ 65***
Trim Падающее меню ***Modify*** → ***Trim*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select cutting edges ... Select objects: указать режущую кромку, выбрав объекты A и B Select objects: Enter Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: указать объект C Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

18.11. УДЛИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

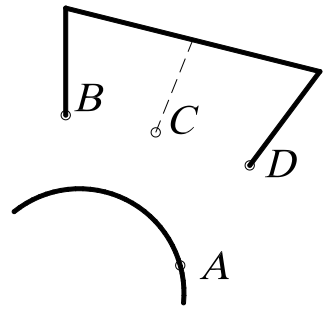
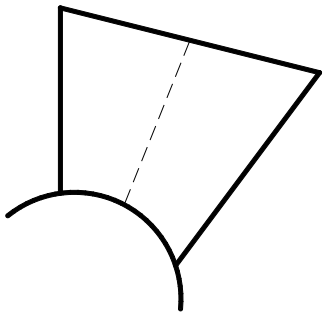
 – Команда ***Extend*** (Удлинить) – удлиняет объекты до пересечения с указанной линией, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Extend*** (Удлинить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extend*** (Удлинить) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Методика выполнения удлинения объектов мало отличается от подрезания. Разница только в том, что вместо режущей кромки задается *граничная кромка*. Удлинять командой ***Extend*** (Удлинить) можно отрезки, незамкнутые полилинии, дуги, лучи, эллиптические дуги. Граничными кромками могут служить отрезки, дуги, двумерные полилинии. Удлиняемые объекты выбираются, если указать на ту часть, которая должна удлиняться. Объекты нельзя выбирать рамкой.

В процессе выполнения команды ***Extend*** (Удлинить)используются те же приглашения, что и для ***Trim*** (Обрезать). Первое приглашение ***Select boundary edges*** касается выбора объектов, которые будут использованы в качестве граничной кромки. Для задания способа интерпретации граничных кромок предлагается использовать такие же опции, как и при выполнении подрезания.

- ***Project*** (Проекция). Эта опция позволяет определить, каким образом ***AutoCAD*** будет проектировать граничную кромку при выполнении операции на трехмерной модели:
  - ***None*** (Никакой) – граничная кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать продолжение корректируемого объекта;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – граничная кромка и удлиняемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение объекта до воображаемой продолженной границы;
  - ***No Extend*** (Не удлинять) – удлинение объектов до границы без её удлинения.

Выполнить упражнение № 66.

Удлинить отрезки до границы дуги	***№ 66***
Extend Падающее меню ***Modify*** → ***Extend*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select boundary edges ... Select objects: указать граничную кромку, выбрав объект A Select objects: Enter Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку B Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку C Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать тоску D Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

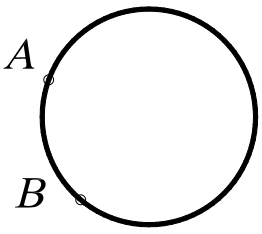
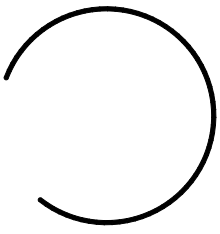
Если задано несколько граничных кромок, то объект удлиняется до тех пор, пока не достигнет первой граничной кромки. Этот объект можно выбрать вновь, чтобы удлинить его до следующей граничной кромки.

18.12. РАЗБИЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ЧАСТИ

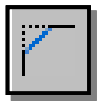
– Команда ***Break*** (Разорвать) – осуществляет разрыв отрезка, полилинии, дуги, окружности, эллипса, сплайна, прямой. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Break*** (Разорвать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Break*** (Разорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Для разбиения объекта на части можно выбрать объект в первой точке разрыва, а затем указать вторую точку разрыва.

Выполнить упражнение № 67.

Расчленить и удалить часть окружности	***№ 67***
Break Падающее меню ***Modify*** → ***Break*** Select object: указать точку разрыва A Specify second break point or [First point]: указать точку разрыва B	
	

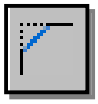
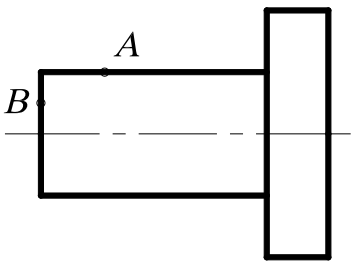
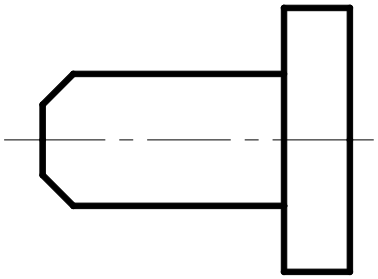
18.13. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК

 – Команда ***Chamfer*** (Фаска) – снимает фаску с угла, образованного полилинией, лучами или пересечением двух отрезков. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Эта команда может использоваться и для редактирования трехмерных тел. Если создается фаска, она определяется либо двумя катетами, либо одним катетом и углом фаски по отношению к одной из кромок.

Процесс создания фаски состоит из двух шагов. Сначала задаются параметры фаски. Это могут быть либо два катета, либо один катет и угол фаски. После ввода значений ***AutoCAD*** завершит команду ***Chamfer*** (Фаска). После этого нужно снова запустить эту команду и выбрать два отрезка, представляющие кромки, между которыми создается фаска. ***AutoCAD*** создаст фаску, используя полученную на предыдущем этапе информацию.

Выполнить упражнения № 68.

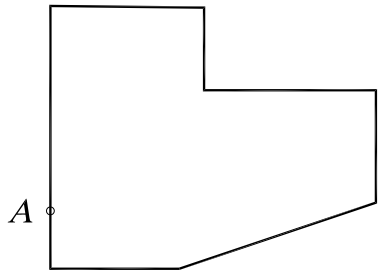
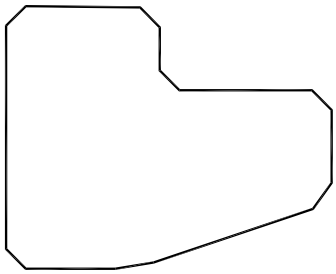
Построить фаски объекта	***№ 68***
 ***Chamfer*** Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 0.0000, Dist2 = 0.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: D режим задания фаски по двум катетам Specify first chamfer distance <0.0000>: 7 длина одного катета Specify second chamfer distance <7.0000>: Enter <по умолчанию> длина второго катета Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать отрезок A Select second line: указать отрезок B Аналогично построить фаску с другой стороны.	
	

Ниже описаны опции команды ***Chamfer*** (Фаска).

- ***Select first line*** (Выберите первую кромку). Указать первую из двух кромок. В плоских чертежах ею является линия, а в трехмерных моделях – ребро тела. После этого последует приглашение выбрать вторую кромку.
- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, на всех углах между последовательными сегментами будет вычерчена линия фаски. Построенные вдоль полилинии фаски становятся её новыми сегментами, даже если их длина равна нулю. Пример нанесения фасок на полилинию будет представлен ниже.
- ***Distance*** (Катет). Эта опция используется для формирования фаски по значениям длин двух катетов. В этом случае задается сначала длина одного катета, а затем другого.
- ***Angle*** (Угол). Позволяет задать длину одного катета и угла скоса между фаской и линией кромки.

- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до снятия фаски. Если нужно обрезать, то первая линия отсекает на величину первого расстояния, вторая – на величину второго. Если расстояние равно 0, то происходит подгонка в одну точку. По умолчанию соединяемые фаской объекты обрезаются.
- ***Method*** (Метод) – позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок: либо двумя расстояниями, либо расстоянием и углом.

Выполнить упражнения № 69.

Вычертить фаски на углах сегментов полилинии	***№ 69***
Chamfer Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 5.0000, Dist2 = 5.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: P режим полилинии Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A) 7 lines were chamfered	
	

18.14. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ УГЛОВ

 – Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

С помощью этой команды можно сопрягать объекты следующих типов: линия, полилиния, луч, конструкционная линия, которые на чертеже имеют вид прямых, причем сопрягаемые линии, которых могут быть и параллельными. Допускается сопрягать и криволинейные объекты типов дуга, окружность и эллипс.

Процесс сопряжения состоит из двух этапов. Сначала определяется радиус сопрягающей дуги. В качестве такового используется радиус последнего выполненного сопряжения. Если необходимо переназначить величину радиуса, выбирают опцию ***Radius*** и вводят новое значение. Затем выбирают два сопрягаемых отрезка. ***AutoCAD*** выполнит сопряжение отрезков в соответствии с имеющейся информацией.

Команда имеет четыре основанные опции.

- ***Select first object*** (выберите первый объект). Эта опция позволяет указать первый объект сопряжения, если выполняется редактирование плоских объектов, либо трёхмерное ребро, если выполняется плавное сопряжение на трёхмерной модели. После выбора первого объекта сопряжения выбирается второе. При работе с трехмерными моделями можно выбрать несколько ребер, которые будут сглажены поверхностью одного радиуса. В этом случае имеется еще три опции:

  - ***Select an edge*** (Выберите ребро). Эта опция позволяет выбрать дополнительно рабра трехмерной модели до тех пор, пока не будет нажата клавиша ***Enter***.

- ***Chain*** (Цепочка). Эта опция позволяет указать непрерывную последовательность ребер на одной грани, которые будут одинаково сглажены.
-***Radius*** (Радиус) – задание радиуса.

- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, все углы между последовательными сегментами будут сопряжены дугами одного радиуса.
- ***Radius*** (Радиус). Эта опция позволяет задать значение радиуса. Изменение радиуса действует только на выполняемые после этого сопряжения, оставляя неизменными существующие.
- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до выполнения сопряжения. По умолчанию сопрягаемые объекты обрезаются.

Выполнить упражнения № 70 - 72.

Построить сопряжение отрезков ***№ 70***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

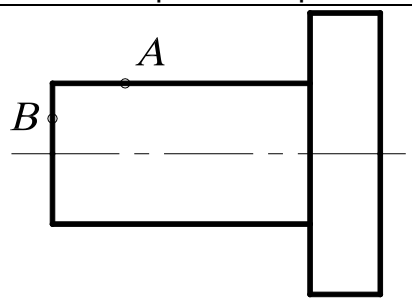
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

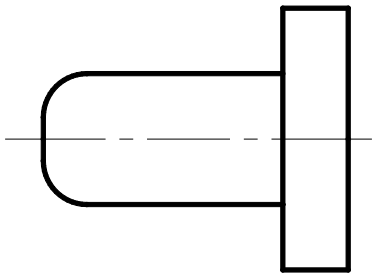
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать на отрезок в точке A

Select second object: указать на отрезок в точке B

Аналогично построить второе сопряжение.





Построить сопряжения на углах сегментов полилинии ***№ 71***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

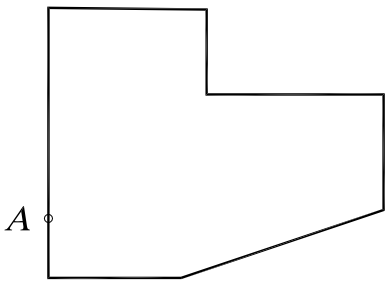
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

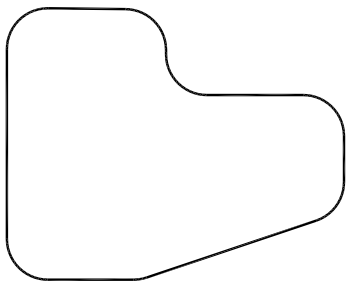
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: P режим полилинии

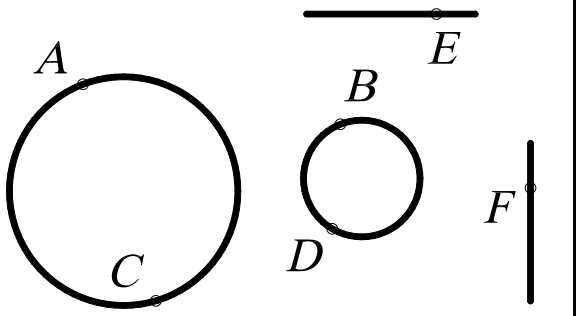
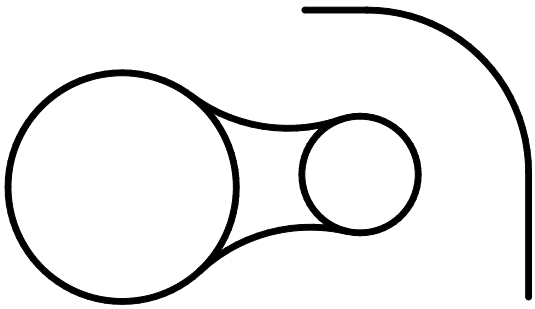
Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A)

7 lines were filleted





Замечание. Если два отрезка параллельны, то между их концами вычерчивается полукруг, при этом радиус сопряжения автоматически устанавливается равным половине расстояния между отрезками.

Построить сопряжения заданных объектов	***№ 72***
Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet*** Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса Specify fillet radius <10.0000>: 30 радиус скругления Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку A (или C) Select second object: указать точку B (или D) FILLET Current settings: Mode = TRIM, Radius = 30.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку E Select second object: указать точку F.	
	

Замечание. Если радиус сопряжения задан нулевым, то система просто соединяет два непараллельных отрезка.

19. РЕДАКТИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРОВ GRIPS («РУЧКИ»)

При выделении объекта на поле чертежа на нем появляются маркеры ***Grips*** (Ручки) – характерные точки объекта (маленькие синие квадраты), обычно определяемые с помощью режима объектной привязки. Использование ручек позволяет минимизировать обращения к меню. Редактирование при включенном режиме ручек выполняется с помощью графического курсора.

Средство редактирования объектов ***Grips*** объединяет наиболее часто используемые команды редактирования: ***Stretch*** (Растянуть), ***Move*** (Перемещение), ***Rotate*** (Повернуть), ***Scale*** (Масштаб), ***Mirror*** (Зеркало). По умолчанию вначале активизируется команда ***Stretch*** (Растянуть).

Первое действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

Выбирают объекты, воспользовавшись средствами выбора объектов до ввода команды: предполагаемой рамкой или явным указанием объектов. Система отметит маркеры ***Grips*** выбранных объектов маленькими синими квадратами. Если какой-либо объект выбран ошибочно, нажимают клавишу ***Shift*** и дважды щелкают на этом объекте мышью, чтобы отменить выбор и маркеры. Если весь набор выбран неудачно, нажимают дважды клавишу ***Esc***.

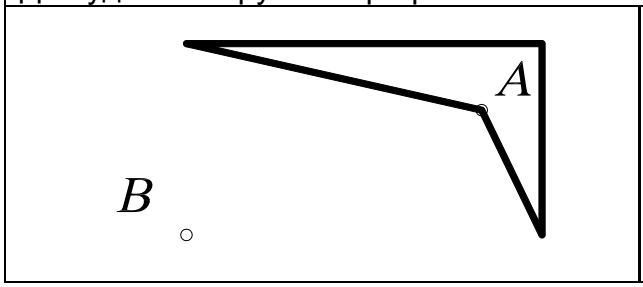
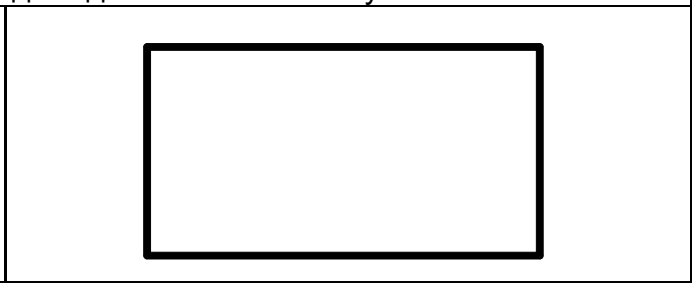
Второе действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

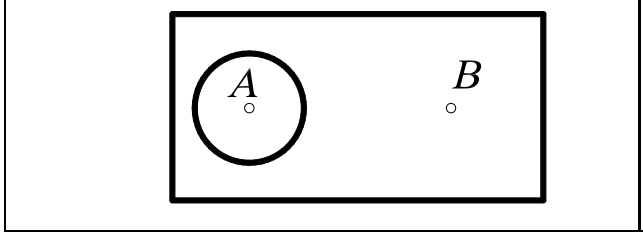
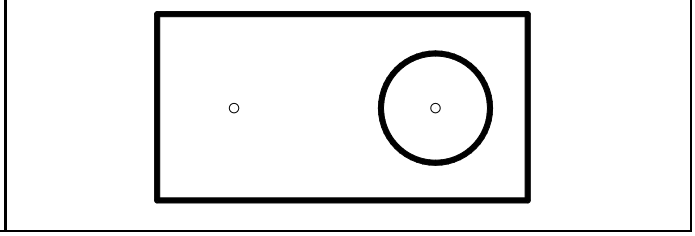
Активизируют режим редактирования, явно указав графическим курсором один из маркеров ***Grips***. Система отметит активный маркер ***Grips*** маленьким красным квадратом. Чтобы вернуть этот маркер в первоначальное состояние, щелкают на нем мышью. Если не-

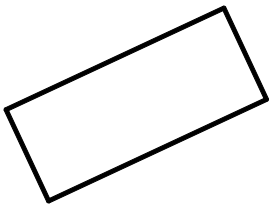
обходимо активизировать несколько маркеров ***Grips***, то в ходе их набора нажимают и удерживают клавишу ***Shift***. После отпускания клавиши ***Shift*** следует выбрать из набора активных маркеров ***Grips*** один, который будет рассматриваться системой как базовый. Если какой-либо маркер ***Grips*** из набора выбран ошибочно, то для его отмены нужно щелкнуть на нем мышью, удерживая нажатой клавишу ***Shift***. Точка, соответствующая выбранному маркеру ***Grips***, рассматривается системой в качестве базовой. После выбора маркера по умолчанию запускается команда ***Stretch*** (Растянуть).

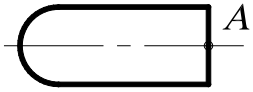
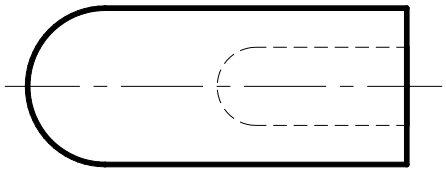
Для выбора остальных команд режима можно воспользоваться контекстным меню, вызываемым при нажатии правой кнопки мыши, последовательным нажатием клавиши ***Enter*** или непосредственным вводом с клавиатуры в командную строку начальной буквы команды.

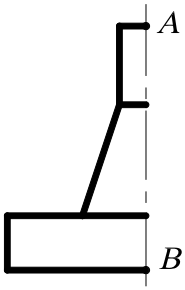
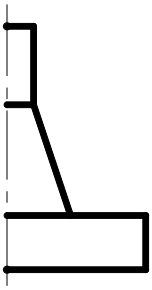
Выполнить упражнения № 73 – 77 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнения).

Растянуть объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 73***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать ту, за которую следует тянуть (точку A) ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение редактируемой вершины – точку B (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Переместить объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 74***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку A ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mo или Enter режим перемещения ** MOVE ** Specify move point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение центра окружности – точку B (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Повернуть объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 75*
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую (центр поворота), например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Ro режим поворота ** ROTATE ** Specify rotation angle or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 25 угол Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Масштабировать объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 76*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Sc режим масштабирования ** SCALE ** Specify scale factor or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 2 коэффициент Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Зеркально отобразить объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 77*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mi режим симметрии ** MIRROR ** Specify second point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать точку В Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

20. ДИСПЕТЧЕР СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ



Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** – это единый инструмент, управляющий всеми объектами рисунка. В диалоговом окне ***Property*** (Свойства), представленном на рис. 150, возможен просмотр и изменение практически всех свойств рисунка. Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств) либо из падающего меню ***Modify*** (Редактировать)→ ***Properties*** (Свойства), либо щелчком мыши по пиктограмме ***Properties*** (Свойства) стандартной панели инструментов.

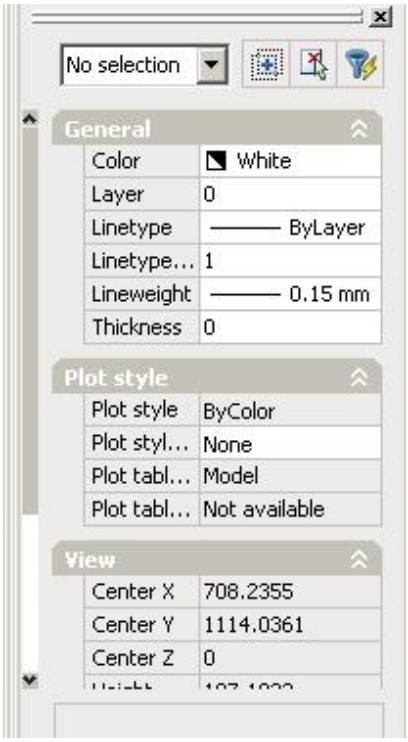


Рис. 150.

Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** позволяет выбирать объекты по их типу, предоставляя возможность редактировать свойства для каждого объекта. Если выбран один объект, отображается диалоговое окно со всеми доступными свойствами, характеризующими этот объект (слой, цвет, толщина линии, тип линии, высота текста и т. п.). При выборе нескольких объектов отображается окно с параметрами, которые характеризуют общие свойства этих объектов. Если не выбран ни один объект, диалоговое окно отображает общие характеристики чертежа.

Предусмотрены следующие способы изменения значений параметров:

- ввести новое значение параметра с помощью клавиатуры;
- явно указать новые координаты точки на экране монитора;
- выбрать новое значение параметра из раскрывающегося списка;
- выбрать новое значение параметра в диалоговом окне.

Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств), содержит две вкладки: раскрывающийся список выбранных объектов и три кнопки.

- Раскрывающийся список, расположенный в верхней части окна, содержит перечень выбранных объектов.
- Кнопка ***Toggle value of PICKADD Sysvar*** разрешает (на кнопке символ +) или запрещает (на кнопке символ 1) добавлять объекты в набор для редактирования.
- Кнопка ***Select Obje***ct позволяет явно указать объекты, свойства которых необходимо редактировать.
- Кнопка ***Quick Select*** открывает диалоговое окно с тем же именем, с помощью которого можно быстро выбрать объекты для редактирования.

При редактировании свойств объектов происходит их динамическое обновление.

21. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Dimension* *(Измерение)*

В ***AutoCAD*** используются размеры, которые можно разделить на три основные группы – линейные, радиальные и угловые. Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные, параллельные, повернутые, координатные, базовые и размерные цепи. Изображение размера: все линии, стрелки, дуги и элементы текста, составляющие размер, будут рас-

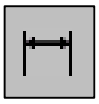
сматриваться как один размерный примитив. Команды простановки размеров находятся в падающем меню ***Dimension*** (Размеры) или на одноименной панели инструментов (рис. 151).



Рис. 151.

21.1. ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ

AutoCAD позволяет проставлять линейные размеры, отличающиеся углом, под которым проводится размерная линия.



– Команда ***Dimliner*** (Размер линейный) – позволяет создавать горизонтальный, вертикальный или повернутый размеры. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Linear*** (Линейный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Linear Dimension*** (Линейный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Используется для определения размеров отрезков прямых линий и прямолинейных сегментов полилиний или блоков; команду можно применить для нанесения линейного размера окружности или дуги.

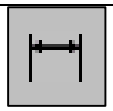
Для выбора точек начала выносных линий рекомендуется пользоваться режимами объектной привязки.

Опции команды ***Dimliner*** (Размер линейный):

- ***Mtext*** (Многострочный текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора многострочного текста. Можно полностью изменить текст или сохранить измеренное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, если необходимо, текст до и после скобок. Для определения диаметра окружности к размерному числу присоединяется символьная последовательность %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.
- ***Text*** (Текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора однострочного текста.
- ***Angle***(Угол) – позволяет задать угол поворота размерного текста.
- ***Horizontal*** (Горизонтальный) – задает горизонтальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***x***.
- ***Vertical*** (Вертикальный) – задает вертикальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***y***.
- ***Rotated*** (Повернутый) – осуществляет поворот размерной и выносных линий, отмеряет расстояние между двумя точками вдоль заданного направления в текущей ПСК (пользовательской системы координат).

Выполнить упражнения № 78 - 80.

Проставить вертикальный размер ***№ 78***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

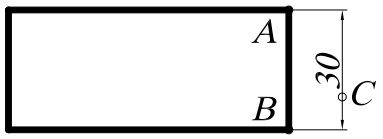
Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

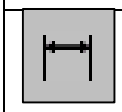
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





Проставить горизонтальный размер
с изменением размерного текста ***№ 79***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: T режим однострочного текста

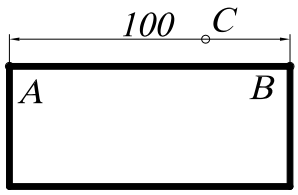
Enter dimension text <70>: 100 ввести новый размерный текст

Specify dimension line location or

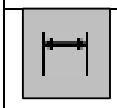
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 70





Проставить повернутый размер ***№ 80***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

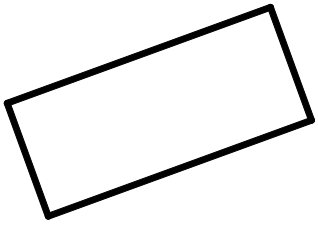
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: R режим повернутого размера

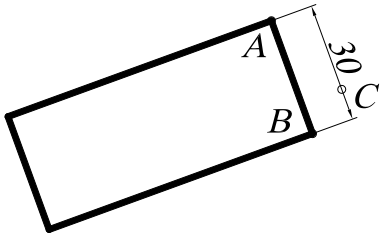
Specify angle of dimension line <0>: 20 угол поворота

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





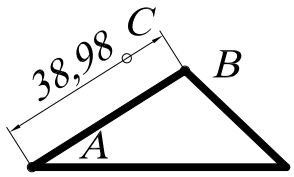
21.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



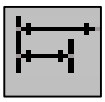
– Команда ***Dimaligned*** (Размер параллельный) – позволяет вычерчивать линейный размер, размерная линия которого параллельна отрезку, проведенному через начальные точки выносных линий. Создается подобно горизонтальным, вертикальным и повернутым размерам. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Aligned*** (Параллельный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Aligned Dimension*** (Параллельный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При автоматическом размещении выносных линий для окружности началом первой выносной линии будет точка, указанная при выборе окружности. После задания объекта пользователю предоставляется возможность выбора опций команды ***Mtext***, ***Text***, ***Angle***, позволяющих редактировать размерный текст.

Выполнить упражнение № 81.

Проставить параллельный размер	***№ 81***
 ***Dimaligned*** Падающее меню ***Dimension → Aligned*** Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A Specify second extension line origin: указать точку B Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 38.98	
	

21.3. БАЗОВЫЕ РАЗМЕРЫ



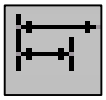
– Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) позволяет вычерчивать несколько размерных линий от одной выносной линии, которая принимается за базовую. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Basline*** (Базовый) или щелчком мыши по пиктограмме ***Basline Dimension*** (Базовый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Замечания:

1. Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) может применяться только после выполнения хотя бы одной из команд ***Dimliner*** (Размер линейный), ***Dimordinate*** (Размер координатный) или ***Dimangular*** (Размер угловой).
2. Базовой выносной линией является первая выносная линия предшествующей команды ***Dimbasline*** (Размер базовый).
3. Каждая новая размерная линия автоматически смещается относительно предыдущей на величину, задаваемую системной переменной DIMDLI (в командной строке с клавиатуры вводят DIMDLI и новую величину этой переменной: Enter new value for DIMDLI <6.0000>: 10). Длина базовой выносной линии при этом также увеличивается.

Выполнить упражнение № 82. Перед построением базового размера должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить базовые размеры	*№ 82*



Dimbaseline Падающее меню ***Dimension → Baseline***

Select base dimension: указать точку A

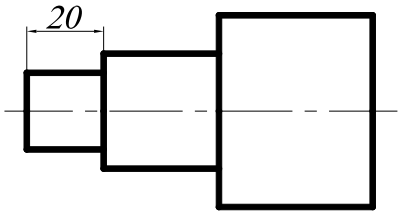
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

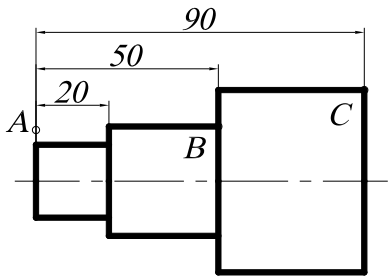
Dimension text = 50

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 90

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter





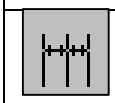
21.4. РАЗМЕРНАЯ ЦЕПЬ



– Команда ***Dimcontinue*** (Размерная цепь) позволяет вычерчивать цепочки размеров, используя вторую выносную линию предыдущего размера как первую выносную линию текущего размера. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Continue*** (Цепь) или щелчком мыши по пиктограмме ***Continue Dimension*** (Размерная цепь) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Выполнить упражнение № 83. Перед построением размерной цепи должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить размерную цепь	*№ 83*



Dimcontinue Падающее меню ***Dimension → Continue***

Select continued dimension: указать точку A

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

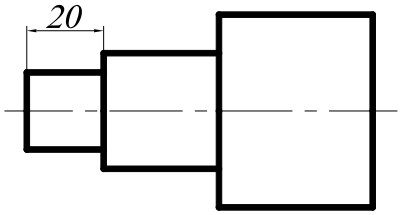
Dimension text = 30

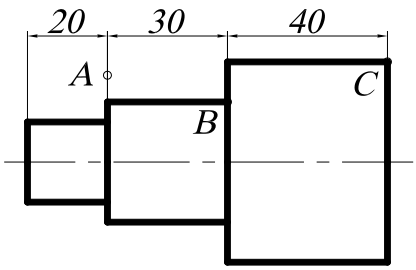
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 40

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter

Select continued dimension: Enter





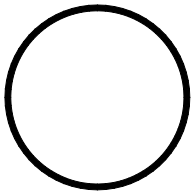
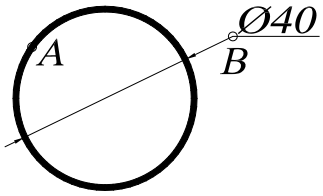
21.5. РАДИАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

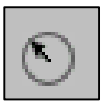


– Команда ***Dimdiameter*** (Размер диаметра) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера диаметров дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Diameter*** (Диаметр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Diameter*** (Диаметр) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При выполнении этой команды выносные линии не проводятся. Если размерный текст не изменялся, то по умолчанию размерному числу предшествует знак диаметра окружности. Нельзя изменить направление отрезка, который продолжает размерную линию диаметра за пределами окружности.

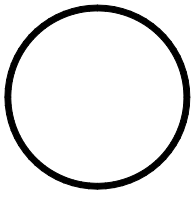
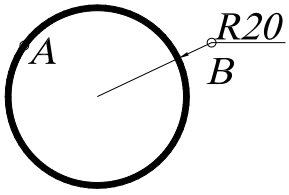
Выполнить упражнение № 84.

Проставить размер диаметра	***№ 84***
 ***Dimdiameter*** Падающее меню ***Dimension → Diameter*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 40 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	



– Команда ***Dimradius*** (Размер радиуса) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера радиуса дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Radius*** (Радиус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Radius*** (Радиус) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). При простановке радиуса текст по умолчанию начинается с символа ***R***.

Выполнить упражнение № 85.

Проставить размер радиуса	***№ 85***
 ***Dimradius*** Падающее меню ***Dimension → Radius*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 20 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	

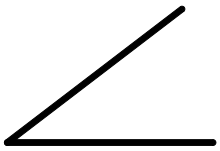
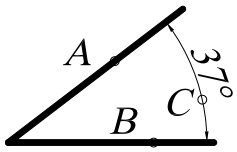
21.6. УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimangular*** (Размер угловой) позволяет вычерчивать размерную линию (дугу окружности) для обозначения угла между двумя непараллельными линиями, набором из трёх точек, дуги или окружности. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Angular*** (Угловой) или щелчком мыши по пиктограмме ***Angular Dimension*** (Угловой размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

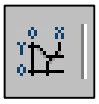
Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то угловой размер строится по трем точкам. При простановке углового размера текст по умолчанию завершается знаком «°».

Выполнить упражнение № 86.

Проставить угловой размер	***№ 86***
 ***Dimangular*** Падающее меню ***Dimension → Angular*** Select arc, circle, line, or <specify vertex>: указать точку A Select second line: указать точку B Specify dimension arc line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 37	
	

Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста. Если угол образован двумя непараллельными прямыми, размерная дуга стягивает угол между ними. Если размерная линия указана вне пределов линий, угол между которыми обозначается, то автоматически вычерчиваются выносные линии.

21.7. КООРДИНАТНЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimordinate*** (Размер координатный) позволяет вычерчивать размер, показывающий расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x*** или ***y***. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Ordinate*** (Координатный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ordinate Dimension*** (Координатный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Координатный размер состоит из значения координаты ***x*** или ***y*** и выноски. Координатный размер по ***x*** – это расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x***, а координатный размер по ***y*** – это расстояние вдоль оси ***y***. Если указана точка, ***AutoCAD*** автоматически определяет, по какой оси проставлять координатный размер. Текст координатного размера располагается вдоль выноски, независимо от ориентации текста, заданной текущим размерным стилем. Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста.

21.8. ВЫНОСКИ И ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖЕ



– Команда ***QLeader*** (Быстрая Выноска) обеспечивает вычерчивание линии-выноски и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Leader*** (Выноска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Leader*** (Быстрая выноска) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то система открывает диалоговое окно ***Leader Settings*** для настройки параметров линии-выноски (рис. 152). Это диалоговое окно содержит три вкладки. Вкладка ***Annotation*** позволяет управлять содержанием аннотации, добавляемой к линии выноски: это может быть многострочный текст, допуск формы и расположения поверхностей, блок или ничего.

Вкладка ***Leader & Arrow*** позволяет управлять внешним видом линии выноски и формой стрелки указателя линии выноски. Кнопка выбора ***Straight*** устанавливает линию выноски в виде ломаной линии с прямолинейными сегментами, а кнопка ***Spline*** – в виде гладкой кривой (сплайна).

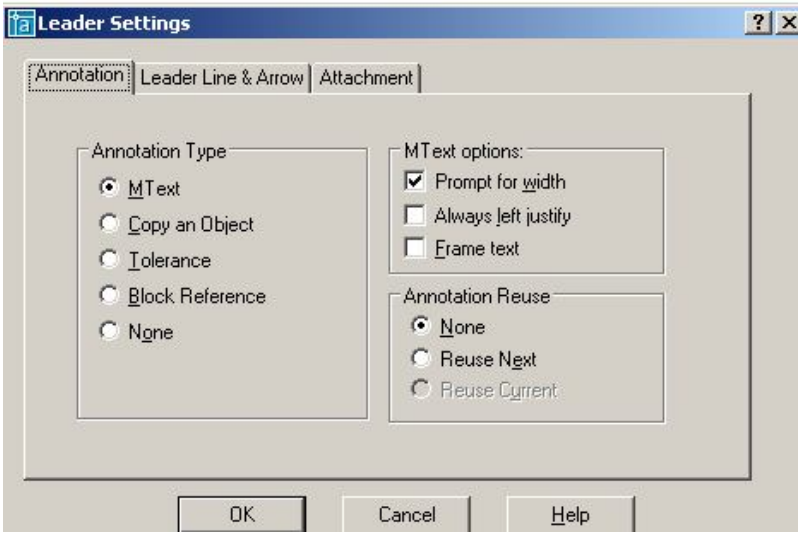
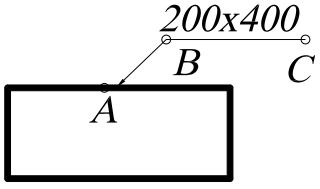


Рис.152.

Вкладка ***Attachment*** позволяет управлять положением полки линии выноски относительно поясняющей надписи. По умолчанию предлагается компоновка, когда полка линии выноски располагается в середине нижней строки многострочного текста. Предлагаемые способы выравнивания многострочного текста:

- ***Top of Top Line*** – по верху верхней строки;
- ***Middle of Top Line*** – по середине верхней строки;
- ***Middle of Multilane Text*** – по середине текста;
- ***Middle of Bottom Line*** – по середине нижней строки;
- ***Bottom of Bottom Line*** – по низу нижней строки;
- Флажок ***Underline Bottom Line*** отменяет все способы расположения надписи и разрешает ее подчеркивание полкой линии выноски.

Выполнить упражнение № 87.

Проставить размеры детали прямоугольного сечения на полке линии-выноски	***№ 87***
 ***Qleader*** Падающее меню ***Dimension → Leader*** Specify first leader point, or [Settings] <Settings>: указать точку A Specify next point: указать точку B Specify next point: указать точку C Specify text width <6>: Enter Enter first line of annotation text <Mtext>: 200x400 Enter next line of annotation text: Enter	
	

21.9. БЫСТРОЕ НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ



– Команда ***QDim*** (Быстрый Размер) используется для одновременного быстрого нанесения группы размеров и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Разме-

ры) → ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Команда ***QDim*** (БРазмер) запрашивает лишь контуры, на которые необходимо проставить размеры с указанием опции типа проставляемых размеров:

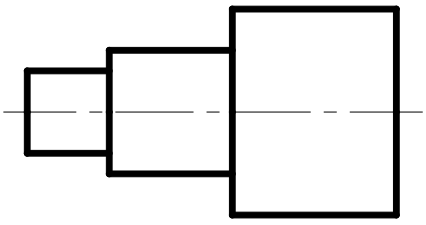
- ***Continuous*** (***C***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров в виде размерной цепочки;
- ***Staggered*** (***S***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу параллельных или концентрических размеров;
- ***Baseline*** (***B***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров от одной базы;
- ***Ordinate*** (***O***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу координатных размеров;
- ***Radius*** (***R***) - используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер радиуса;
- ***Diameter*** (***D***) – используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер диаметра;
- ***DatumPoint*** (***P***) – используется, если необходимо изменить базовую точку при нанесении группы базовых или координатных размеров;
- ***Edit*** (***E***) – используется, если необходимо редактировать набор характерных точек в выбранной группе объектов; разрешено удалять (***remove***) или добавлять (***Add***) точки в набор.

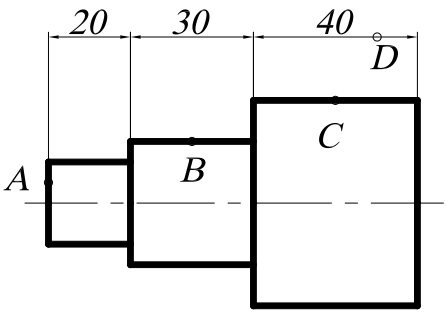
Выполнить упражнение № 88.

Быстрое нанесение размеров ***№ 88***

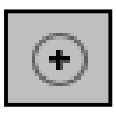


Qdim Падающее меню ***Dimension → Quick Dimension***
Associative dimension priority = Endpoint
Select geometry to dimension: указать точку A
Select geometry to dimension: указать точку B
Select geometry to dimension: указать точку C
Select geometry to dimension: Enter
Specify dimension line position, or
[Continuous/Staggered/Baseline/Ordinate/Radius/Diameter/datumPoint/Edit/seTtings
] <Continuous>: указать точку D





21.10. НАНЕСЕНИЕ МЕТОК ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ ИЛИ ДУГИ



– Команда ***Dimcenter*** (Центральная метка) используется для нанесения меток центра выбранной дуги или окружности и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Dimension center*** (Центральная метка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension center*** (Центральная метка) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

В ответ на запрос команды указать графическим курсором объект, для которого необходимо нанести метку.

21.11. РЕДАКТИРОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ СТИЛЕЙ



– Команда ***Dimstyle*** (Размерный стиль) обеспечивает работу с размерными стилями с помощью диалогового окна ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей), представленного на рис. 153. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Style…*** (Стиль…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Style*** (Размерный стиль) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

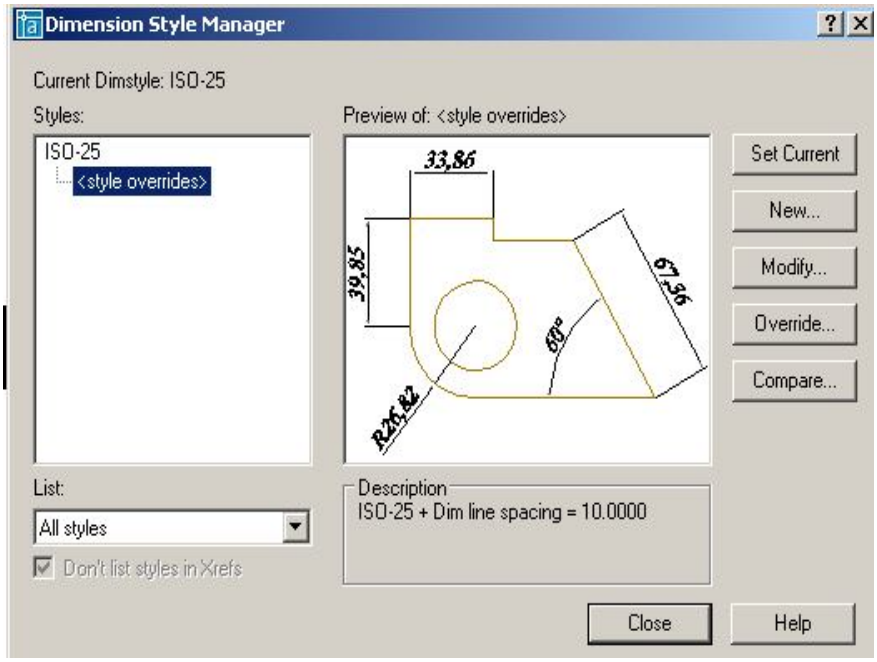


Рис. 153.

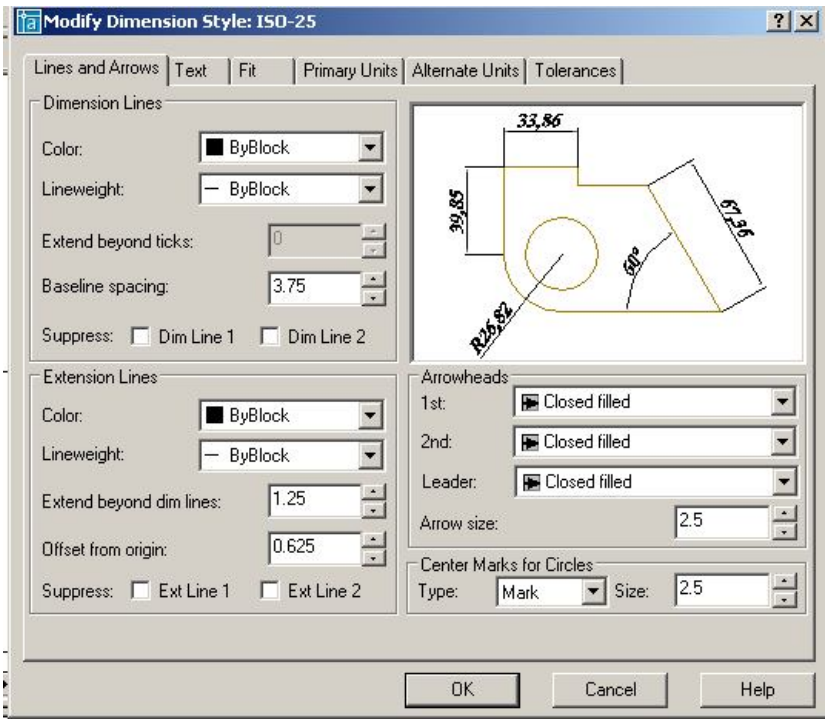


Рис. 154.

Изменение размерного блока происходит при редактировании (модифицировании) текущего размерного стиля или при замене текущего размерного стиля на новый размерный стиль.

Чтобы модифицировать текущий размерный стиль, необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей);
- щелкнуть в открывшемся диалоговом окне на кнопке ***Modify*** (Редактировать);
- заменить значения размерных переменных на новые, используя соответствующие вкладки диалогового окна ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля), представленного на рис. 154;
- щелкнуть на кнопке ОК;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.

После закрытия диалогового окна ***AutoCAD*** автоматически обновит на чертеже размерные блоки, использующие текущий стиль, в соответствии с новыми значениями размерных переменных.

Диалоговое окно ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля) содержит следующие вкладки.

1. ***Lines and Arrows*** (Линии и стрелки) – настройка параметров размерных, выносных, осевых линий и стрелок, содержит четыре поля настроек:

- Настройка размерных линий ***Dimension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond ticks*** (величина выступа размерной линии за выносные линии (в случае, когда вместо стрелок используются засечки), ***Base spacing*** (расстояние между размерными линиями при простановке размеров от одной базы), ***Suppress*** (подавление первой (***Dim Line 1***) или второй (***Dim Line 1***) частей размерной линии.
- Настройка выносных линий ***Extension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond dim lines*** (величина выступа выносных линий за размерную линию), ***Offset from origin*** (отступ начала выносной линии от объекта), ***Suppress*** (подавление первой (***Ext Line 1***) или второй (***Ext Line 1***) выносной линии.
- Настройка размерных стрелок ***Arrowheads*** – ***1 st*** (вид первой стрелки), ***2 nd*** (вид второй стрелки), ***Leader*** (вид стрелки для линии-выноски), ***Arrowsize*** (размер стрелки).
- Настройка маркеров для центра окружности или дуги ***Center Marcs for Circles*** – ***Type*** (тип маркера), ***Size*** (размер).

2. ***Text*** (Текст) – настройка размещения и формата размерных надписей содержит три поля настроек:

- Настройка внешнего вида текста ***Text Appearance*** – ***Text style*** (стиль текста), ***Text color*** (цвет текста), ***Text height*** (высота текста), ***Fraction height scale*** (определение масштаба чисел дробной части относительно размера основного текста при отображении простых дробей***), Draw frame around text*** (отрисовка рамки вокруг размерного текста).
- Расположение размерного текста относительно размерной линии ***Text Placement*** – ***Vertical*** (расположение текста при вертикальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии, разрывая его; ***Above*** – размещает текст над размерной линией; ***Outside*** – размещает текст под размерной линией; ***JIS*** – располагает текст в соответствии с Японским индустриальным стандартом). ***Horizontal*** (расположение текста при горизонтальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии; ***1nd Extention Line*** – размещает текст около первой выносной линии; ***2nd Extention Line*** – размещает текст около второй выносной линии; ***Over 1st Extention Line*** – размещает текст над первой выносной линией; ***Over 2nd Extention Line*** – размещает текст над второй выносной линией). ***Offset from dim line*** – расстояние между текстом и размерной линией.
- Ориентация текста ***Text Alingment*** – ***Horizontal*** (располагается вертикально), ***Alingment with dimension line*** (текст располагается параллельно размерной линии), ***ISO Standart*** (текст располагается параллельно размерной линии, когда он находится между выносными линиями, и горизонтально, когда он находится вне выносных линий).

3. Fit (Выравнивание) – настройка характера размещения стрелок и размерных надписей в стесненных местах чертежа. При нанесении размеров достаточно часто встречаются ситуации, когда не удается разместить размерный текст на обычном месте, поэтому в стиле должно быть определено поведение системы в подобных ситуациях.

- Расположение текста и стрелок при недостатке места для размещения их внутри выносных линий ***Fit Option*** (Вписывать) – ***Either the text or the arrows, whichever fits best*** (автоматически определяется, что лучше разместить внутри выносных линий – текст или стрелки), ***Arrows*** (внутри располагаются стрелки), ***Text*** (внутри располагается текст), ***Both text and arrows*** (внутри располагаются как текст, так и стрелки), ***Always keep text between ext lines*** (всегда размещает текст между выносными линиями), ***Sup-***

press arrows if they don't fit inside the extension lines (подавляет стрелки, если они не вписываются внутрь выносных линий).

- Расположение текста, когда он не может разместиться в месте, предусмотренном по умолчанию ***Text Placement*** (Размещение текста) – ***Beside the dimension line*** (около выносной линии), ***Over the dimension line, with a leader*** (на выноске, выше размерной линии), ***Over the dimension line, without a leader*** (выше размерной линии, без выноски).
- Масштаб для размерных элементов (***Scale for Dimension Features***) – ***Use overall scale off*** (использовать общий масштабный коэффициент для всех размерных элементов), ***Scale dimensions to layout (paperspace)*** (в пространстве листа масштабировать элементы в соответствии с масштабом чертежа в текущем видовом экране.
- Дополнительная настройка ***Fine Tuning*** – ***Place text manually when dimensioning*** (при простановке размеров местоположение текста определяется вручную), ***Always draw dim line between ext lines*** (всегда чертить размерную линию между выносными линиями, даже когда стрелки располагаются снаружи от выносных линий).

4. Вкладка ***Primary Units*** (Основные единицы) – настройка формата основных единиц для размеров, соответствующих линейным и угловым величинам.

- Линейные размеры (***Linear Dimensions***) – ***Unit format*** (единицы измерения), ***Precision*** (точность размерного стиля), ***Fraction format*** (формат дробной части при использовании дробей), ***Decimal separator*** (формат разделителя целой и десятичной части числа), ***Round off*** (округление размерных чисел (1 – округление до целых), ***Prefix*** (префикс, который будет отображаться перед размерным текстом), ***Suffix*** (суффикс, который будет отображаться после размерного текста).
- Масштабы (***Measurement Scale***) – ***Scale factor*** (масштаб значения размерного числа), ***Apply to layout dimensions only*** (масштаб учитывать только в пространстве листа).
- Подавление нуля (***Zero Suppression***) – ***Leading*** (подавление нуля перед запятой), ***Trailing*** (подавление последних нулей в десятичной части).

Настройка единиц угловых размеров ***Angular Dimensions*** (в правой части диалогового окна) производится аналогично.

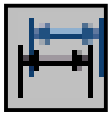
5. Вкладка ***Alternate Units*** (Альтернативные единицы) – параметры настройки в этой вкладке используются в том случае, если будет включен режим простановки размеров альтернативных единиц, то есть если используют метрическую систему и британскую на одном чертеже.

6. Вкладка ***Tolerances*** (Допуски) – настройка параметров формата представления допусков на чертеже.

Для замены текущего размерного стиля на новый размерный стиль необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***;
- выбрать нужный стиль в списке ***Styles***;
- сделать новый стиль текущим, щелкнув на кнопке ***Set Current***;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.





После закрытия диалогового окна все существующие на чертеже размерные блоки не изменятся, а новые будут вычерчиваться в соответствии с новым размерным стилем. Если необходимо заменить стиль существующих размерных блоков на установленный размерный стиль, следует воспользоваться командой выпадающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Update*** (Обновить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Update*** (Обновить размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Затем ввести в командную строку ***all*** и нажать клавишу ***Enter*** или воспользоваться секущей рамкой выбора и с её помощью выбрать все объекты размеров на чертеже. Когда все объекты размеров на экране выделены, нажать клавишу ***Enter***. Тем самым выполнение команды завершится.

22. ЗУМИРОВАНИЕ

В ***AutoCAD*** изменение масштаба выполняется всевозможными модификациями команды ***ZOOM*** (Покажи) из панели инструментов ***Zoom*** (рис. 155).



Рис. 155.

Выполнение этой команды производит тот же эффект, что и настройка объектива с переменным фокусным расстоянием, который используется в теле- и кинокамерах. При зуммировании размеры рисунка остаются прежними, изменяется лишь размер его части, видимой в графической области. Команды ***Zoom*** могут вызываться из падающего меню ***View*** (Вид) → ***ZOOM*** (Покажи) стандартной панели инструментов. Ниже приводится описание каждой команды.



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Zoom Window*** (Показать Рамка –указание области отображения с использованием рамки. Для этого следует задать два противоположных угла прямоугольной рамки.;



– ***Zoom Dinamic*** – динамическое задание области отображения. Отображает видимую часть чертежа в рамке, представляющего текущий вид. При нажатии клавиши ***Enter*** изображение, заключенное в видовом экране, выводится на видовой экран.



– ***Zoom Scale*** (Показать масштаб) – задание масштабного коэффициента. Используется, если изображение требуется уменьшить или увеличить на точно заданную величину. При этом необходимо задать коэффициент экранного увеличения.



– ***Zoom Center*** (Показать центр) – задание области изображения путем ввода точки центра и высоты в единицах рисунка;



– ***Zoom Object*** (Показать объект) – задание области отображения путем выбора объекта или группы объектов;



– ***Zoom In*** (Увеличить) – увеличение изображения;



– ***Zoom Out*** (Уменьшить) – уменьшение изображения;



– ***Zoom All*** (Показать все) – отображение всей области чертежа или области внутри границ, если заданы границы. Позволяет увидеть на экране весь чертёж;



– ***Zoom Extents*** (Показать границы) – отображение области, которая содержит все примитивы чертежа.

23. ПАНОРАМИРОВАНИЕ



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени. При перемещении курсора по видовому экрану происходит динамическое перемещение изображения. Для активизации команды можно щелкнуть мышью по кнопке ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) стандартной панели инструментов либо выбрать команду из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Pan*** (Панорамировать) → ***Real Time*** (В реальном времени).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Создать шаблон чертежа формата А4 и А3 с основной надписью (рис. 156).

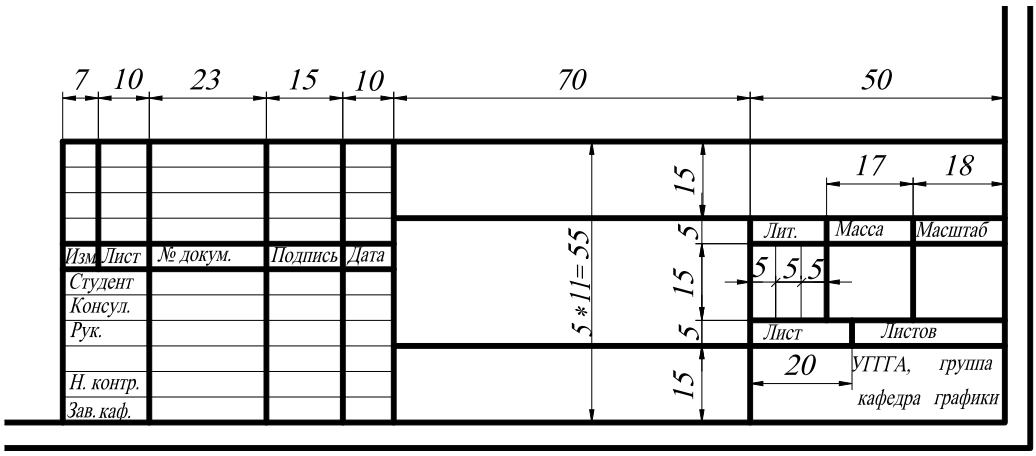


Рис. 156.

2. Выполнить чертёж детали (прил. 1) на формате А3 в масштабе 1:1.

3. По двум заданным изображениям детали (прил. 2) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

4. По двум заданным изображениям детали (прил. 3) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

5. По двум заданным изображениям детали (прил. 4) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

Глава 3
ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система ***AutoCAD*** включает в себя достаточно широкий спектр средств трёхмерного моделирования. Они позволяют работать как с простейшими примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Основные типы пространственных моделей, используемых в ***AutoCAD***, можно условно разделить на три группы:

- каркасные;
- модели поверхностей;
- твердотельные.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия – построить его каркас. Построение каркасных моделей в ***AutoCAD*** рассматривается как этап вспомогательных построений для трёхмерного проектирования более высокого уровня.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Создаваемые при этом объекты характеризуются лишь конфигурацией своей поверхности и поэтому не пригодны для решения таких задач, как определение инерционно-массовых характеристик изделия или получение изображений для оформления чертежей. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и др. В данном случае можно создавать линейчатые поверхности, поверхности Кунса, поверхности Безье.

Твердотельное моделирование является основным видом трехмерного проектирования изделий машиностроения. Создаваемые твердотельные модели воспринимаются системой как некие единые объекты, имеющие определенный объем. Твердотельное моделирование позволяет решать не только компоновочные задачи, но и определять инерционно-массовые характеристики, а также получать с пространственного объекта необходимые виды, разрезы и сечения для оформления рабочей документации.

В данном пособии рассматривается построение каркасных моделей и твердотельных. Кроме создания вышеперечисленных трехмерных моделей рассматриваются средства их редактирования, средства просмотра объемного изображения и визуализации.

2. ЗАДАНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ КООРДИНАТ

Задание координат точек при работе в трехмерном пространстве может производиться с помощью клавиатуры или с помощью графического курсора. При этом необходимо дополнительно указывать координату, определяющую положение точки вдоль оси ***Z***. Точка может быть задана:

- *абсолютными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические);*
- *относительными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические)*.

Цилиндрические и сферические координаты подобны полярным координатам в двумерном пространстве.

1. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x, y, z**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координат ***y*** и ***z***, а также направление (+ или -).

- *Цилиндрические координаты:* **…point: ρ < φ, z**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), специальный символ < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем через запятую – координату точки по оси ***Z***. За положительное направление отсчета угла поворота вектора в плоскости ***XY*** принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***X***.
- *Сферические координаты:* **…point: ρ < φ < ψ**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), а далее через специальные символы < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем угол наклона вектора относительно плоскости ***XY***.

2. Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***X***, ***Y*** и ***Z*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую, приращение по оси ординат ***y*** и приращение по оси ***z***.

- *Цилиндрические координаты*: **…point: @ρ<φ, Δ z**.
- *Сферические координаты*: **…point: @ρ < φ < ψ**.

Особенностью задания координат точек с помощью графического курсора при работе в трёхмерном пространстве является то, что по умолчанию все указываемые точки воспринимаются системой как лежащие в плоскости ***XY*** текущей системы координат. Поэтому при указании точек подобным образом следует использовать объектную привязку или соответствующим образом изменять систему координат.

Некоторые типы объектов, например окружности и плоские полилинии, могут создаваться только в плоскостях, параллельных плоскости ***XY*** текущей системы координат. При этом положение плоскости, в которой расположен такой объект, вдоль оси ***Z*** определяется положением первой указанной точки. Так, например, если при создании плоской полилинии в ответ на первый запрос была указана точка с координатой ***Z***, равной 20, то и все остальные точки полилинии будут иметь ту же координату вдоль оси ***Z*** независимо от способа ввода координат и использования режима объектной привязки.

3. ЗАДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

При создании двумерных объектов пользователь, как правило, работает в одной плоскости проекций – ***XY***, и ему зачастую бывает достаточно использовать одну, устанавливаемую по умолчанию, пользовательскую систему координат. Построение трехмерных объектов требует работы и с другими плоскостями проекций. Если учесть, что курсор в ***AutoCAD*** может перемещаться только в плоскости ***XY*** и ей параллельной, то становится понятно, что создание трехмерных моделей при использовании только одной системы координат является трудоемким.

В ***AutoCAD*** существуют две основные системы координат – мировая система координат ***Word Coordinate System WCS*** (МСК) и пользовательская система координат ***User Coordinate System UCS*** (ПСК). Ось ***X*** мировой системы координат направлена горизонтально, ось ***Y*** – вертикально, а ось ***Z*** – проходит перпендикулярно плоскости ***XY***. Основное отличие миро-

вой системы координат ***WCS*** (МСК) от пользовательской системы координат ***UCS*** (ПСК) заключается в том, что мировая система координат может быть только одна, и она неподвижна. В ***AutoCAD*** можно определять и использовать неограниченное количество пользовательских систем координат ***UCS*** (ПСК).

Вызвать команду ***UCS*** (ПСК) или варианты её исполнения можно из командной строки или из падающего меню ***Tools*** (Сервис). Наиболее удобным представляется вызов команды ***UCS*** (ПСК) из стандартной или плавающей панели инструментов (рис. 157).



Рис. 157.



- Команда ***UCS*** (ПСК) – определение новой пользовательской системы координат. Вызов команды ***USK*** (ПСК);



- ***Display UCS Dialog*** (Диалоговое окно ПСК) – управление имеющимися пользовательскими системами координат из диалогового окна ***UCS*** (рис. 158).

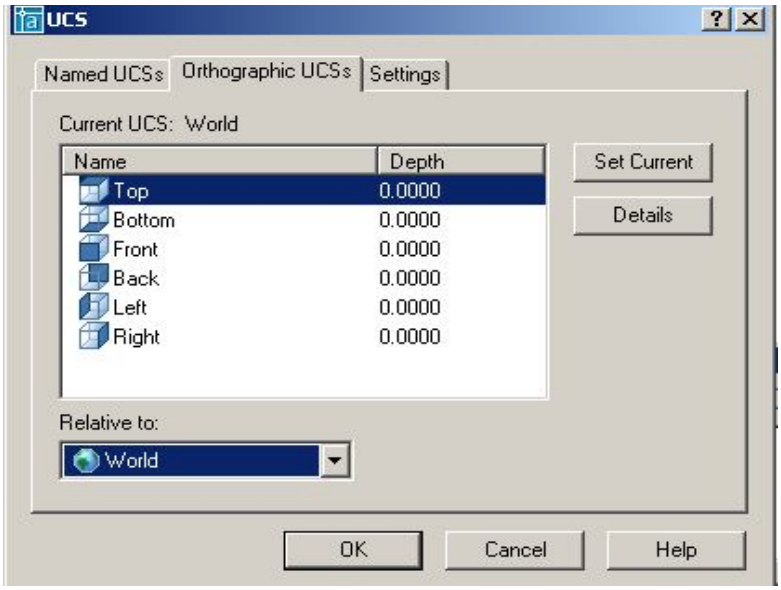


Рис. 158.



- ***UCS Previous*** (Предыдущая ПСК) – восстановление предыдущей ПСК. При этом сохраняется десять последних определенных ПСК.



- ***Word UCS*** (МСК) – переход в мировую систему координат;



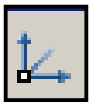
- ***Object UCS*** (ПСК объект) – выравнивание системы координат по существующему объекту, то есть совмещение плоскости ***XY*** новой системы координат с плоскостью существующего двумерного объекта;



- ***Face UCS*** (ПСК на грани) – создание новой ПСК путем указания грани;



- ***View UCS*** (ПСК вид) – создание новой ПСК параллельно текущему виду поворотом вокруг начальной точки ПСК, иначе говоря, параллельно экрану;



- ***Origin UCS*** (ПСК Начало) – создание новой ПСК заданием нового начала координат;



- ***ZAxis Vector UCS*** (ПСК Zось) – создание новой ПСК заданием нового начала координат и точки, определяющей положительное направление оси ***Z***;



- ***3Point UCS*** (ПСК 3 точки) – создание новой ПСК по 3 точкам, последовательно определяющим новое начало координат и направление осей ***X*** и ***Y***;



- ***XAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***X***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***X***;



- ***YAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Y***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Y***;



- ***ZAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Z***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Z***;



- ***Apply UCS*** (Применить ПСК) – применение текущей ПСК к выбранному видовому экрану.

При создании пользовательской системы координат направление её координатных осей удобно определять по правилу правой руки: большой палец показывает направление положительных значений по оси ***X***, указательный – по оси ***Y***, средний по оси ***Z*** (рис. 159). Для определения положительного направления угла поворота следует большой палец правой руки направить в положительном направлении координатной оси, вокруг которой осуществляется вращение. Тогда согнутые пальцы покажут положительное направление угла поворота системы координат (рис. 160).

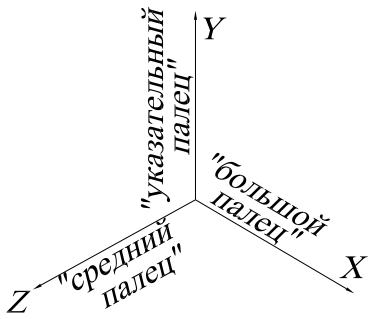


Рис. 159.

Изменение текущей ПСК не влияет на изображение чертежа на экране, если не включена системная переменная ***UCSFOLLOW***. Если ***UCSFOLLOW*** имеет значение 1, то при определении новой ПСК на экране изображается вид в плане новой ПСК.

Выполнить упражнения № 89, 90.

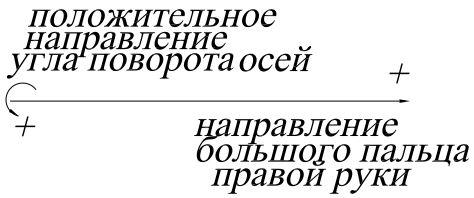
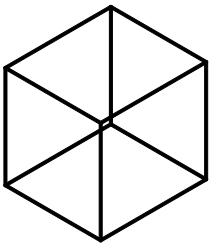
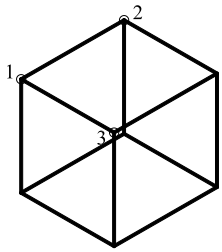
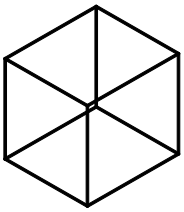
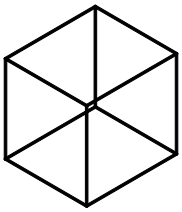


Рис. 160.

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 89
 ***3Point UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ 3 Point***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _3 режим задания ПСК по трём точкам   Specify new origin point <0,0,0>: указать центр ПСК – точку 1   Specify point on positive portion of X-axis <0,0>: указать точку 2 (направление оси 0X)   Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane <0,0>: указать точку 3 (направление оси 0Y)
 

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 90
 ***View UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ View***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _v режим, параллельный плоскости текущего вида (в этом режиме можно выполнять любые надписи, как и в двумерном моделировании).
 

4. ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИ И ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА

На нижней полке рамки графической зоны находятся корешки вкладок ***Model*** (Модель) и ***Layout*** (Компоновка). Последних может быть несколько, причем каждой очередной присваивается возрастающий номер. На вкладке ***Model*** (Модель) выполняется вся творческая часть работы конструктора. На вкладках ***Layout*** (Компоновка) компонуется представление разработанной модели на виртуальном листе чертежа в виде плоского рисунка, причем одна модель может быть представлена несколькими компоновками на разных вкладках. Переключаясь со вкладки ***Model*** (Модель) на вкладку ***Layout*** (Компоновка), пользователь фактически переходит из трехмерного пространства модели в двухмерное пространство листа, на котором представлена эта модель.

После перехода на очередную вкладку ***Layout*** (Компоновка) можно приступать к компоновке чертеже из элементов модели, созданных в пространстве модели. Компоновка выполняется активизацией команд контекстного меню, которое активизируется щелчком правой кнопки мыши на корешке вкладки ***Layout*** (Компоновка).

Переключаться между пространствами модели и листа можно также с помощью кнопки ***MODEL/PAPER*** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) в строке состояния.

5. ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ

Видовой экран (***Viewport***) – это участок графического экрана, на котором отображается часть пространства модели чертежа. Существует два типа видовых экранов – неперекрывающиеся и перекрывающиеся. Неперекрывающиеся видовые экраны располагаются на экране монитора подобно кафельным плиткам на стене. Они полностью заполняют графическую зону и не могут накладываться друг на друга. На плоттер неперекрывающиеся видовые экраны могут выводиться только по одному. Перекрывающиеся видовые экраны могут располагаться на экране и перемещаться по нему произвольным образом. Эти экраны могут накладываться друг на друга и печататься одновременно.

5.1. СОЗДАНИЕ НЕПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ВИДОВЫХ ЭКРАНОВ

Графическую область в пространстве модели можно разбить на несколько неперекрывающихся видовых экранов. В процессе рисования все изменения, производимые на одном видовом экране, отражаются на остальных. Переключиться с одного видового экрана на другой можно в любой момент, даже в ходе выполнения команды. Границы активного видового экрана выделяются более толстой линией. Активизировать видовые экраны по очереди можно, нажав комбинацию клавиш <Ctrl+R> или щелкнув мышью на поле видового экрана.

Для создания видовых экранов используется команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН), вызывающая диалоговое окно ***Viewports*** (Видовые экраны), показанное на рис. 161. С помощью этой команды графический экран разделяется на несколько неперекрывающихся видовых экранов, каждый из которых может содержать собственный вид чертежа.



- Команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны).

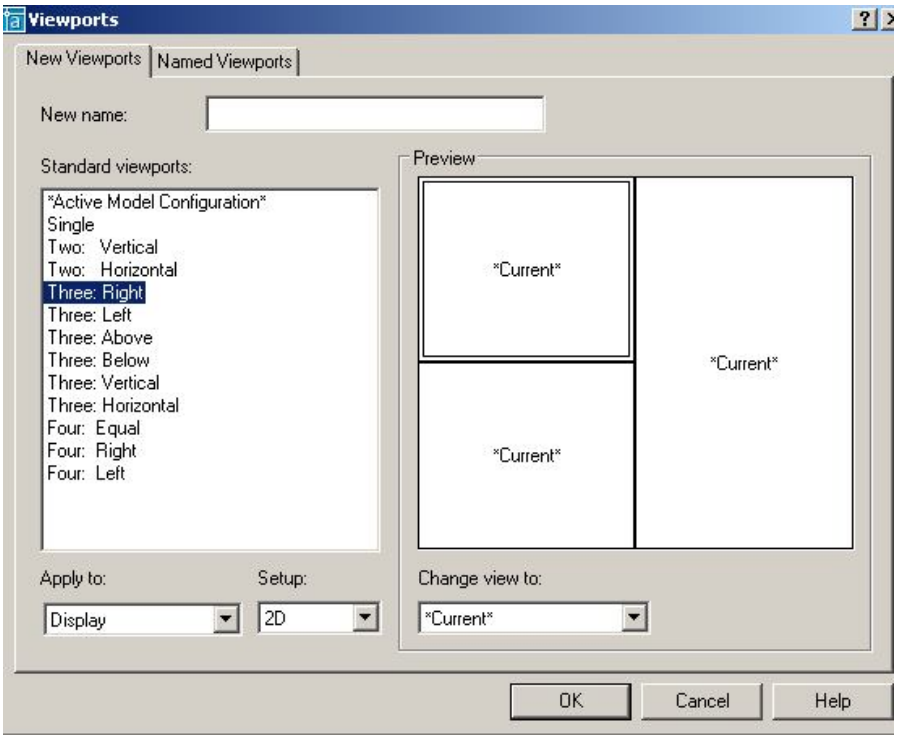
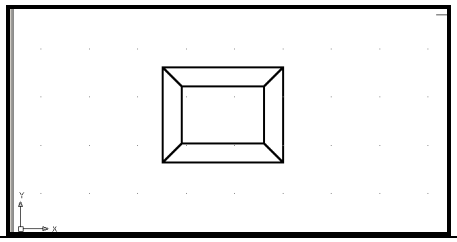
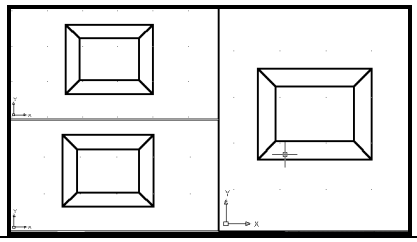


Рис. 161.

Выполнить упражнение № 91.

Создать три видовых экрана	*№ 91*
VPORTS Падающее меню ***View → Viewports → New Viewports…*** Enter an option [Save/Restore/Delete/Join/SIngle/?/2/3/4] <3>: _3 Enter a configuration option [Horizontal/Vertical/Above/Below/Left/Right] <Right>: Enter Regenerating model.	
	

6. УСТАНОВКА ВИДОВ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПОЛЕ

При построении трехмерной модели приходится работать более чем с одним видом объекта. Возможно, что изображение объекта будет достаточно информативным на одном виде и нечитаемым – на другом. В любом случае при работе с трехмерными объектами следует установить несколько видовых экранов, например, один – с видом в плане, другой – с видом слева, а третий – с аксонометрическим видом.

Установка направления взгляда производится в начале работы с моделью или в процессе создания модели. ***AutoCAD*** позволяет взглянуть на модель из любой точки пространства, даже изнутри изображаемого объекта. Установку нового вида в пространстве модели можно произвести с помощью команд:

1. ***VPOINT*** (Точка зрения) – позволяет вводить из командной строки точку зрения или угол поворота вида.
2. ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) – отображает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения).
3. ***PLAN*** (План) – отображает вид в плане пользовательской или мировой системы координат.
4. ***DVIEW*** (Динамический вид) – определяет параллельную проекцию или перспективные виды.
5. ***3DORBIT*** (3-Орбита) – интерактивное отображение видов.

6.1. УСТАНОВКА НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА

Команда ***VPOINT*** (Точка зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***VPOINT*** (Точка зрения) или вводом в командную строку слова ***VPOINT*** с клавиатуры.

В ответ на команду система сообщает справочную информацию:

Current view direction: VIEWDIR=1.0000,-1.0000,1.0000

Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>:

Возможные ответы:

- задать направление взгляда при определении вида, указав на графическом экране произвольную точку;
- нажать клавишу ***Enter***. На экране появляются компас и тройка осей, представляющие проекцию глобуса на плоскости. Центральная точка компаса совпадает с Северным

полюсом (0, 0, 1), внутренняя окружность – с экватором (n, n, 0), а внешняя – с Южным полюсом (0, 0, -1). Угол направления взгляда определяется указанием точки внутри компаса, а угол между направлением взгляда и плоскостью ***XY*** – ее расстоянием от центра компаса. В соответствии с точкой зрения на компасе изменяется ориентация тройки осей. Передвигая с помощью мыши перекрестие внутри окружностей и контролируя получившийся вид по тройке осей системы координат, можно получить требуемый вид.

- ***Rotate*** (Поворот) используется, если необходимо задать направление взгляда при определении вида путем указания.

Удобно также использовать плавающую панель инструментов ***View*** (Вид), содержащую ряд кнопок с типовыми видами объекта (рис. 162).



Рис. 162.

 — ***Named View*** (Именованные виды) – создание и сохранение видов;

 — ***Top View*** (Вид сверху) – установка точки зрения сверху (план, горизонтальная проекция);

 — ***Bottom View*** (Вид снизу) – установка точки зрения снизу;

 — ***Left View*** (Вид слева) – установка точки зрения слева (профильная проекция);

 — ***Right View*** (Вид справа) – установка точки зрения справа;

 — ***Front View*** (Вид спереди) – установка точки зрения спереди (фронтальная проекция);

 — ***Back View*** (Вид сзади) – установка точки зрения сзади;

 — ***SW Isometric View*** (ЮЗ изометрия) – установка юго-западного изометрического вида;

 — ***SE Isometric View*** (ЮВ изометрия) – установка юго-восточного изометрического вида;

 — ***NE Isometric View*** (СВ изометрия) – установка северо-восточного изометрического вида;



— ***NW Isometric View*** (СЗ изометрия) – установка северо-западного изометрического вида;



— ***Camera*** (Камера) – включение и установка положения камеры и цели.

Выполнить упражнение № 92.

Установить направление взгляда в трёх видовых окнах ***№ 92***

Падающее меню ***View → 3D Views***

В верхнем левом видовом окне установить Front (Вид спереди), вначале активизируйте это окно щелчком мыши на поле окна

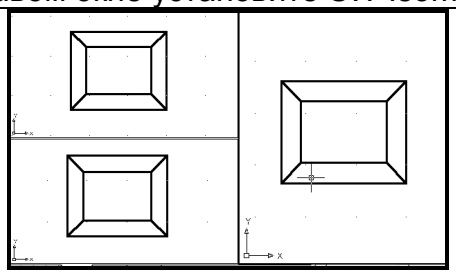


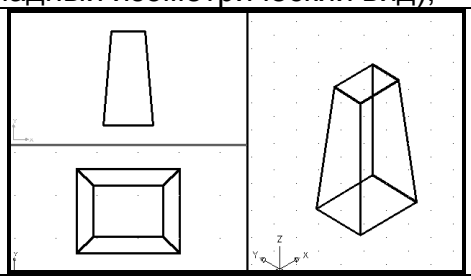
В нижнем левом видовом окне установить Top (Вид сверху), сделав это окно активным.





В правом окне установите SW Isometric (Юго-западный изометрический вид),





6.2. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА С ПОМОЩЬЮ ДИАЛОГОВОГО ОКНА

Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

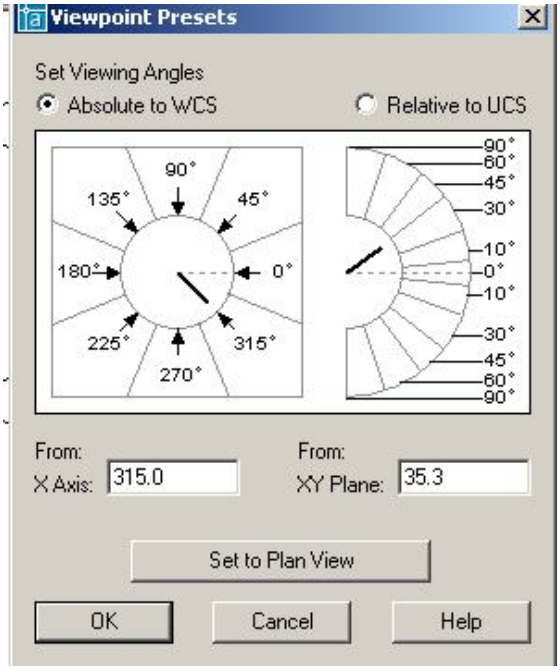


Рис. 163.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения), представленное на рис. 163. Окно содержит следующие элементы управления: две кнопки выбора, графическое поле, два поля ввода и кнопку ***Set to Plan View***.

- Кнопка выбора ***Absolute to WCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно мировой системы координат.
- Кнопка выбора ***Relative to UCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно текущей системы координат.
- Графическое поле позволяет задать направление взгляда при помощи графического курсора.
- Поле ввода ***X axis*** позволяет задать числовое значение угла в плоскости ***XY*** между направлением взгляда и осью ***X***.

- Поле ввода ***XY Plane*** позволяет задать числовое значение угла между направлением взгляда и плоскостью ***XY***.
- Кнопка ***Set to Plan View*** задает направление взгляда, перпендикулярное плоскости ***XY*** текущей системы координат.

Команда ***DVIEW*** (Динамический вид). Установить направление взгляда можно с помощью команды ***DVIEW*** (Динамический вид), предназначенной для получения динамических трехмерных и перспективных видов. Эта команда используется также для зуммирования, панорамирования и вращения видов. Кроме того, с её помощью можно удалять с экрана объекты, расположенные перед секущей плоскостью или позади нее, а также скрытые линии – при динамическом просмотре объектов. Команда действует по принципу камеры, направленной в сторону цели. Линия между камерой и целью – это линия взгляда или направление взгляда. Имеется возможность при моделировании изменять фокусное расстояние «объектива» камеры от широкоугольного до телеобъектива. После выполнения команды чертеж полностью регенерируется.

6.3. УСТАНОВКА ПЛАНА ИЗОБРАЖЕНИЯ

PLAN (План) – позволяет получить ортогональную проекцию объектов на плоскость ***XY*** текущей, мировой или пользовательской систем координат. Пользоваться этой командой в пространстве листа недопустимо.

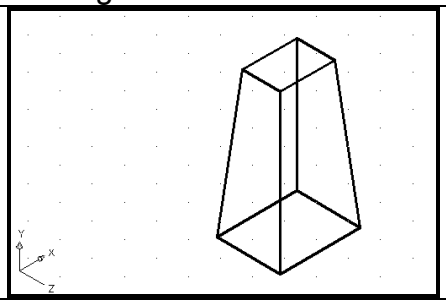
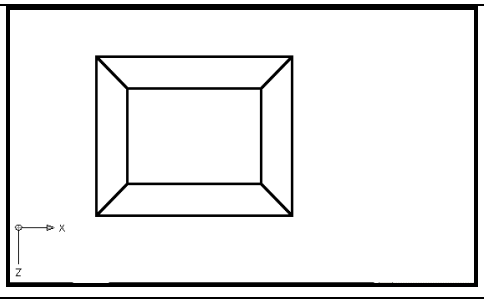
Команда ***PLAN*** (План) → ***Plan View*** (Вид в плане) соответственно пункты ***Current UCS*** (Текущая ПСК), ***World UCS*** (МСК) или ***Names UCS*** (По имени).

Опции команды:

- ***Current UCS*** (Текущая ПСК) – создает изображение текущей ПСК в плане на текущем видовом экране. Используется по умолчанию;
- ***UCS*** (ПСК) – переключает в план предварительно сохраненной ПСК и регенерирует изображение. ***AutoCAD*** запрашивает имя требуемой ПСК;
- ***World*** (Мир) – создает изображение в плане мировой системы координат.

Команда ***PLAN*** (План) изменяет направление взгляда и отключает перспективу, но не меняет текущей ПСК. Все координаты, вводимые или отображаемые после запуска этой команды, берутся относительно текущей ПСК.

Выполнить упражнения № 93.

Установить вид в плане	***№ 93***
Plan Падающее меню ***View → 3D Views → Plan View → World UCS*** Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>: _w Regenerating model.	
	

6.4. УСТАНОВКА ОРТОГОНАЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ВИДОВ



Для установки ортогональных и аксонометрических видов служит закладка ***Orthographic & Isometric Views*** (Ортогональные и изометрические виды) диалогового окна ***View*** (Вид), показанного на рис. 164. Это диалоговое окно вызывается вводом в командную строку слова ***VIEW*** с клавиатуры или из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View…*** (3М Виды…). Кроме этого, можно щелкнуть на пиктограмме ***Named Views*** (Именованные виды) плавающей панели инструментов ***View*** (Вид), представленной на рис. 162.

Ортогональный вид, помещаемый на видовой экран, базируется по умолчанию на мировой системе координат. Однако пользователь может установить в качестве базовой любую из имеющихся в диалоговом окне именованных пользовательских систем координат (ПСК). После выбора одной из ПСК необходимо сделать эту систему текущей, то есть нажать кнопку ***Set Current***, в подтверждении, что выбранная ПСК является текущей, рядом с её названием появляется маркер. Нажатием кнопки ***OK AutoCAD*** выводит на экран выбранную пользовательскую систему координат.

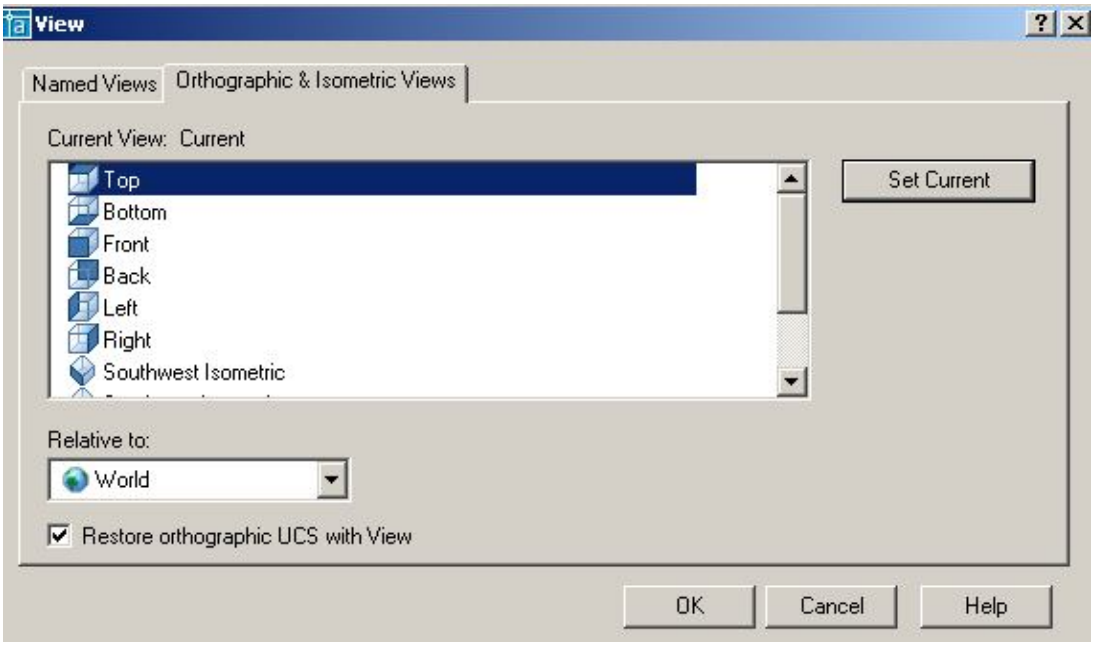


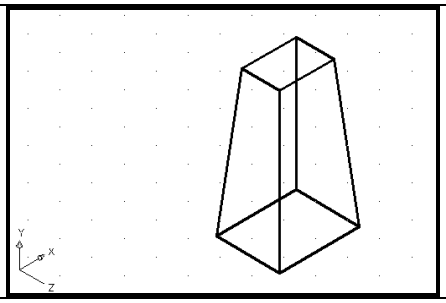
Рис. 164.

6.5. ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧКОЙ ВЗГЛЯДА



Команда ***3DORBIT*** (3-орбита) позволяет задать направление взгляда при определении вида и параметры отображения. Вид модели в это время управляется с помощью устройства указания, то есть изменение направления взгляда при определении вида производится путем перемещения мыши при нажатой левой кнопке. С орбиты могут рассматриваться как вся модель, так и её отдельные части. Команда вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D Orbit*** (3М Орбита) или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) стандартной панели инструментов, или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***, или вводом в командную строку слова ***3DORBIT*** с клавиатуры. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Выполнить упражнение № 94.

Установить точку зрения	*№ 94*
 ***3D Orbit*** Падающее меню ***View → 3D Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, установить желаемую точку зрения Для выхода из команды нажать Enter.	
	

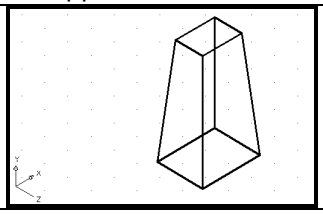
6.6. ДИНАМИЧЕСКОЕ ВРАЩЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ



Команда ***3DCORBIT*** (3МД Орбита) позволяет просматривать вращающееся изображение объектов в режиме реального времени. Команда вызывается вводом в командную строку слова ***3DCORBIT*** с клавиатуры или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Continuous Orbit*** (3МД Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Вращение изображения объектов задается путем перемещения курсора по графическому полю экрана при нажатой левой кнопке мыши. При этом направление вращения определяется направлением перемещения курсора, а скорость вращения – скоростью перемещения курсора. Вращение изображения начинается после того, как будет отпущена левая кнопка мыши.

Выполнить упражнение № 95.

Установить точку зрения	*№ 95*
 ***3DC Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, задать вращательный момент детали и отпустить кнопку. Для фиксации точки зрения сделать щелчок мышью. Для выхода из команды нажать Enter.	
	

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРКАСОВ

Элементарными трехмерными объектами системы ***AutoCAD*****,** предназначенными, прежде всего для каркасного моделирования, являются отрезки, сплайны и полилинии. Первые два типа объектов создаются при помощи тех же команд ***LINE*** и ***SPLINE***, которые используются при плоском черчении. Особенностью при их использовании в трёхмерном пространстве является то, что при задании координат точек следует указывать и координату по оси ***Z*** (при плоском черчении эта координата опускается). При указании точек графическим курсором следует пользоваться объектной привязкой, так как в противном случае система воспринимает указанные точки как лежащие на плоскости ***XY*** текущей системы координат. Трех-

мерные полилинии создаются при помощи специальной команды ***3DPOLY***. Эта команда позволяет создавать полилинию, состоящую только из прямолинейных сегментов, поэтому для создания сглаженных линий используют команду ***REDIT*** (Редактирование трехмерных полилиний).

7.1. ТРЕХМЕРНАЯ ПОЛИЛИНИЯ

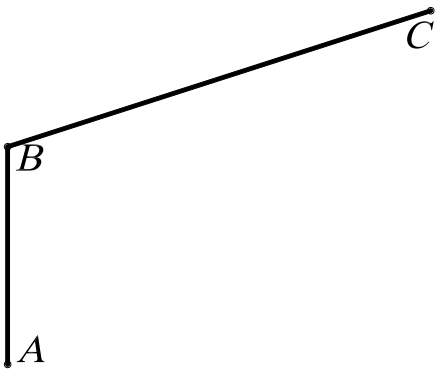


Команда ***3DPOLY*** (3М ПЛиния) – построение трехмерной полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***3Dpoly*** (3М ПЛиния), щелчком мыши по пиктограмме ***3Dpoly*** (3М ПЛиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать) или вводом в командную строку слова ***3DPOLY*** с клавиатуры

Опции команды:

- ***Undo*** (Отмена) – используется для отмены создания последнего отрезка;
- ***Close*** (Замкнуть) – используется для замыкания построенной полилинии и завершения работы с командой.

Выполнить упражнение № 96.

Построить трехмерную полилинию	***№ 96***
 ***3D Polyline*** Падающее меню ***Draw*** → ***3D Polyline*** Specify start point of polyline: 100,100,0 Specify endpoint of line or [Undo]: @0,0,80 Specify endpoint of line or [Undo]: @90,90,50 Specify endpoint of line or [Close/Undo]:	
	

7.2. СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПОЛИЛИНИИ



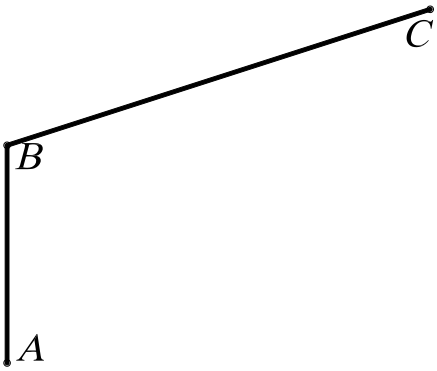
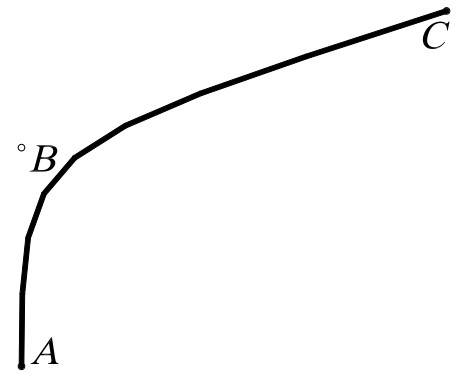
- ***PEDIT*** (Изменить полилинию) позволяет редактировать трехмерные полилинии и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Object*** (Объект) →***Polyline*** (Полилиния), щелчком мыши по пиктограмме ***Pedit*** (Изменить полилинию) панели инструментов ***Modify II*** (Редактировать II) или вводом в командную строку слова ***PEDIT*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Multiple*** (Много) – используется, если необходимо одинаковым образом отредактировать несколько полилиний; в этом случае система потребует указать эти полилинии;

- ***Close*** (Замкнуть) – используется, если необходимо замкнуть полилинию, при этом система добавляет сегмент, соединяющий начальную и конечную точки полилинии; если выбранная полилиния замкнута, то в списке параметров вариант ***Close*** заменяется вариантом ***Open***;
- ***Open*** (Разомкнуть) – используется, если необходимо разомкнуть полилинию, при этом система удаляет сегмент, соединяющий конечную и начальную точки;
- ***Edit vertex*** (Редактировать вершину) – используется для редактирования вершин полилинии. Дальнейшая работа в режиме редактирования вершин производится так же, как и в случае редактирования плоской полилинии;
- ***Spline curve*** (Сгладить) – используется для преобразования полилинии в гладкую с использованием аппарата B-сплайнов, при этом данная кривая в общем случае не приходит через вершины исходной полилинии;
- ***Decurve*** (Отменить сглаживание) – используется для отмены преобразования полилинии в гладкую кривую;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего изменения.

Выполнить упражнение № 97

Сгладить трехмерную полилинию	***№ 97***
	***PEDIT*** Падающее меню ***Modify → Object→ Polyline*** Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: s режим сглаживания полилинии Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: Enter
	

8. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Команды построения твердотельных объектов (примитивов) запускаются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) или из плавающей панели инструментов ***Solids*** (Тела), представленной на рис. 165.

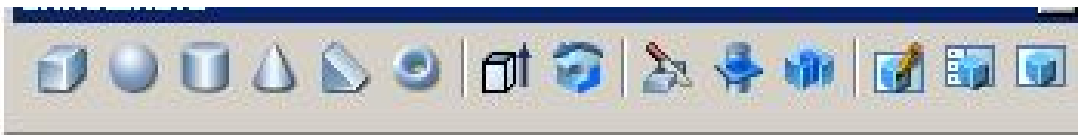


Рис. 165.

При создании твердотельных примитивов используется три основных способа:

1. Стандартные библиотечные тела: ***Box*** (Ящик), ***Wedge*** (Клин), ***Cone*** (Конус), ***Cylinder*** (Цилиндр), ***Sphere*** (Шар), ***Torus*** (Тор). Задание количества изолиний при создании стандартных (библиотечных) тел вращения выполняется системной переменной ***ISOLINES*** (по умолчанию количество изолиний равно четырем). Для увеличения количества в командную строку вводится слово ***ISOLINES*** с клавиатуры, а затем нужное количество.

2. Тела пользователя (примитивы заданной формы) создаются путем выдавливания, осуществляемого командой ***Extrude*** (Выдавить), или вращения – командой ***Revolve*** (Вращать) – двумерного объекта (плоского контура) ***Region***.

3. Тела, созданные комбинированием нескольких тел, с использованием команд ***Union*** (Объединение), ***Subtract*** (Вычитание), ***Intersect*** (Пересечение), которые запускаются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) или из плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

9. СТАНДАРТНЫЕ ТЕЛА

9.1. ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕД

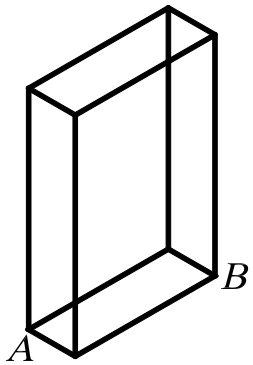


– Команда ***Box*** (Ящик) – формирование твердотельного параллелепипеда (ящика, куба) с ребрами, параллельными осям текущей системы координат, то есть основание параллелепипеда всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей ПСК. Команда ***Box*** (Ящик) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Box*** (Ящик) или щелчком мыши по пиктограмме ***Box*** (Ящик) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Center*** (Центр) – определяет параллелепипед с помощью указания его центральной точки;
- ***Cube*** (Куб) – создает куб, то есть параллелепипед, у которого все ребра равны;
- ***Length*** (Длина) – создает параллелепипед с заданными длиной (по оси X), шириной (по оси Y) и высотой (по оси Z) текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 98.

Построить параллелепипед	***№ 98***
 ***Box*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Box*** Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: 100,100 указать первый угол A основания параллелепипеда Specify corner or [Cube/Length]: 120,160 указать второй угол B основания параллелепипеда Specify height: 90 высота параллелепипеда	
	

9.2. КЛИН



– Команда ***Wedge*** (Клин) – построение прямой призмы («клина») с основанием в виде прямоугольного треугольника, параллельным плоскости ***XY*** текущей системы координат. Команда ***Wedge*** (Клин) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Wedge*** (Клин) или щелчком мыши по пиктограмме ***Wedge*** (Клин) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

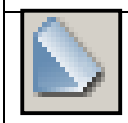
Основание клина всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей системы координат, при этом наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания. Высота клина может быть как положительной, так и отрицательной.

Опции команды:

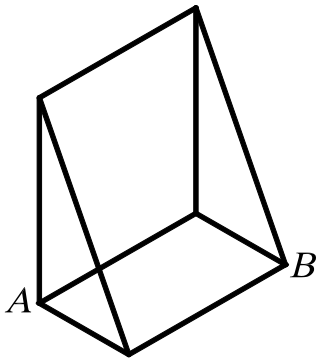
- ***CEnter*** (Центр клина) – точка пересечения диагоналей наклонной грани клина;
- ***Cube*** (Куб) – используется для построения призмы, вписанной в куб;
- ***Length*** (Длина) – используется для задания длин сторон нижней грани клина.

Выполнить упражнение № 99.

Построить клин (призму)	***№ 99***



Wedge Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Wedge***
Specify first corner of wedge or [Center] <0,0,0>: 150,130 указать точку A
Specify corner or [Cube/Length]: 190,200 указать точку B
Specify height: 80 высота.



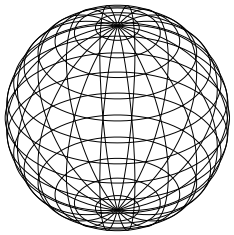
9.3. СФЕРА



– Команда ***Sphere*** (Сфера) – построение твердотельного шара (сферы), вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Sphere*** (Сфера) или щелчком мыши по пиктограмме ***Sphere*** (Сфера) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Сфера задается центром и радиусом (или диаметром), то есть при необходимости задания сферы центром и диаметром в командную строку ввести ***D*** (***Diameter)***. Ось вращения шара параллельна оси ***Z*** текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 100. Перед построением сферы, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить сферу	*№ 100*
	***Sphere*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Sphere*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of sphere <0,0,0>: 100,100,70 указать центр сферы Specify radius of sphere or [Diameter]: 50 величина радиуса
	

9.4. КОНУС



– Команда ***Cone*** (Конус) – построение твердотельного конуса, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Cone*** (Конус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cone*** (Конус) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Eliptical*** (Эллиптический) – используется для построения эллиптического конуса;
- ***Axis endpoint*** (Конечная точка оси) – создает эллиптическое основание конуса, для чего нужно указать точками длину одной оси и половину другой оси, как при построении эллипса. Выбор этой опции осуществляется автоматически при указании координат точки;
- ***Center*** (Центр) – позволяет задать эллиптическое основание конуса, для чего следует указать координаты его центральной точки и значение радиуса по каждой из осей эллипса;
- ***Apex*** (Вершина) – определяет высоту и ориентацию конуса, для этого нужно любым известным способом задать положение вершины конуса;
- ***Height*** (Высота) – устанавливает только высоту конуса, но не ориентацию. Ориентация определяется знаком, стоящим перед значением высоты: при знаке «+» высота откладывается в сторону положительного значения оси ***Z***, при знаке «-» - в сторону отрицательного значения оси ***Z***, то есть строится нижняя или верхняя полупола конуса;
- ***Center point*** (Центральная точка) – создает круговое основание;
- ***Radius*** (Радиус) – позволяет задать круговое основание конуса, для чего нужно ввести центр и радиус основания;
- ***Diameter*** (Диаметр) – используется, если необходимо задать диаметр основания конуса.

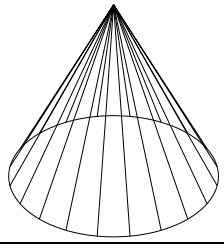
Выполнить упражнения № 101, 102.

Перед построением конуса, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить круговой конус ***№ 101***



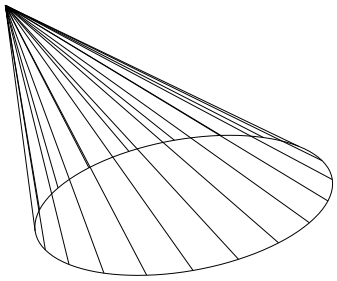
Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания
Specify radius for base of cone or [Diameter]: 45 радиус основания
Specify height of cone or [Apex]: 90 высота



Построить эллиптический конус ***№ 102***



Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: E
режим эллиптического конуса
Specify axis endpoint of ellipse for base of cone or [Center]: 100,100 указать первую точку первой оси эллипса (основания).
Specify second axis endpoint of ellipse for base of cone: 190,200 указать вторую точку первой оси эллипса (основания).
Specify length of other axis for base of cone: 30 указать длину половины второй оси эллипса (основания).
Specify height of cone or [Apex]: A режим для задания вершины конуса
Specify apex point: 110,100,90 координаты вершины конуса



9.5. ЦИЛИНДР



– Команда ***Cylinder*** (Цилиндр) – построение твердотельного цилиндра, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Cylinder*** (Цилиндр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cylinder*** (Цилиндр) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды ***Cylinder*** (Цилиндр) аналогичны опциям команды ***Cone*** (Конус). Ось цилиндра параллельна оси ***Z*** текущей системы координат. В данной команде опция ***Apex*** (Вершина) называется ***Center of other end*** (центр другого основания).

Выполнить упражнение № 103.

Построить цилиндр	***№ 103***

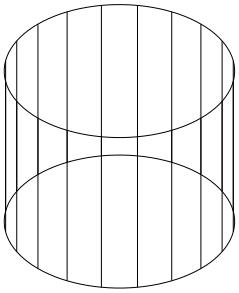
Cylinder Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cylinder***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 50 радиус основания

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 80 высота



9.6. ТОР

– Команда ***Torus*** (Тор) – построение твердотельного тора, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Torus*** (Тор) или щелчком мыши по пиктограмме ***Torus*** (Тор) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Тор (круговое кольцо) или открытый тор образуется при вращении окружности вокруг оси, лежащей в ее плоскости, но не проходящей через ее центр. У открытого тора различают внутреннюю часть – глобоид и внешнюю. Если окружность пересекает ось тора, то дуга окружности описывает поверхность, напоминающую форму мяча для регби, которая называется закрытым тором. У закрытого тора различают: тор-«яблоко» и тор-«веретено».

Для построения тора необходимо ввести значения двух радиусов: радиуса образующей окружности-трубы (***Tube***) и радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра образующей окружности-трубы (***Tube***).

Выполнить упражнения № 104 - 106.

Построить открытый тор	***№ 104***

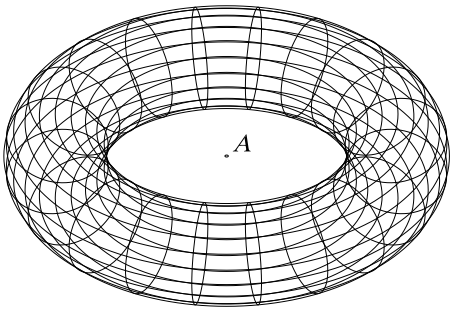
Torus Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus***

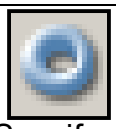
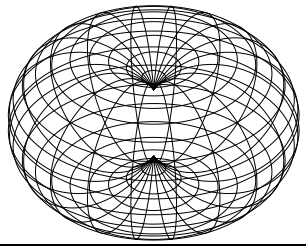
Current wire frame density: ISOLINES=20

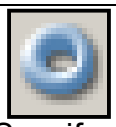
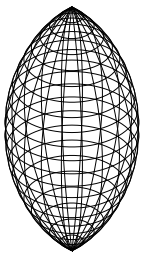
Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора – точка А

Specify radius of torus or [Diameter]: 100 указать радиус тора

Specify radius of tube or [Diameter]: 30 указать радиус образующей окружности-трубы



Построить тор-«яблоко»	*№ 105*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: 60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 70 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Построить тор-«веретено»	*№ 106*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: -60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 90 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Радиус тора можно задавать отрицательным значением, но тогда значение радиуса образующей окружности должно быть положительным и превосходить абсолютное значение радиуса тора, то есть в этом случае получается закрытый тор. Данное условие необходимо соблюдать, чтобы не получить в итоге пустое тело (тело без объема).

10. ТЕЛА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

10.1. ВЫДАВЛЕННОЕ ТЕЛО

 – Команда ***Extrude*** (Выдавить) – позволяет создавать твердотельные объекты путем «выдавливания» плоского контура (добавляя высоту). Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опция команды:

- ***Path*** (Траектория) – используется для «выдавливания» объекта вдоль направляющей траектории.
- ***Taper angle*** (Угол конусности) – используется для задания угла конусности создаваемого тела, то есть угла между направлением выдавливания и образующими боковых поверхностей тела.

Исходными объектами для «выдавливания» могут являться плоские грани (примитивы ***3D Faces***), замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). «Выдавливание» объекта происходит перпендикулярно плос-

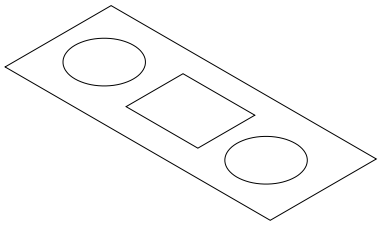
кости ***XY*** текущей системы координат. Объектами-направляющими, вдоль которых может производиться «выдавливание», могут служить отрезки, окружности, дуги окружностей, эллипсы, дуги эллипсов, полилинии или сплайны. При «выдавливании» контура вдоль направляющей угол его наклона относительно направляющей остается постоянным. При создании твердых тел исходные контуры удаляются.

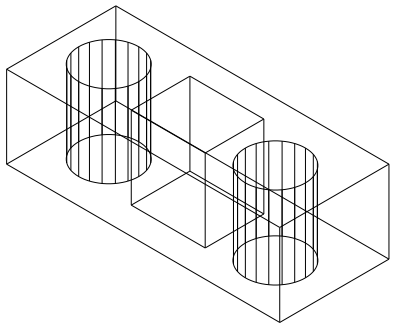
Выполнить упражнения № 107 – 110. Перед выполнением упражнений создайте плоские контуры типа ***Region*** или ***Pline***, ***3D Polyline***.

Построить выдавленное тело ***№ 107***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: Enter угол конусности равен нулю.

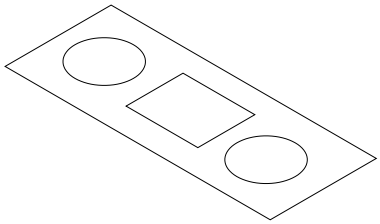


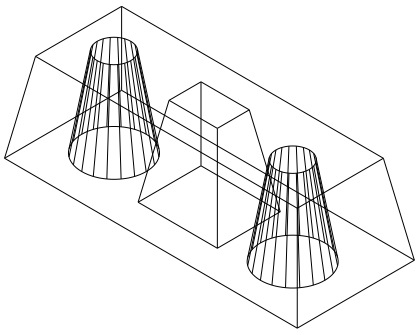


Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности ***№ 108***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: 10 угол конусности.





Значение угла конусности «выдавливаемого» тела должно лежать в пределах от -90^0 до $+90^0$, причем это значение не должно задавать создание самопересекающегося тела.

Построить выдавленное тело вдоль траектории полилинии ***№ 109***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

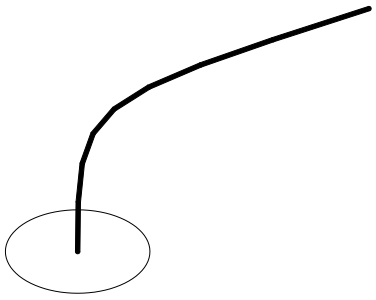
Current wire frame density: ISOLINES=20

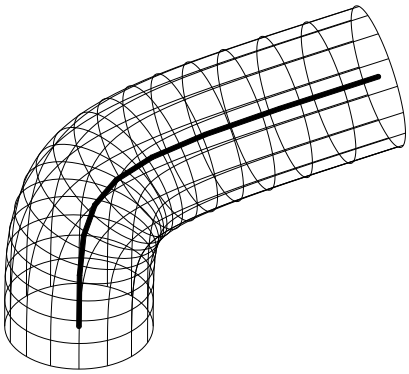
Select objects: указать на окружность

Select objects: Enter

Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: указать на полилинию





Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности, вдоль траектории полилинии ***№ 110***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Select objects: указать на окружность

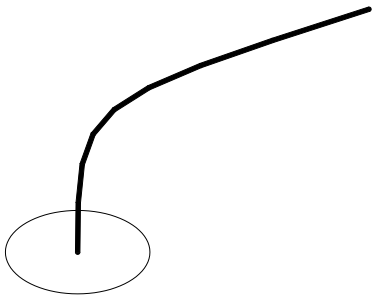
Select objects: Enter

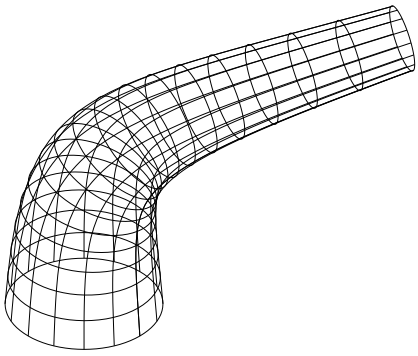
Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: T задать угол конусности

Specify angle of taper for extrusion <0>: 5 значение угла конусности

Select extrusion path: указать на полилинию.





10.2. ТЕЛО ВРАЩЕНИЯ



– Команда ***Revolve*** (Вращать) – позволяет создавать твердотельные объекты путем вращения плоского контура. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Revolve*** (Вращать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Revolve*** (Вращать) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

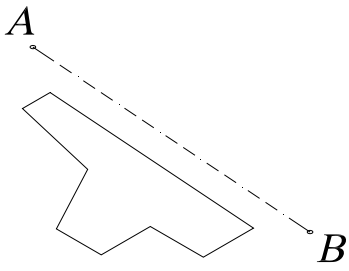
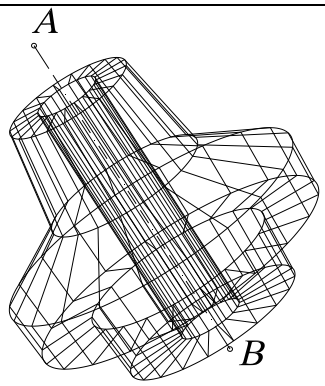
Исходными объектами для вращения могут служить замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). Объектами, задающими направление оси вращения, могут служить отрезки и плоские полилинии. В

последнем случае за ось вращения принимается линия, проходящая через начальную и конечную точки полилинии. При создании твердых тел вращения исходные контуры удаляются.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания оси, определяемой некоторым объектом, то есть необходимо указать объект, который определяет ось вращения;
- ***X (axis)*** (X ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью X текущей системы координат;
- ***Y (axis)*** (Y ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью Y текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 111.

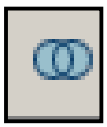
Построить тело вращения	***№ 111***
 ***Revolve*** Падающее меню ***Draw → Solids → Revolve*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Select objects: указать плоский контур Select objects: Enter Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: указать точку A на оси вращения Specify endpoint of axis: указать точку B на оси вращения Specify angle of revolution <360>: Enter угол поворота контура на 360^0. Установить точку зрения командой 3D Orbit.	
	

11. ТЕЛА, СОЗДАННЫЕ КОМБИНИРОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Для создания тел из базовых твердотельных примитивов в ***AutoCAD*** имеются команды, осуществляющие операции теории множеств:

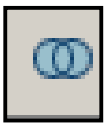
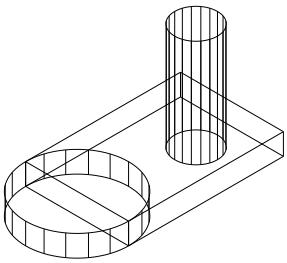
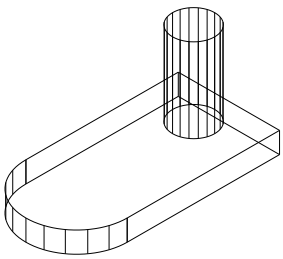
1. ***Union*** (Объединение) – создает сложный твердотельный объект путем объединения нескольких объектов;
2. ***Subtract*** (Вычитание) – позволяет создать новые область или твердотельный объект путем исключения (вычитания) аналогичных объектов. Например, эту команду можно использовать для получения сквозных цилиндрических отверстий в деталях путем вычитания цилиндров;
3. ***Intersect*** (Пересечение) – позволяет создать новый твердотельный объект, который является общей частью всех указанных объектов.

11.1. ОБЪЕДИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Union*** (Объединение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

Выполнить упражнение № 112.

Построить тело путем объединения заданных тел	***№ 112***
 ***Union*** Падающее меню ***Modify → Solids Editing → Union*** Select objects: указать точку на одном цилиндре Select objects: указать точку на втором цилиндре Select objects: указать точку на параллелепипеде Select objects: Enter	
	

Если указанные пользователем твердотельные объекты не пересекаются и не касаются друг друга, то система выполнит формальное объединение этих тел. При этом вновь созданный объект будет восприниматься системой как единое целое, хотя в физическом смысле такой объект будет являться набором отдельных невзаимосвязанных тел.

11.2. ВЫЧИТАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

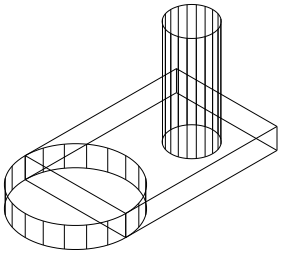
Вычитаемые объекты после выполнения команды удаляются. Если исходное и вычитаемое тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Subtract*** (Вычитание) будет просто удалено вычитаемое тело. Необходимо помнить, что после завершения указания исходных объектов, из которых необходимо исключить другие объекты, нужно нажать клавишу ***Enter***.

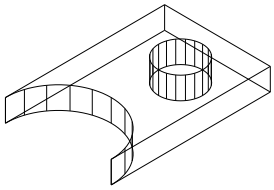
Выполнить упражнение № 113.

Построить тело путем вычитания заданных тел	*№ 113*

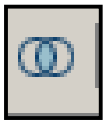


Subtract Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Subtract***
Select solids and regions to subtract from ..
Select objects: указать точку на параллелепипеде
Select objects: Enter
Select solids and regions to subtract ..
Select objects: указать один цилиндр
Select objects: указать второй цилиндр
Select objects: Enter





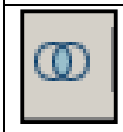
11.3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



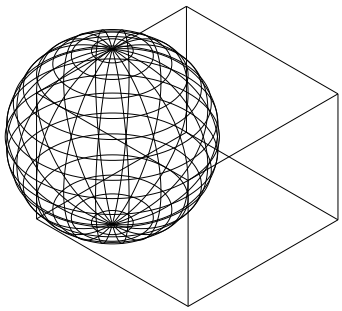
– Команда ***Intersect*** (Пересечение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Intersect*** (Пересечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Intersect*** (Пересечение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

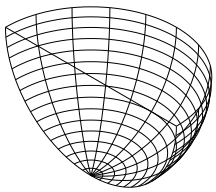
Выполнить упражнение № 114.

Построить тело путем пересечения заданных тел	*№ 114*



Intersect
Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Intersect***
Select objects: выбрать сферу, указав на её любую точку
Select objects: выбрать параллелепипед, указав на любую его точку
Select objects: Enter





Все исходные тела, на основе которых создается новый объект, удаляются. Если исходные тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Intersect*** (Пересечение) эти тела будут просто удалены.

12. ОБЩИЕ СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для редактирования любых трехмерных объектов могут применяться такие универсальные команды, как ***Properties*** (Свойства), ***Copy*** (Копировать), ***Erase*** (Удалить), ***Explode*** (Взорвать), ***Move*** (Переместить), ***OOPS*** (Восстанавливает уничтоженные командой ***Erase*** объекты), ***Redo*** (Отменяет действие одной предыдущей команды: ***Undo*** или ***U***), ***Scale*** (Масштабировать), ***Undo*** (Отменяет действие нескольких команд), а также средство редактирования ***Grips*** («Ручки»). Работа со всеми этими средствами ведется так же, как и при плоском черчении. Кроме того, существуют команды редактирования только в трехмерном пространстве, например, команды поворота, создания массива объектов, зеркальное отображение, снятие фаски, скругления, которые имеют рад особенностей в трехмерном моделировании. Ниже рассматриваются эти команды.

12.1. ПОВОРОТ ВОКРУГ ОСИ

В двумерном пространстве команда ***Rotate*** (Повернуть) производит поворот объекта вокруг указанной точки, при этом направление поворота определяется текущей пользовательской системой координат.

При использовании этой команды применительно к трехмерным объектам производится их поворот относительно оси, проходящей через заданную точку и перпендикулярной плоскости ***XY*** текущей системы координат. Ось поворота может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (***X***, ***Y***, ***Z***), текущего направления взгляда.

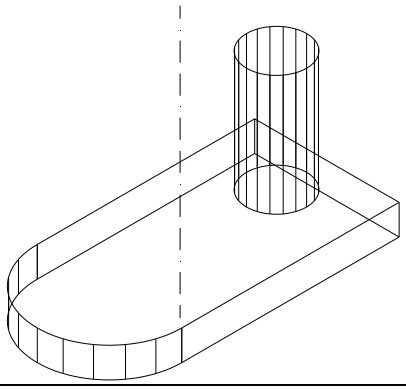
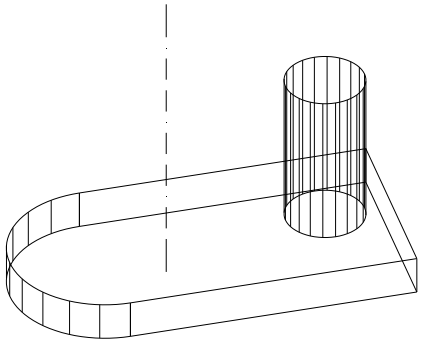
Команда ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) поворачивает объекты относительно произвольно направленной оси. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Rotate3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – поворот вокруг выбранного объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***View*** (Вид) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового экрана и проходящей через заданною точку, то есть ось перпендикулярна плоскости экрана;
- ***Xaxis*** (X ось), ***Yaxis*** (Y ось), ***Zaxis*** (Z ось) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления соответственно осей ***X***, ***Y***, ***Z*** и проходящей через заданную точку;
- ***2point*** (2 точки) – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки;
- ***Reference*** (Относительно) – используется для задания относительного угла поворота.

Для определения положительного направления вращения следует ориентировать большой палец правой руки в положительном направлении оси и согнуть остальные пальцы. Положительное направление вращения будет совпадать с направлением, указываемым согнутыми пальцами. Если ось задается двумя точками, то вторая точка указывает положительное направление оси.

Выполнить упражнение № 115.

Повернуть тело вокруг оси	***№ 115***
Rotate3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Rotate3D*** Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 Select objects: выбрать объект, который нужно повернуть Select objects: Enter Specify first point on axis or define axis by [Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: указать верхнюю точку на оси (начало оси) Specify second point on axis: указать нижнюю точку на оси (направление «+» оси) Specify rotation angle or [Reference]: 30 угол положительный, так как положительное направление оси вниз, а положительный угол определяется по правилу правой руки.	
	

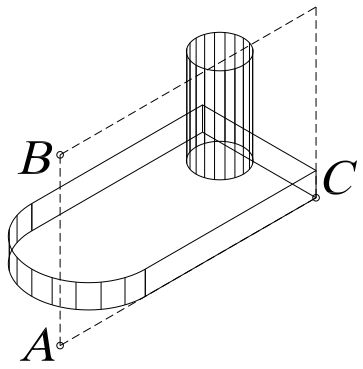
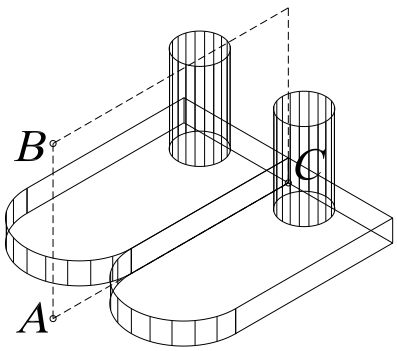
12.2. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТИ (ПЛОСКОСТНАЯ СИММЕТРИЯ)

Команда ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) позволяет создать зеркальную копию объектов относительно произвольно расположенной плоскости. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Mirror3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – отображение относительно выбранного плоского объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***Zaxis*** (Z ось) – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – отображение относительно плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – отображение относительно плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

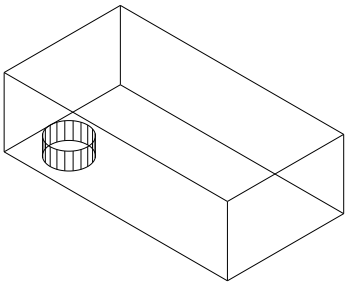
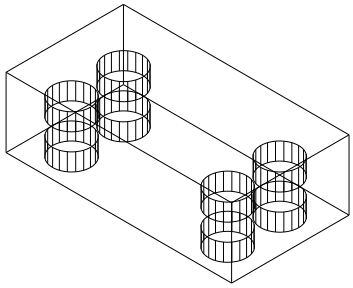
Выполнить упражнение № 116.

Построить плоскостную симметрию объекта	***№ 116***
Mirror3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Mirror3D*** Select objects: выбрать объект Select objects: Enter Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on mirror plane: указать точку B Specify third point on mirror plane: указать точку C Delete source objects? [Yes/No] <N>: не удалять исходный объект, если нужно удалить, то выбрать <Y>.	
	

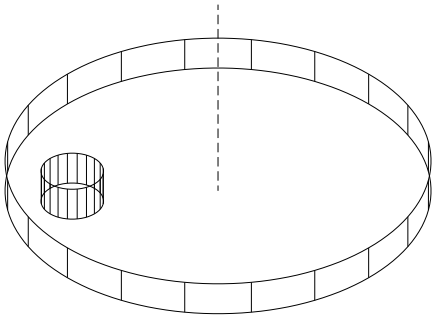
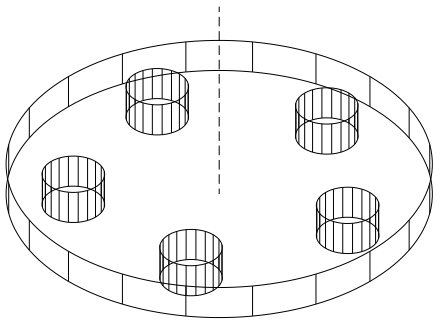
12.3. РАЗМНОЖЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫМ МАССИВОМ

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) создает в пространстве копии объектов в виде прямоугольного или полярного массива. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) **→** ***3D Operation*** (3М операции) **→** ***3DAarray*** (3М Массив) или вводом в командную строку слова ***3DAarray*** с клавиатуры.

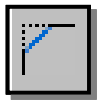
Выполнить упражнения № 117, 118.

Создать прямоугольный массив	***№ 117***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 ввести число рядов (вдоль оси Y) Enter the number of columns (|||) <1>: 2 ввести число столбцов (вдоль оси X) Enter the number of levels (...) <1>: 2 ввести число уровней (вдоль оси Z) Specify the distance between rows (---): 30 расстояние между рядами Specify the distance between columns (|||): 90 расстояние между столбцами Specify the distance between levels (...): 20 расстояние между уровнями	
	

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) отличается от аналогичной команды, применяемой в двухмерном моделировании, тем, что при создании прямоугольного массива объектов, кроме количества столбцов и строк, запрашивается количество уровней (задается вдоль оси ***Z*** от плоскости ***XY***), а при создании кругового (полярного) массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальная и конечная точки которой задаются в ответ на запросы команды.

Создать полярный массив	***№ 118***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>:P полярный массив Enter the number of items in the array: 5 число элементов массива Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: задать угол для построения Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: поворачивать элементы массива вокруг оси Specify center point of array: указать первую точку, лежащую на оси массива Specify second point on axis of rotation: указать вторую точку, лежащую на оси массива	
	

12.4. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛ



— Команда ***Chamfer*** (Фаска) позволяет создавать фаску (скошенную часть кромки) на пересечениях граней твердого тела, как и в двумерном пространстве. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

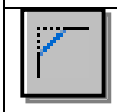
Опции команды:

- ***OK (current)*** (Да (текущая)) – используется для задания в качестве базовой текущей гран тела (при выборе, подсвеченной на графическом экране);
- ***Next*** (Следующая) – используется для выбора в качестве текущей соседней грани тела;
- ***Loop*** (Петля) – используется для задания создания фасок по всем ребрам базовой грани;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер.

При создании фасок между гранями твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

Выполнить упражнения № 119, 120. При выполнении упражнения № 119 создать тело, используя команду ***Subtract*** (Вычитание).

Снять фаску с ребра параллелепипеда ***№ 119***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(NOTRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A

Base surface selection... для выбора базовой поверхности

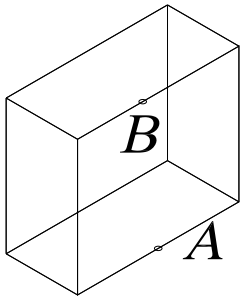
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

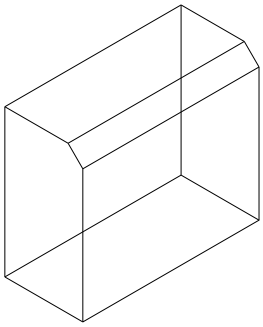
Specify base surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на другой поверхности

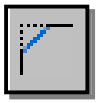
Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





Снять фаску с ребра трехмерного тела ***№ 120***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 40.0000, Dist2 = 40.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A верхней грани объекта

Base surface selection...

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: N режим выбора соседней грани (если на графическом экране при выборе подсвечивается другая грань)

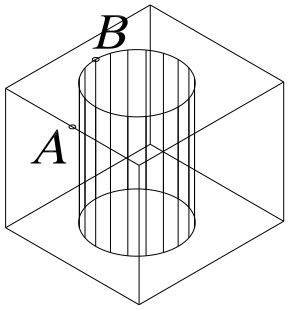
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

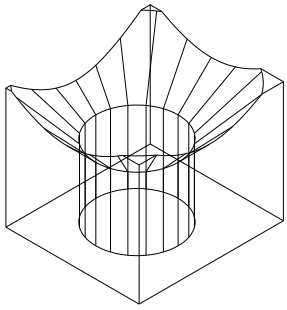
Specify base surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на другой поверхности

Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





12.5. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ ГРАНЕЙ



— Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Опции команды ***Fillet*** (Сопряжение):

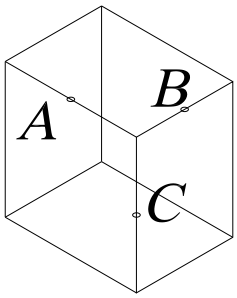
- ***Chain*** (Цепь) – используется для задания скруглений ребер, образующих цепочку;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер;
- ***Radius*** (Радиус) – используется для задания нового радиуса скругления.

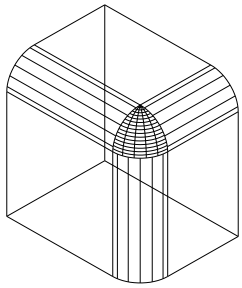
Выполнить упражнения № 121, 122.

Построить сопряжения граней трехмерного тела ***№ 121***

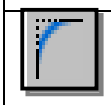


Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее скругляемое ребро – точка A
Enter fillet radius: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка B
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка C
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter
3 edge(s) selected for fillet.

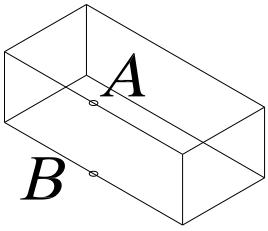


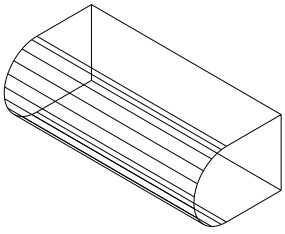


Построить сопряжение грани трехмерного тела ***№ 122***



Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее ребро (точка A)
Enter fillet radius <10.0000>: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать верхнее ребро (точка B)
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter





При создании скруглений ребер твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

12.6. ПОСТРОЕНИЕ СЕЧЕНИЙ



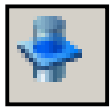
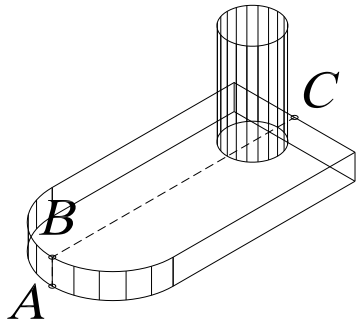
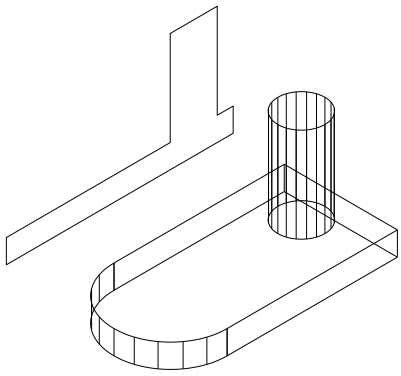
– Команда ***Section*** (Сечение) – позволяет построить сечения (в виде замкнутых областей) твердотельных объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Section*** (Сечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Section*** (Сечение) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – сечение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

В результате выполнения команды создаются объекты типа ***Region***. При применении к этим объектам команды ***Explode*** они разбиваются на отдельные линии, дуги или окружности.

Выполнить упражнение № 123.

Построить сечение трехмерного тела	***№ 123***
 ***Section*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Section*** Select objects: указать объект Select objects: Enter Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on plane: указать точку B Specify third point on plane: указать точку C Переместить полученное сечение.	
	

12.7. ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ



– Команда ***Slice*** (Разрез) – позволяет разрезать набор тел плоскостью и при необходимости удалить отсеченные части объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Slice*** (Разрез) или щелчком мыши по пиктограмме

Slice (Разрез) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – разрез относительно плоскости, проходящей через три заданные точки;
- ***keep Both sides*** (сохранить Обе стороны) – оставляет обе части разрезанного тела.

Выполнить упражнение № 124.

Построить разрез трехмерного тела ***№ 124***



Slice Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Slice***

Select objects: указать объект

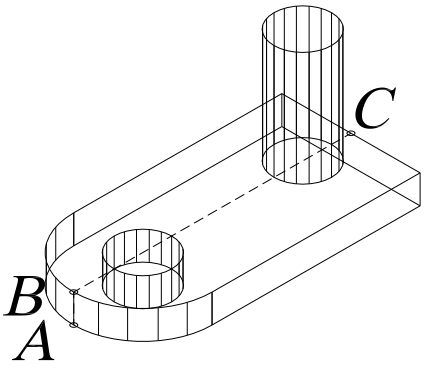
Select objects: Enter

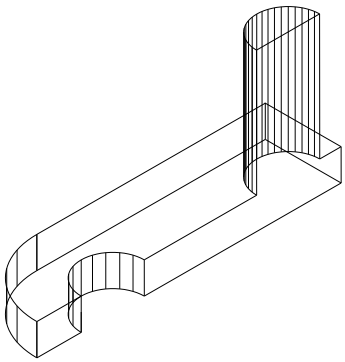
Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A

Specify second point on plane: указать точку B

Specify third point on plane: указать точку C

Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]: указать курсором точку той части тела, которую надо оставить.





13. РЕДАКТИРОВАНИЕ ГРАНЕЙ, РЕБЕР, ТЕЛ

Команда ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов) используется для выполнения следующих возможных действий: выдавливание, перенос, поворот, смещение, изменение формы тела путем наклона, удаление, копирование, изменение цвета. Команды вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

При вызове команды на первый запрос необходимо ввести опцию редактирования тел:

- ***Face*** (Грань) – используется для перехода в режим редактирования граней твердого тела;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для перехода в режим редактирования ребер твердого тела;
- ***Body*** (Тело) – используется для редактирования общих свойств тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего результата редактирования;
- ***eXit*** (Выход) – используется для завершения работы с командой.

13.1. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГРАНЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Face*** (Грань), которая вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Extrude*** (Выдавить) – используется для изменения формы тела путем «выдавливания» одной из граней;
- ***Move*** (Переместить) – используется для изменения формы тела путем переноса его граней;
- ***Rotate*** (Поворот) – используется для изменения формы тела путем поворота его граней;
- ***Offset*** (Сместить) – используется для изменения формы тела путем эквидистантного смещения его граней на определенное расстояние;
- ***Taper*** (Сузить) – используется для изменения формы тела путем наклона его граней;
- ***Delete*** (Удалить) – используется для изменения формы тела путем удаления его отдельных граней;
- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания поверхности, повторяющей конфигурацию граней тела;
- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета граней тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования граней;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов).

Выполнить упражнения № 125- 132.

Выдавить грань трехмерного тела ***№ 125***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A (R используется для исключения грани из набора выбранных граней)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

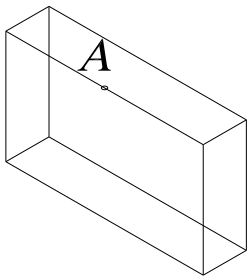
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

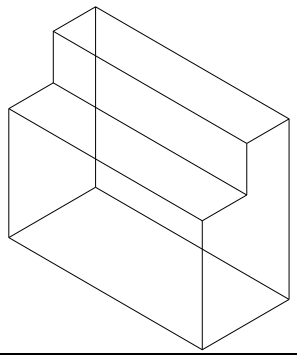
Specify angle of taper for extrusion <0>: угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Enter

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Выдавить грань трехмерного тела ***№ 126***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A на передней грани параллелепипеда

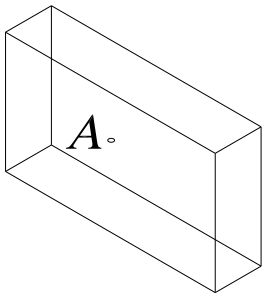
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

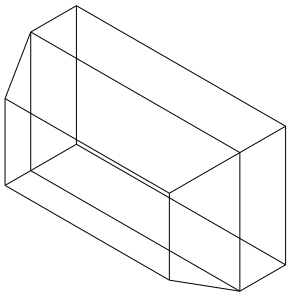
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

Specify angle of taper for extrusion <0>: 25 угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Переместить грань трехмерного тела	*№ 127*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Move faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face грань

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _move

Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)

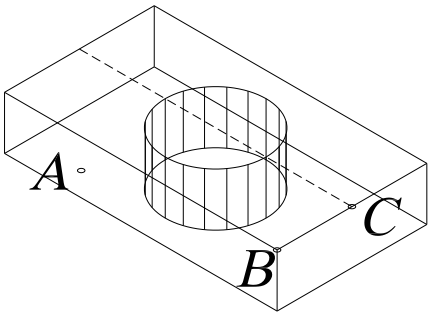
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

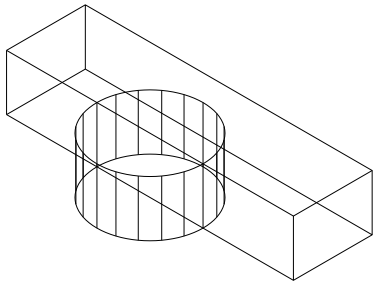
Specify a base point or displacement: указать точку B

Specify a second point of displacement: указать точку C

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Повернуть грань трехмерного тела	*№ 128*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Rotate faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _rotate

Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

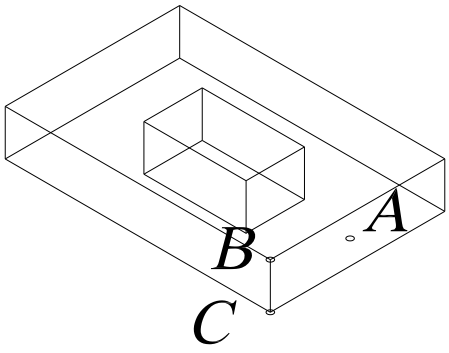
Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>: точка B

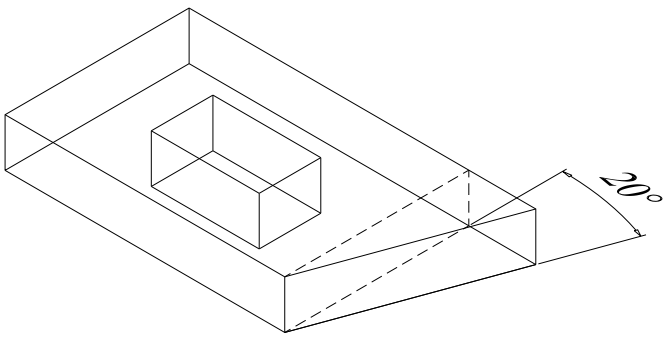
Specify the second point on the rotation axis: точка C на оси поворота

Specify a rotation angle or [Reference]: 20 угол поворота

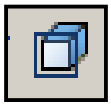
Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



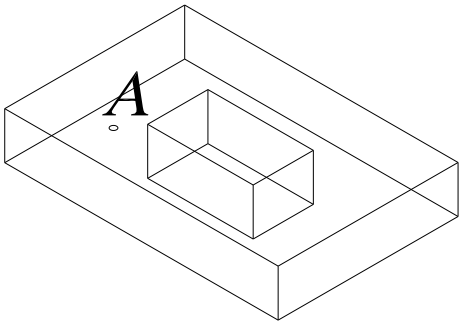


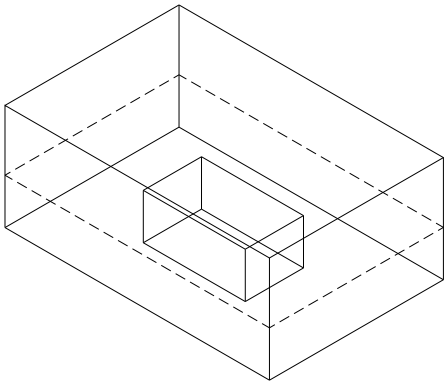
Сместить грань трехмерного тела *№ 129*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Offset faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _offset
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the offset distance: 20 величина смещения
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



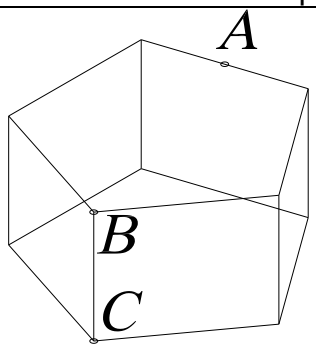


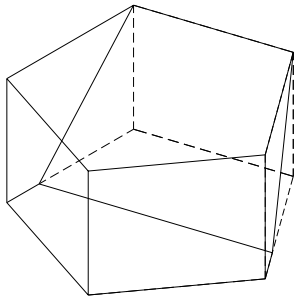
Наклонить грань трехмерного тела *№ 130*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Taper faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _taper
Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the base point: указать базовую точку B
Specify another point along the axis of tapering: указать точку C на оси
Specify the taper angle: 40 угол наклона грани
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

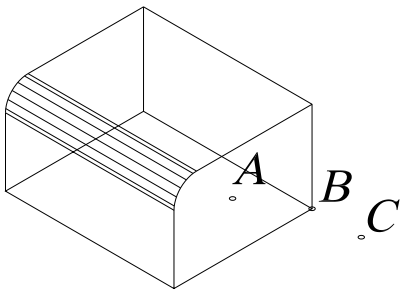


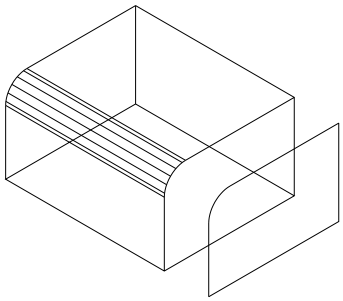


Скопировать грань трехмерного тела	*№ 131*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Copy faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _copy
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать базовую точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

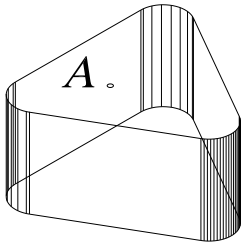


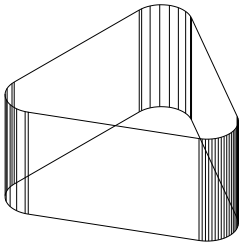


Изменить цвет грани трехмерного тела	*№ 132*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ CoLor faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _color
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





13.2. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ РЕБЕР ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Edge*** (Ребро), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:



- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания объектов, повторяющих конфигурацию ребер тела (дальнейшие действия аналогичны выполнению команды ***Copy*** в двумерном пространстве);



- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета ребер тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования ребер;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

13.3. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ОБЩИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Body*** (Тело), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Imprint*** (Вписать 0 – используется для построения линий пересечения тела с другими объектами (Yes (Да) – используется, если после построения линии пересечения объект, которому эта линия соответствует, должен быть удален; No (Нет) – используется, если удалять объект не надо);
- ***seParate solids*** (или ***P***) (Разделить) – используется для разделения на самостоятельные тела объектов, которые воспринимаются системой как единые тела, но физически ими на являются (например, тела, полученные в результате действия команды ***Subtract*** (Вычитание) или ***Union*** (Объединение);
- ***Shell*** (Оболочка) – используется для формирования твердотельной оболочки на основе указанного тела, то есть создает эквидистантные поверхности;
- ***cLean*** (или ***L***) (Очистить) – используется для удаления с поверхности тела, указанного пользователем, всех линий пересечения этого тела с другими объектами;
- ***Check*** (Проверить) – используется для перевода твердотельного объекта, указанного пользователем, в формат ***ACIS***, имеющий более широкие возможности по вычислению формы тел сложной конфигурации;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования свойств тела;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

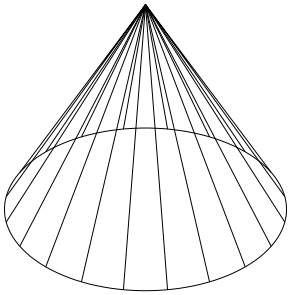
Выполнить упражнение № 133.

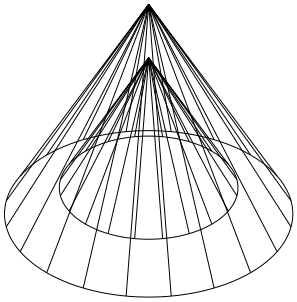
Создать оболочку трехмерного тела	*№ 133*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Shall***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _body
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: _shell
Select a 3D solid: указать тело (указать на теле произвольную точку)
Remove faces or [Undo/Add/ALL]: Enter
Enter the shell offset distance: 10 толщина оболочки
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: Esc





14. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Рассмотрим построение на примере создания трехмерной модели детали, чертеж которой представлен на рис. 166. Ниже описана лишь одна из возможных последовательностей моделирования данного изделия.

1. Создать новый рисунок с помощью команды ***NEW*** (НОВЫЙ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл) → ***New***…(Новый…), или щелчком по пиктограмме ***New*** (Новый) стандартной панели инструментов.

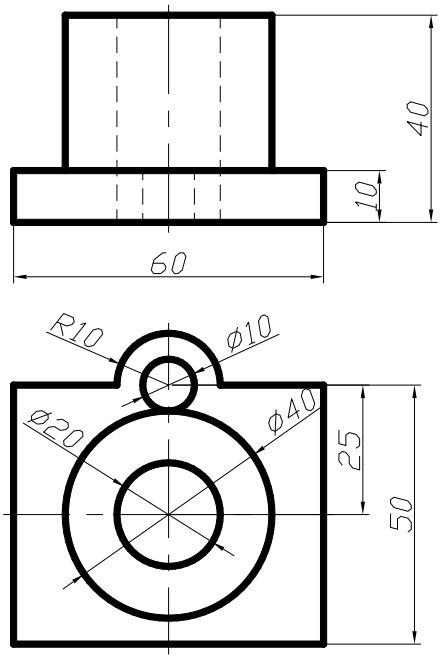


Рис. 166.

2. Для вызова мастера подготовки в диалоговом окне ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка) выбрать пиктограмму ***Use a Wizard*** (Вызов мастера). Далее в списке ***Select a Wizard:*** (Выберите Мастера:) выбрать ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка).

3. В диалоговом окне ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка) при определении области черчения ***Area*** (Площадь) установить размеры чертежа 210x297 (формат А4).

4. Щелчком мыши на кнопке ***GRID*** (Сетка) в строке состояния (или клавишей ***F7***) включить отображение сетки на графическом экране.

5. Отобразить всю область чертежа на экране командой ***Zoom*** (Показать), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Zoom*** (Показать) → ***All*** (Все), или щелчком по пиктограмме ***Zoom All*** (Показать все) стандартной панели инструментов.

6. Сохранить рисунок с помощью команды

QSAVE (БСОХРАНИТЬ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл)→***Save*** (Сохранить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Save*** (Сохранить) стандартной панели инструментов.

7. Установить значение системной переменной ***ISOLINES***, равное 10, что соответствует количеству образующих линий, отображаемых на кривых поверхностях.
8. Создать три видовых экрана с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны), см. упражнение № 90.
9. Установить направление взгляда в трех видовых экранах, см. упражнение 91. Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.
10. С помощью команд ***Pline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность) создать горизонтальную проекцию детали.
11. Используя команду ***Extrude*** (Выдавить), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела), «выдавить» полученную горизонтальную проекцию на соответствующие величины.
12. Выполнить логические преобразования. Объединить параллелепипед и внешний большой цилиндр с помощью команды ***Union*** (Объединение), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел). Затем из полученного тела вычесть внутренний большой и маленький цилиндры с помощью команды ***Subtract*** (Вычитание). Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).
13. Подавить невидимые линии командой ***HIDE*** (СКРЫТЬ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)→***Hide*** (Скрыть линии) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть линии) плавающей панели инструментов ***Render*** (Тонировать).
14. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
15. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа)→***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
16. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
17. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка)→***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).

Для получения блока, которым можно воспользоваться при создании любых чертежей в ***AutoCAD***, применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК). Она загружает окно ***White Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 167, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном рисунке.

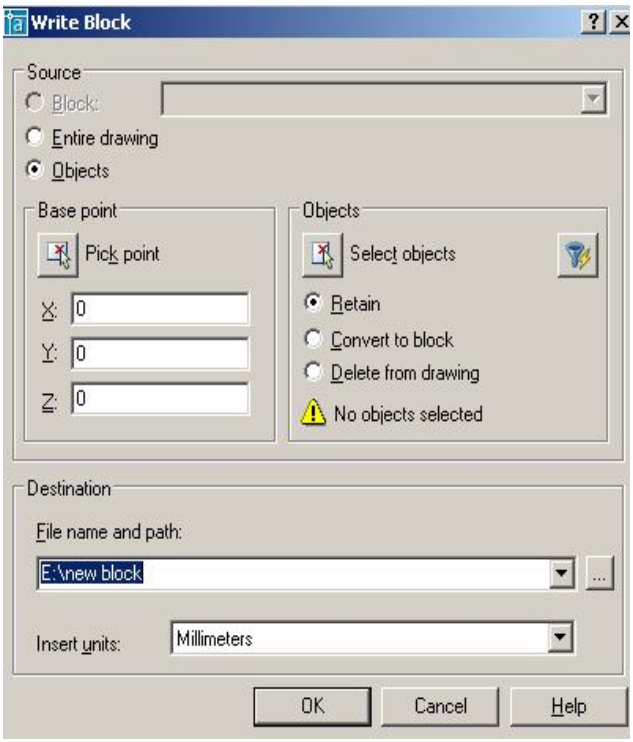


Рис. 167.

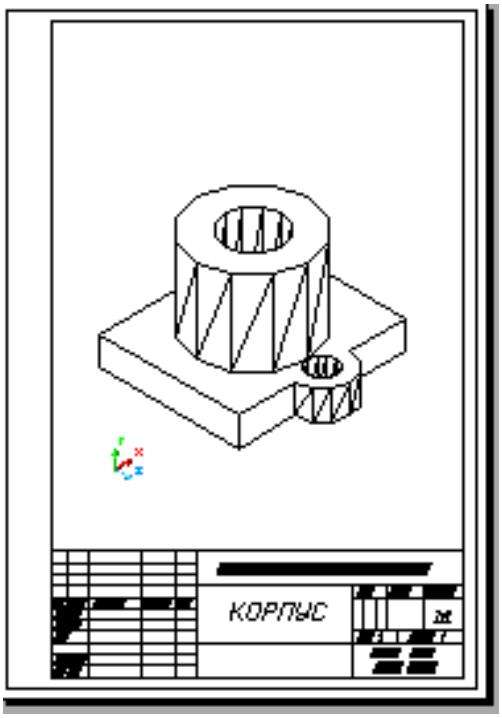


Рис. 168.

18. Создать на листе видовой экран с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***Single*** (1 Вид), а затем указать мышью на графическом экране первый угол видового экрана и второй угол видового экрана.

19. Установить изометрический вид, для чего нужно «войти» в пространство модели (щелкнув два раза клавишей внутри полученной рамки). Затем отредактировать вид, используя команду ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

20. Удалить рамку видового экрана, для этого необходимо выделить рамку, щелкнув клавишей на ней, и «заморозить» слой ***VPORTS*** (этот слой автоматически создается при работе с видовыми окнами).

21. В пространстве листа заполнить основную надпись. Для выхода в пространство листа нужно щелкнуть два раза клавишей за пределами видового окна. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 168.

15. ПЕРЕКРЫВАЮЩИЕСЯ ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ. СОЗДАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ



Команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) автоматизирует процесс создания *перекрывающихся видовых экранов* и ортогональных проекций – проекций на взаимно перпендикулярные плоскости. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***UCS*** (ПСК – пользовательская система координат) – создает вид, параллельный плоскости ***XY*** пользовательской системы координат, которую требуется указать в последующем запросе.

- ***Ortho*** (Ортогональный) – создает вид, перпендикулярный существующему виду, то есть создает ортогональные проекции;
- ***Auxiliary*** (Вспомогательный) – создает дополнительный наклонный вид относительно существующего вида, то есть получаемый на плоскости, непараллельный основным плоскостям проекций;
- ***Section*** (Сечение) – служит для формирования разрезов.

Для каждого создаваемого командой ***SOLVIEW*** (Настройка вида) видового экрана автоматически создается несколько новых слоев. Эти слои имеют имя, совпадающее с именем видового экрана, к которому добавляются расширения, состоящие из трех букв:

- ***DIM*** – слой для размеров;
- ***HAT*** – слой штриховки (только при построении разрезов);
- ***HID*** – слой невидимых линий;
- ***VIS*** – слой видимых линий.

Эти слои можно использовать только для работы с видами, созданными системой ***AutoCAD***. Помимо указанных слоев команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) создает слой VPORTS, на котором размещается общая информация о всех видовых экранах, созданных командой, например, рамки, ограничивающие видовые экраны (если этот слой заморозить, то рамки станут невидимыми).

Замечания:

- Задачи моделирования, такие, как создание и редактирование геометрических объектов, обычно выполняются на вкладке графического поля экрана ***Model*** (Модель). Задачи оформления чертежа, такие, как создание и размещение проекций, проведение осей симметрии, нанесение условных обозначений, выполняются на вкладке графического поля экрана ***Layout*** (Лист). Размеры обычно проставляются на вкладке ***Model*** (Модель).
- На вкладке ***Layout*** (Лист) можно работать как в пространстве модели, так и в пространстве листа. Для того чтобы сделать текущим пространство модели, необходимо поместить курсор мыши в нужный видовой экран и дважды щелкнуть левой клавишей. Для перехода в пространство листа надо переместить указатель за границы видовых экранов и дважды щелкнуть левой клавишей мыши. Можно также переключаться из пространства модели в пространство листа при помощи кнопки в строке состояния.

После созданных плавающих видовых экранов выполняется команда ***SOLDRAW*** (Настройка рисования), которая формирует плоские изображения видов и разрезов в плавающих видовых экранах. При этом строятся видимые и невидимые линии, создающие очерки и ребра тела, а в разрезах выполняется штриховка по установленному шаблону. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку. В ответ на последовательность запросов ***Select object:*** следует указать рамки всех видовых экранов.



ПРИМЕР. Построить твердотельную модель и создать на основании построенной твердотельной модели детали (рис. 166) следующие проекции: фронтальный вид, горизонтальный и профильный разрез.

Создается твердотельная модель (описание построения см. в предыдущем параграфе). Затем используют следующий алгоритм.

1. Установить пользовательскую систему координат (ПСК) параллельно главному виду детали. Для этого необходимо воспользоваться командой ***UCS*** (ПСК), вызвав её из падающего меню ***Tools*** (Сервис) → ***New UCS*** (Новая ПСК) → ***3 Point*** (3 Точки) или из стандартной панели инструментов ***UCS*** (ПСК).

2. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
3. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа) → ***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
4. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
5. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка) → ***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).
6. Создать на чертеже видовые экраны со следующими видами: видом спереди, видом сверху и профильным разрезом, используя команду ***SOLVIEW*** (Настройка вида), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

1) *Получение главного вида – фронтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: U
Enter an option [Named/World/?/Current] <Current>: Enter
Enter view scale <1>: указать масштаб
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Front – ввести имя формируемого вида

2) *Получение вида сверху – горизонтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: O ортогональный режим
Specify side of viewport to project: указать верхнюю границу видового экрана главного вида
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Top – ввести имя формируемого вида

3) *Получение профильного разреза:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: S – сечение
Specify first point of cutting plane: _cen – указать на горизонтальной проекции первую точку режущей плоскости при помощи объектной привязки – центр окружности
Specify second point of cutting plane: @0,0,60 – указать на главном виде вторую точку режущей плоскости при помощи относительных координат
Specify side to view from: указать на виде сверху сторону, которая остается на изображении.
Enter view scale <1>: Enter
Specify view center: указать центр вида
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Section – ввести имя формируемого вида
Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: Enter – завершить работу.

В результате получается изображение, представленное на рис. 169.

7. Выполняют команду ***SOLDRAW*** (Настройка рисования) для формирования в каждом видовом экране плоских изображений. При этом на разрез наносится штриховка (по образцу ***Angle***); все невидимые линии в каждом видовом экране помещаются на слои с суффиксом ***HID*** (<имя>-***HID***), а видимые – на слои с суффиксом ***VIS***. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку.

1. Меняют шаблон штриховки. Для этого переходят в пространство модели, выделяют видовой экран «разрез», затем щелчком левой клавиши мыши выделяют штриховку и вызывают контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. В контекстном меню выбирают команду ***HATCHEDIT*** (Редактирование штриховки) и в раскрывшемся диалоговом окне выбирают шаблон штриховки ***ANSI31***.
2. Удаляют невидимые линии на всех проекциях, кроме вида спереди. Для этого «замораживают» соответствующие слои.
3. В пространстве листа наносят оси симметрии.
4. Удаляют рамки видовых экранов, для чего «замораживают» слой ***VPORTS***.
5. На слоях ***VIS*** устанавливают толщину 0,3 мм.
6. В пространстве модели «размораживают и устанавливают текущим слой видового экрана, содержащего вид спереди, с суффиксом DIM, и проставляют необходимые размеры.
7. В пространстве листа заполняют основную надпись. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 170.

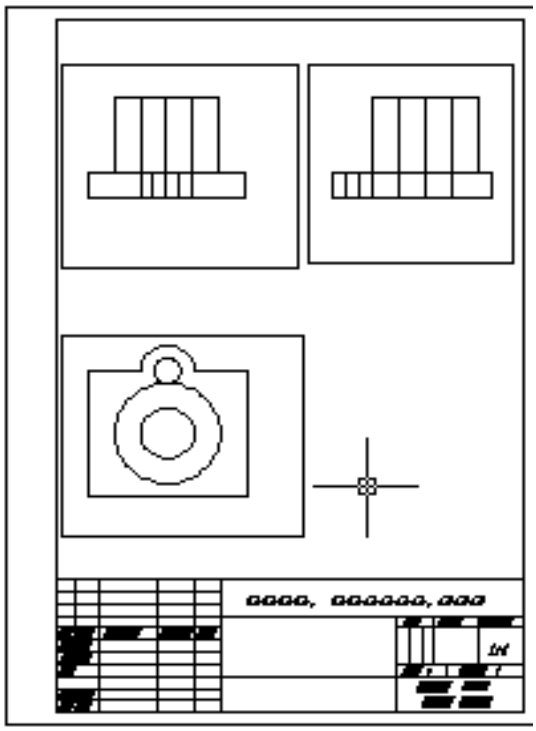


Рис. 169.

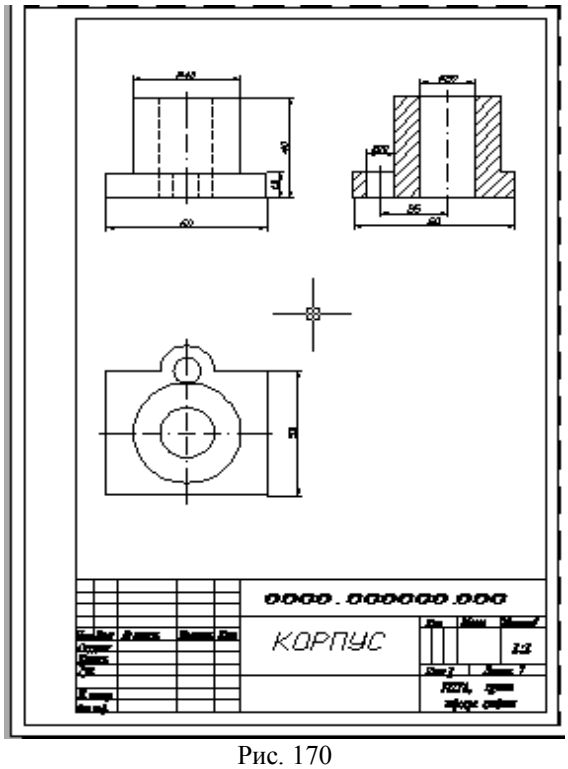


Рис. 170

16. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В процессе создания трёхмерной модели какого-либо изделия пользователь имеет дело с *каркасным* представлением модели. Все грани моделируемого объекта прозрачны, а потому на экране отображаются как видимые, так и невидимые ребра и изолинии криволинейных поверхностей. Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя разнообразные средства, позволяющие получить изображение трёхмерного объекта, близкое к ре-

альному. По степени сложности выполняемого преобразования и соответственно по качеству результата получаемые с помощью этих средств представления объекта на экране можно разделить на три группы:

- изображения со *скрытием невидимых линий и поверхностей* (***HIDE***);
- раскрашенные изображения *с нанесением теней* (***SHADE***);
- тонированные изображения с учетом характеристик материала, из которого «создан» объект, характеристик источников освещения и их расположения (***RENDER***).

16.1. УДАЛЕНИЕ НЕВИДИМЫХ ЛИНИЙ



Сложные трёхмерные объекты часто оказываются перегруженными множеством линий, что затрудняет чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) позволяет подавить скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Hide*** (Скрыть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть) плавающей панели инструментов ***RENDER*** (ТОНИРОВАТЬ).

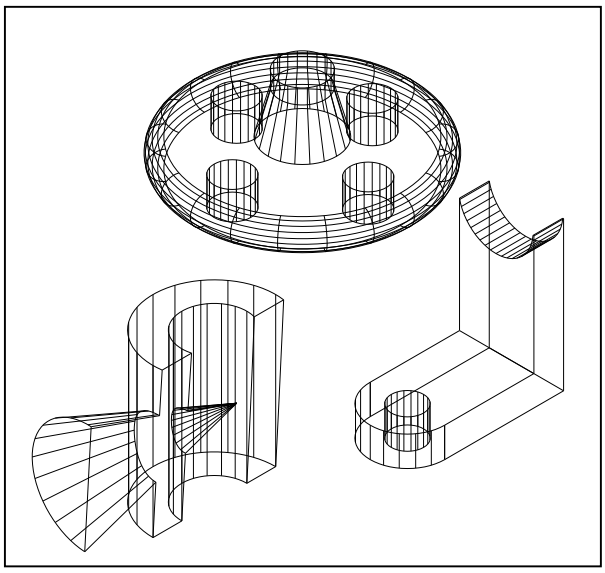
Выполнить упражнение № 134.

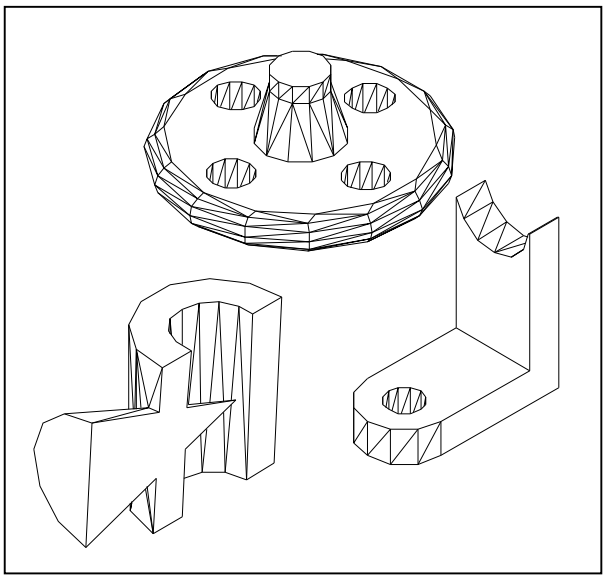
Удалить невидимые линии ***№ 134***



HIDE

Падающее меню ***VIEW → HIDE***





16.2. РАСКРАШИВАНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Раскрашивание – это упрощённая версия тонирования в ***AutoCAD***. Раскрашивание используется, когда необходимо быстро получить наглядное представление модели, особенно включающей пространственные объекты с поверхностями. При этом предусматривается наличие одного источника света, который автоматически размещается позади камеры. Для выполнения раскрашивания выберите в меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Shade*** (Раскрашивание) или введите в командную строку команду ***SHADEMODE***. Ниже перечислены опции этой команды.

- ***2D wireframe*** (2М каркас). Отображение объектов в привычной каркасной модели без всякого раскрашивания;
- ***3D wireframe*** (3М каркас). Отображение объектов в виде каркасной модели, но вместе с трёхмерной пиктограммой ПСК;
- ***Hidden*** (Срыть). Эквивалентна выполнению команды **HIDE**;
- ***Flat Shaded*** (Без тени).Формирование «плоской» без полутонов заливки областей, ограниченных контурами граней. При этом не учитывается ориентация граней, а соответственно и изменение вследствие этого их освещённости;
- ***Gouraud shaded*** (Гуро). Формирование сглаженного полутонового перехода между поразному ориентированными гранями. В результате создаётся реалистичное представление объекта, подчёркивающее его криволинейную пространственную форму;
- ***Flat Shaded, Edges On*** (Без тени с кромками). Комбинация плоской заливки с каркасным представлением ребер. Именно этот вариант рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов;
- ***Gouraud shaded, Edges On*** (Гуро с кромками). Комбинация раскрашивания по методу Гуро с выводом каркасного представления рёбер. Этот вариант также рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов.

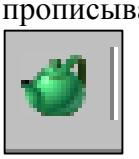
16.3. ТОНИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Панель инструментов RENDER (Тонировать) (рис.171).



Рис. 171.

Плавность тонированных тел с криволинейными поверхностями регулирует системная переменная ***FACETRES***. Она связана с точностью аппроксимации, заданной в команде ***VIEWRES*** (НАСТРВИД). Если значение системной переменной ***FACETRES*** равно 1, степень аппроксимации криволинейных поверхностей тел равна степени аппроксимации окружностей, дуг и эллипсов. Если этой переменной присвоить значение 2, точность аппроксимации для тел будет вдвое выше, чем для окружностей, дуг и эллипсов и т. д. Значение ***FACETRES*** по умолчанию равно 0.5. Диапазон допустимых значений – от 0.01 до 10. Для изменения значения ***FACETRES*** в командной строке прописывается слово ***FACETRES***↵ / прописывается числовое значение от 0.01 до 10.



Диалоговое окно ***RENDER*** (Тонировать) загружается командой ***RENDER*** (Тонировать), которая вызывается из падающего меню Падающее меню ***View*** (Вид)⇒ ***Render…*** (Тонировать…) ⇒ ***Render*** (Тонировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов.

Вывод тонированного изображения определяется в области ***Destination*** (Место назначения), для чего нужно выбрать одно из трёх значений раскрывающегося списка:

- ***Viewport*** (Видовой экран) – вывод изображения в видовой экран;
- ***Render Window*** (Окно) – отдельное окно ***Render***;
- ***File*** (Файл) – в файл.

Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя три вида тонирования:

- ***Render*** (Упрощенное) - тонирование без добавления источников света, присвоения материалов и определения сцен. Данный режим предоставляет наименьшие возможности на-

стройки и моделирования различных эффектов визуализации, но позволяет быстрее всего получить результаты;

- ***Photo Real*** (Фотореалистичное) – более реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также моделировать различные эффекты при отображении теней;
- ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) – ещё более реалистичное тонирование, основанное на алгоритме обратной трассировки световых лучей для регенерации отражения, преломления и точного определения освещённости.

Загрузка системы тонирования происходит автоматически при первом запуске команды тонирования: ***RENDER*** (Тонировать), ***SCENE*** (СЦЕНА), ***LIGHT*** (СВЕТ), ***RMAT*** (МАТЕРИАЛ), ***MATLIB*** (Библиотека Материалов), ***BACKGROUND*** (ФОН) и др.

Выполнить упражнение № 135.

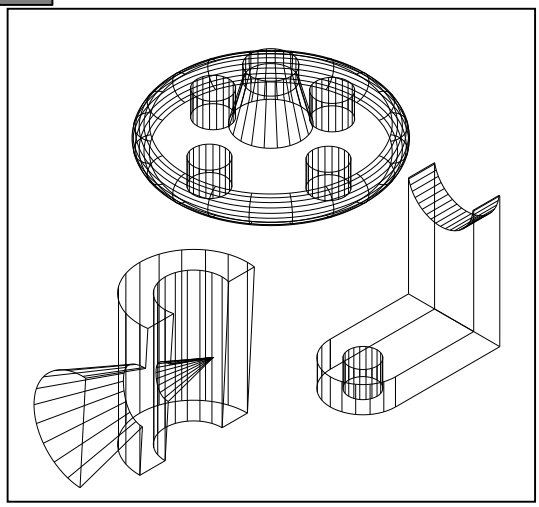
Тонировать объекты ***№ 135***

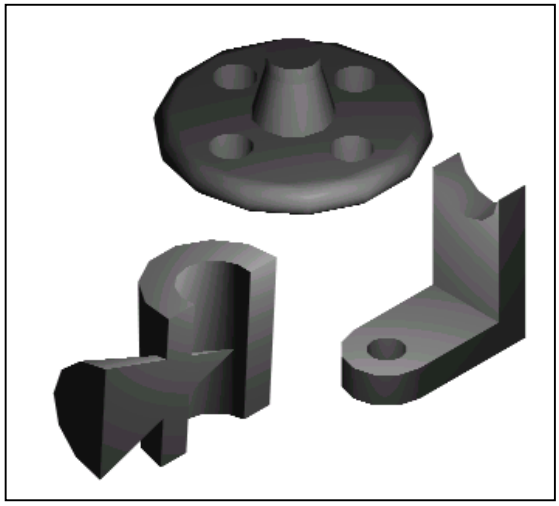


RENDER

Падающее меню ***VIEW → RENDER → RENDER***

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.4. ВКЛЮЧЕНИЕ ФОНА В ИЗОБРАЖЕНИЕ СЦЕНЫ

В ***AutoCAD*** имеется несколько функций для добавления фона в создаваемую сцену. В качестве фона можно выбрать изображение неба, добавить элементы ландшафта и др., вызываемой командой ***BACKGROUND*** (ФОН).



Команда ***BACKGROUND*** (ФОН) загружается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render…***(Тонировать…)⇒***Background*** (Фон) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. Существуют четыре типа фона, которые выбираются соответствующими переключениями:

- ***Solid*** (Сплошной) – сплошной одноцветный фон, выбранный из палитры цветов;
- ***Gradient*** (Переход). Фон содержит до трёх цветов, плавно переходящих друг в друга;
- ***Image*** (Изображение) – фон в виде растровой картинки. Эту картинку можно изменять по размеру и положению, а также можно размножить по прямоугольной сетке, заполняя весь фон;
- ***Merge*** (Слияние). Позволяет использовать в качестве фона текущее изображение на экране ***AutoCAD***. Это имеет смысл в том случае, когда тонирование выполняется только по отношению к части экрана. В результате формируется совмещённое изображение тонированного объекта и нетонированного фона.

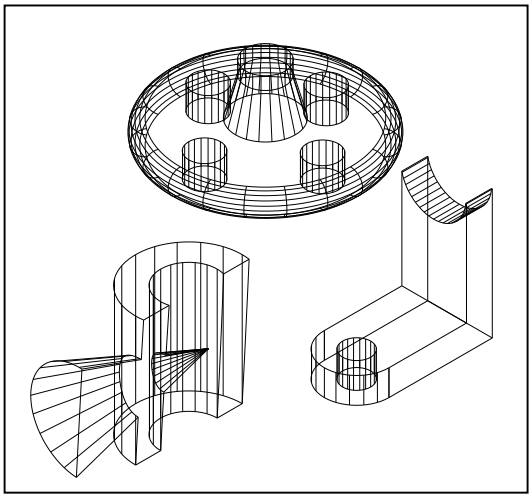
Выполнить упражнение № 136.

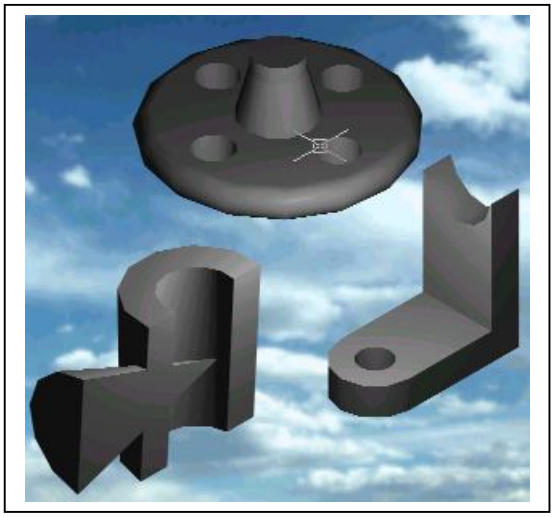
Тонировать объекты с установкой тона ***№ 136***



BACKGROUND

Падающее меню ***VIEW → RENDER → BACKGROUND***
В диалоговом окне BACKGROUND установить режим Image.
В области Image в поле Name ввести имя файла sky.tga
или найти другой файл, нажав кнопку Find File (Найти файл)
В диалоговом окне Render нажать кнопку Render

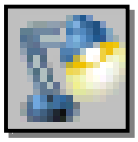




16.5. НАСТРОЙКА ОСВЕЩЕНИЯ

При настройке процесса тонирования по умолчанию ***AutoCAD*** использует один источник света позади камеры. Однако это редко бывает достаточно. В ***AutoCAD*** имеется четыре вида источника света: рассеянный свет (***Ambient light***) и направленные источники света трёх типов:

- ***Point light*** (Точечный источник) – это аналог обычной электрической лампочки. Свет проходит из определённой точки в пространстве модели и распространяется по всем направлениям. Точечный свет рассеивается, то есть его интенсивность уменьшается по мере удаления от источника;
- ***Distance light*** (Удалённый источник) – соответствует солнечному освещению. Источник расположен очень далеко, поэтому световой поток предполагается параллельным, и не учитывается спад интенсивности;
- ***Spotlight*** (Прожектор) – отличается от точечного источника света тем, что создаёт направленный световой поток. Поэтому для прожектора указывается не только его расположение, но и положение целевой точки – два набора координат вместо одного. Кроме того, прожектор имеет более яркий центр вместо одного.



Формирование новых и модификация уже созданных источников света осуществляются командой ***LIGHT*** (СВЕТ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Light*** (Свет) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Lights*** (Источники света) (рис. 172).

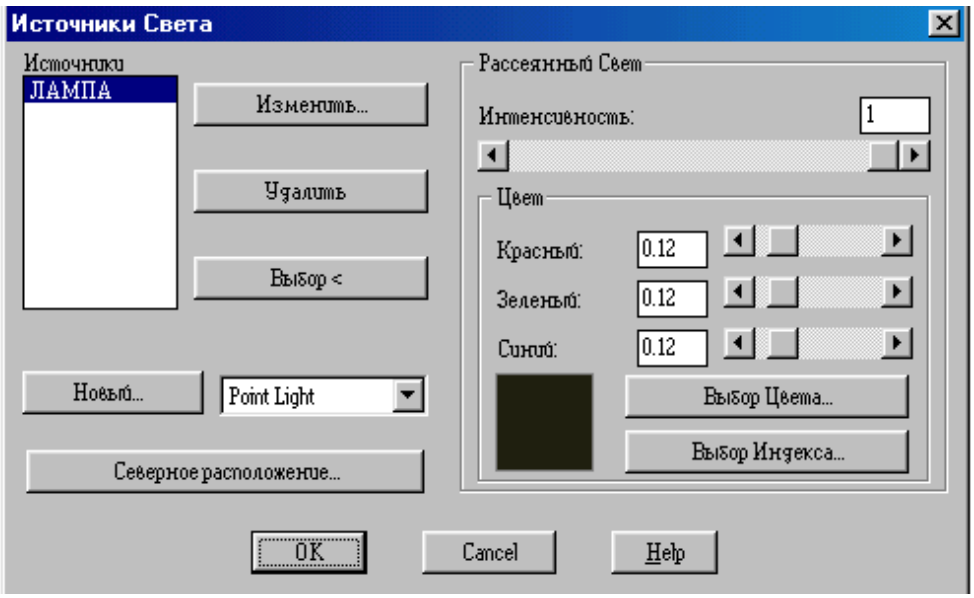


Рис. 172.

Выполнить упражнение № 137.

Создание точечного источника света ***№ 137***



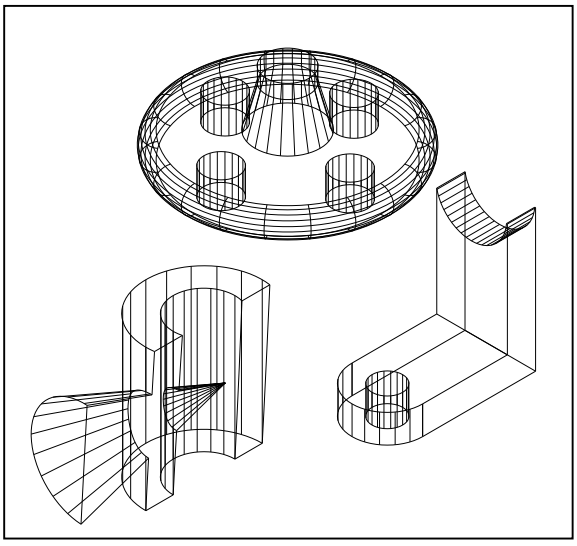
LIGHT Падающее меню ***VIEW → RENDER → LIGHT***

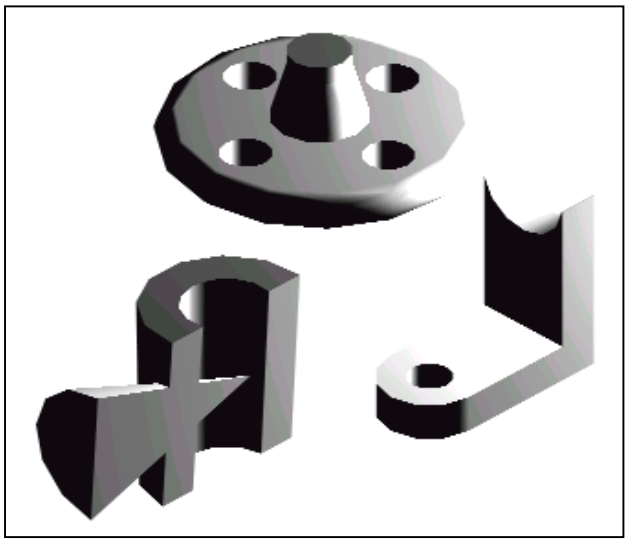
В диалоговом окне Lights (Источники света) выбрать Point Light и нажать кнопку New (Новый).

В поле Name диалогового окна New Point Light ввести имя источника света (можно создать несколько источников) и нажать кнопку Показать/Изменить, ОК (на экране появятся точечные объекты, показывающие нахождение созданных источников света).

Курсором мыши можно изменить местонахождение источников света, ОК

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.6. ТЕНИ

Свет от источников позволяет создавать тень только в режимах визуализации ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) и отключается при тонировании флажком-выключателем ***Shadows*** (С тенями). В режиме ***Render*** (Упрощенное) свет проходит сквозь поверхности, не создавая теней.

Тени бывают трёх типов: объёмные, карты теней и тени трассировки луча. Настройка типа тени осуществляется в диалоговом окне источника света любого типа, например, в диалоговом окне ***New Point Light*** (Новый точечный источник света). Для этого необходимо в области ***Shadows:*** (Тени:) установить флажок ***Shadows On*** (Включить) и щелкнуть по кнопке ***Shadows Options…***(Параметры теней…). В раскрывшемся окне ***Shadows Options…***(Параметры теней…) включенный флажок ***Shadows Volumes/Raytrace*** (Объёмные тени/Тени трассировки луча) устанавливает тени для режима ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и режима ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча).

16.7. РАБОТА С МАТЕРИАЛАМИ

В ***AutoCAD*** под материалами понимаются оптические свойства отдельного объекта модели – цвет, шероховатость, текстура поверхности, способность к поглощению и отражению света.



Команда **RMAT** (Материал) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Materials…***(Материал…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Materials*** (Материалы) (рис. 173).

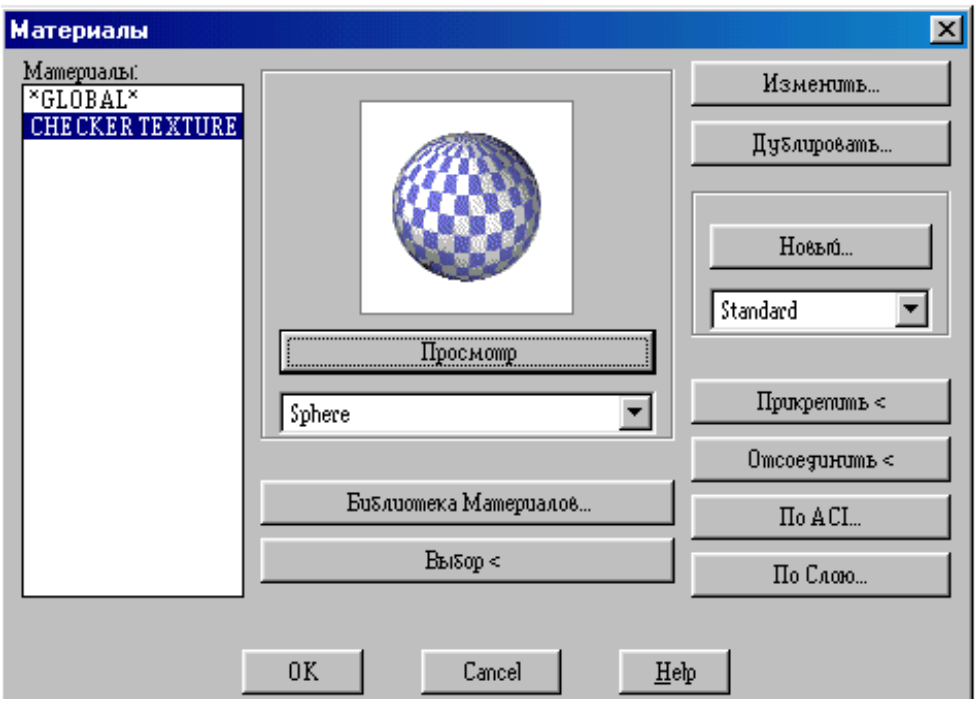


Рис. 173.

Выполнить упражнение № 138.

Тонировать объекты с установкой материала ***№ 138***



RMAT Падающее меню ***VIEW → RENDER → MATERIALS***

В диалоговом окне MATERIALS (Материалы) выбрать кнопку Materials Library (Библиотека материалов).

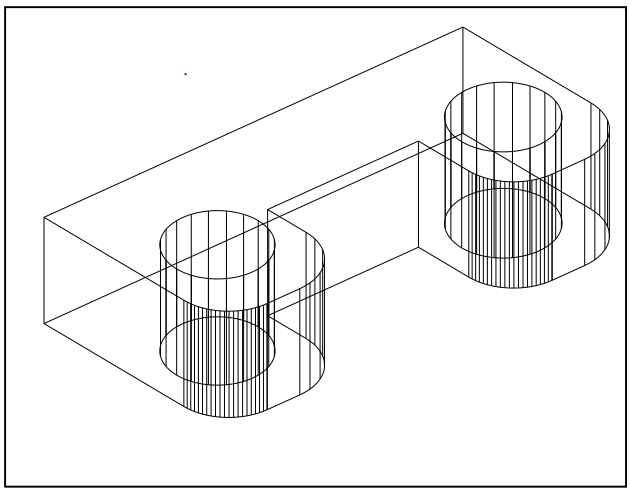
В диалоговом окне Materials Library (Библиотека материалов) в области Current Library (Текущая библиотека) подобрать материал:CHECER TEXTURE, просматривая его в окне Preview.

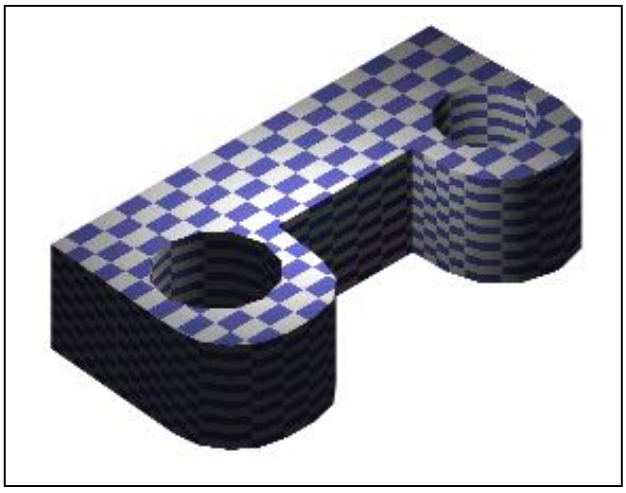
Импортировать материал в область Current Drawing (Текущий рисунок), нажав кнопку <-Import.

В диалоговом окне MATERIALS выбрать кнопку Attach< (Присвоить).

Выбрать объект.

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить твердотельную модель заданной детали (прил. 5).

2. Построить твердотельную модель заданной детали, согласно своему варианту (прил. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерная графика – дисциплина, обучающая методам изображения предметов и общим правилам черчения с применением компьютерных технологий.

Скорость, точность и легкость, с которыми создаются модели проектируемых изделий, широкие возможности их преобразования и редактирования, различные способы получения плоских изображений этих изделий (видов, разрезов, сечений), ассоциативно связанных с моделями, - все это обеспечивает огромную экономию времени по сравнению с «ручным» черчением. Но при этом не следует забывать о законах формирования геометрических моделей, теория которых излагается в начертательной геометрии.

Многообразие систем информационных технологий требует от специалиста умения применять свои знания при решении конкретной задачи, компонентами которых являются: умение осознать, формулировать и творчески решать задачи; умение ориентироваться в многообразии программных продуктов, существующих на сегодняшний день; чётко представлять возможности и характеристики того или иного пакета прикладных программ; умение выбрать наиболее оптимальный путь из предложенных для решения конкретной задачи; умение быстро перестраиваться при смене программного обеспечения.

Как показывает анализ действий специалистов на предприятиях различного профиля, можно быть прекрасным программистом, владеющим средствами вычислительной техники и совершенно не представляющим, как формируется модель изделия. И наоборот, можно быть специалистом в своей предметной области и не учитывать специфических особенностей использования вычислительной техники и программных средств.

Однако геометрическая теория моделирования позволяет объединить знания для раскрытия возможностей применения определённых алгоритмов и взаимодействия их с различными пакетами прикладных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы сечения. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

Романычева Э. Т., Соколова Т. Ю. Компьютерная технология инженерной графики в среде AutoCAD 2000: Учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2001. 656 с.

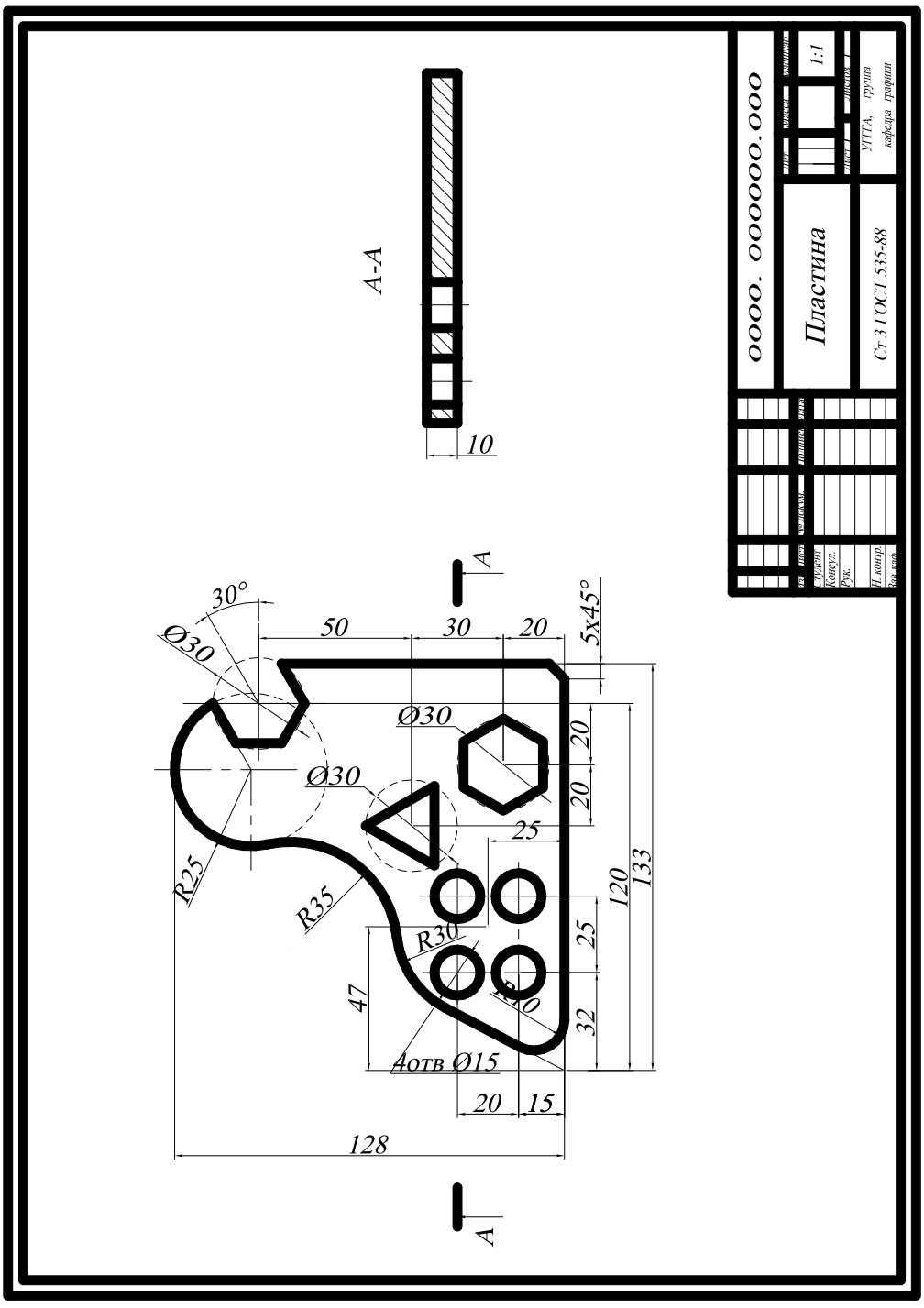
Шангина Е.И. Инженерная графика. Теория и приложения: Учебно-методическое пособие (допущено УМО РФ в области горного дела). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 256 с., ил.

Федоренков А. П., Басов К. А., Кимаев А. М. AutoCAD 2000: Практический курс. М.: Издательство «ДЕСС», 2000. 528 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

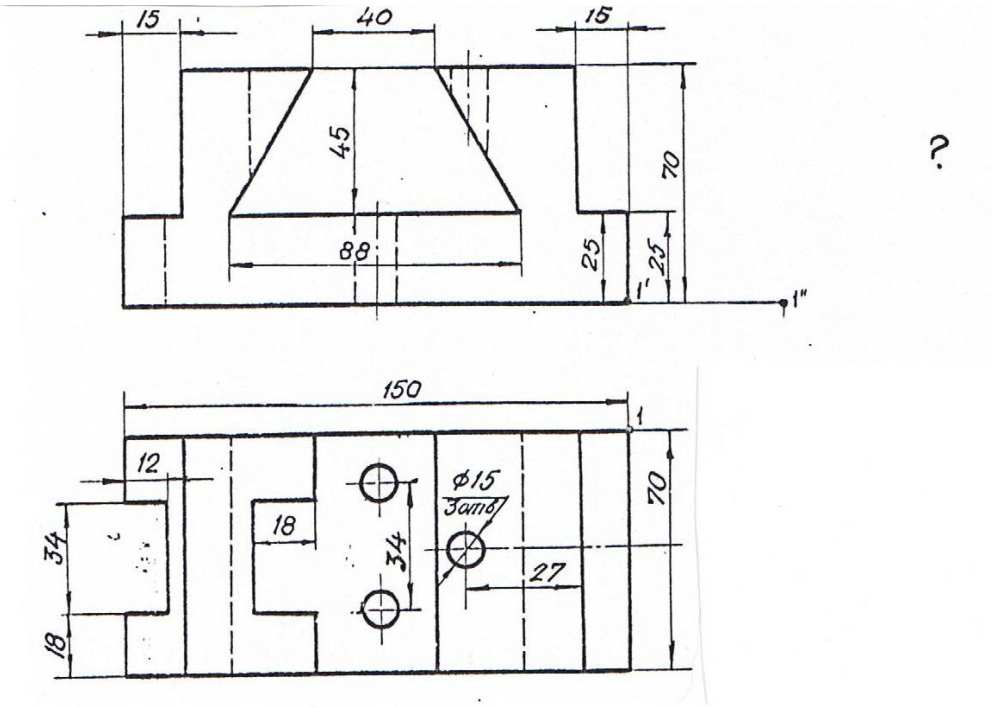
Приложение 1

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

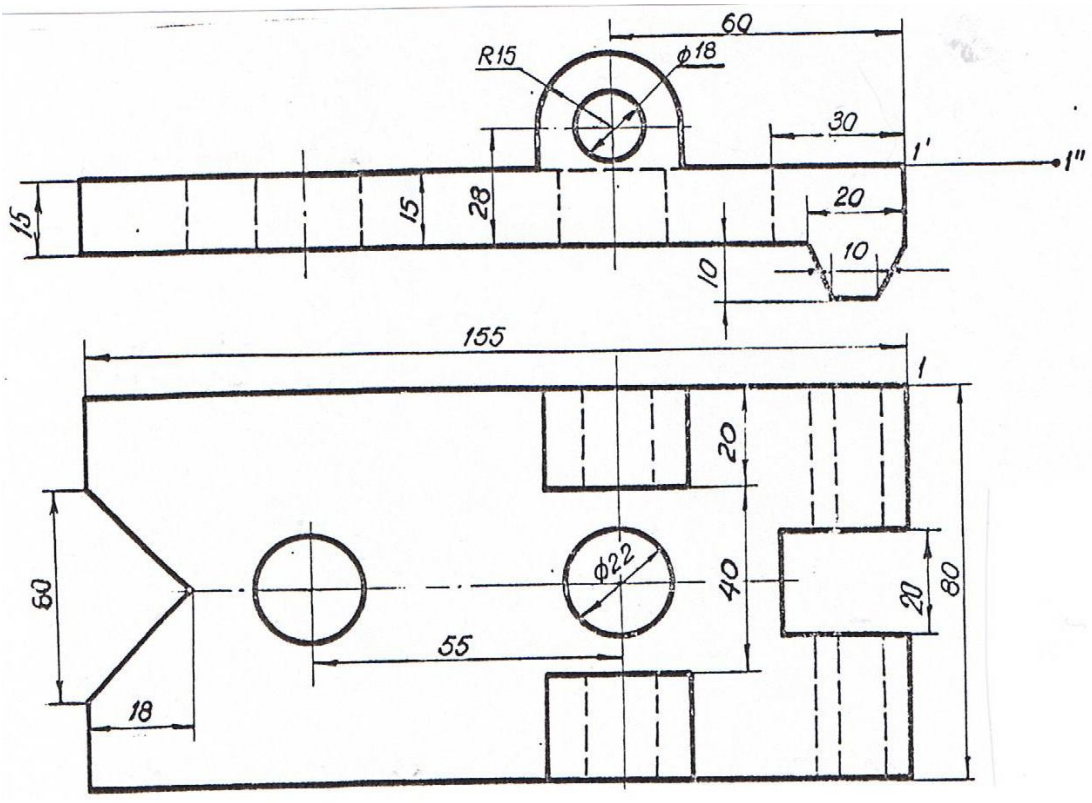


Приложение 2

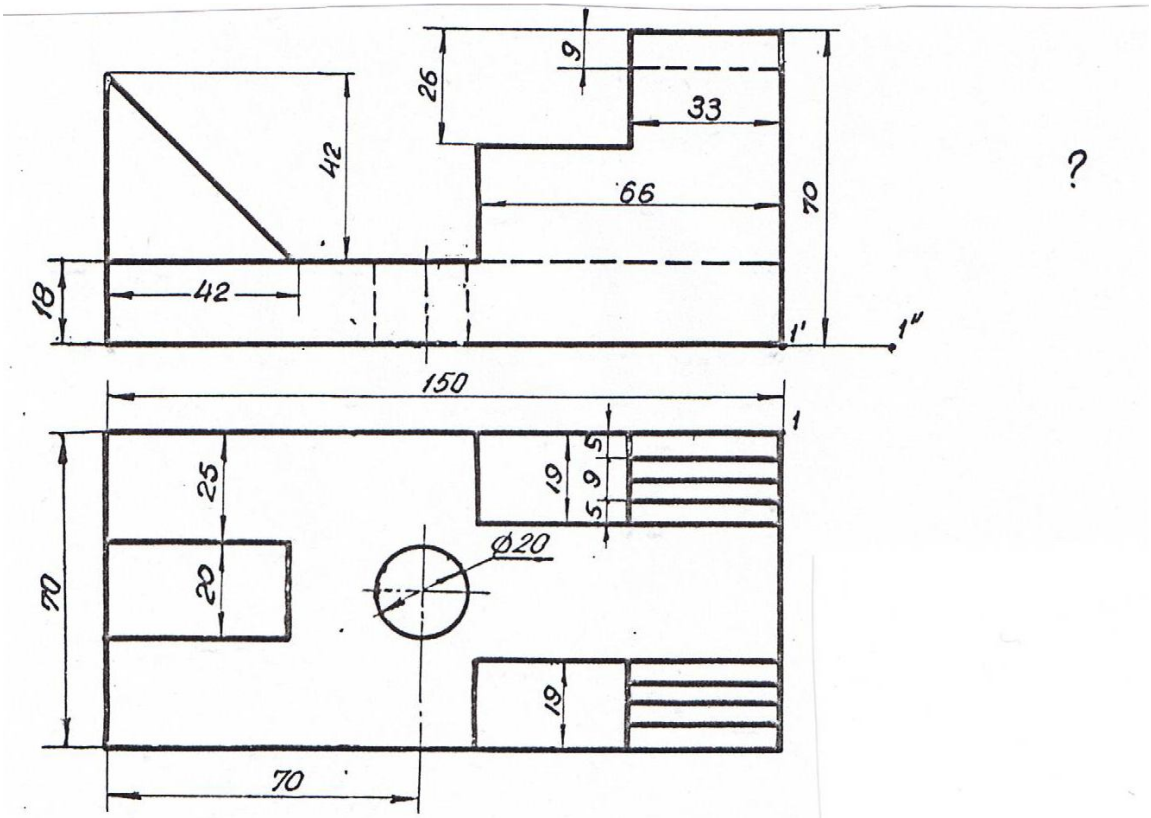
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1



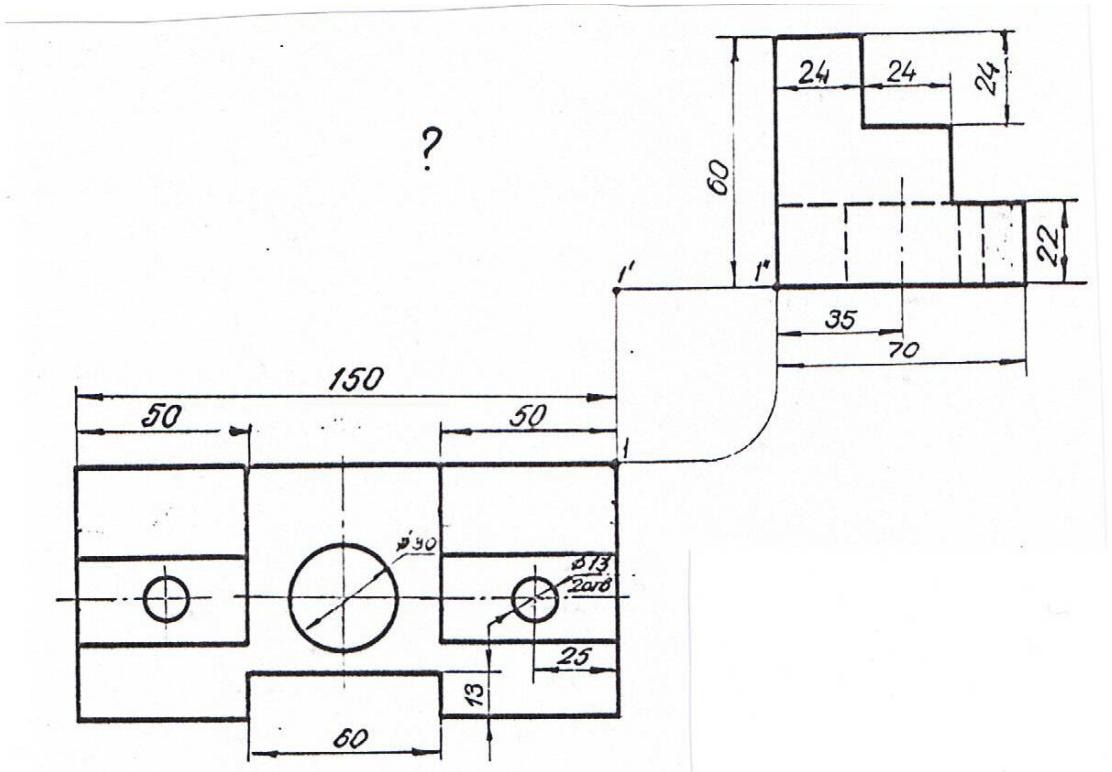
Вариант 1. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и половину профильного разреза.



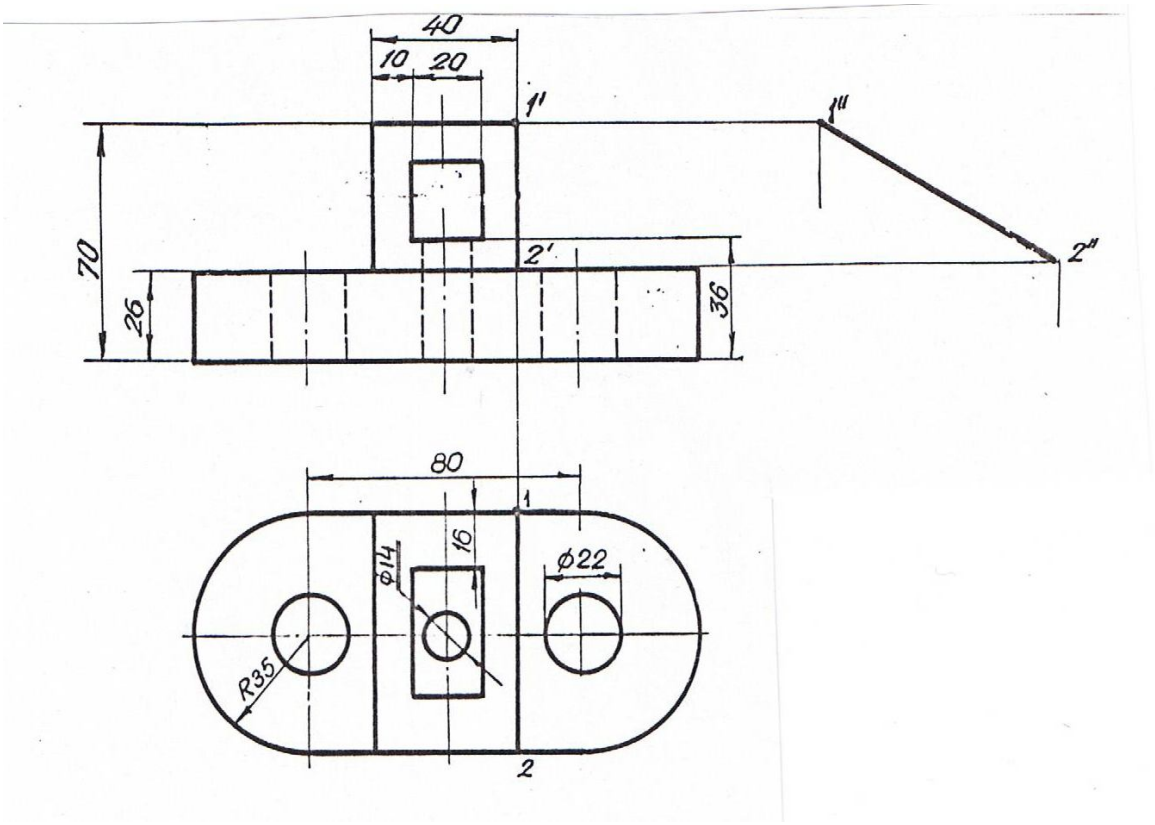
Вариант 2. Вычертить накладку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



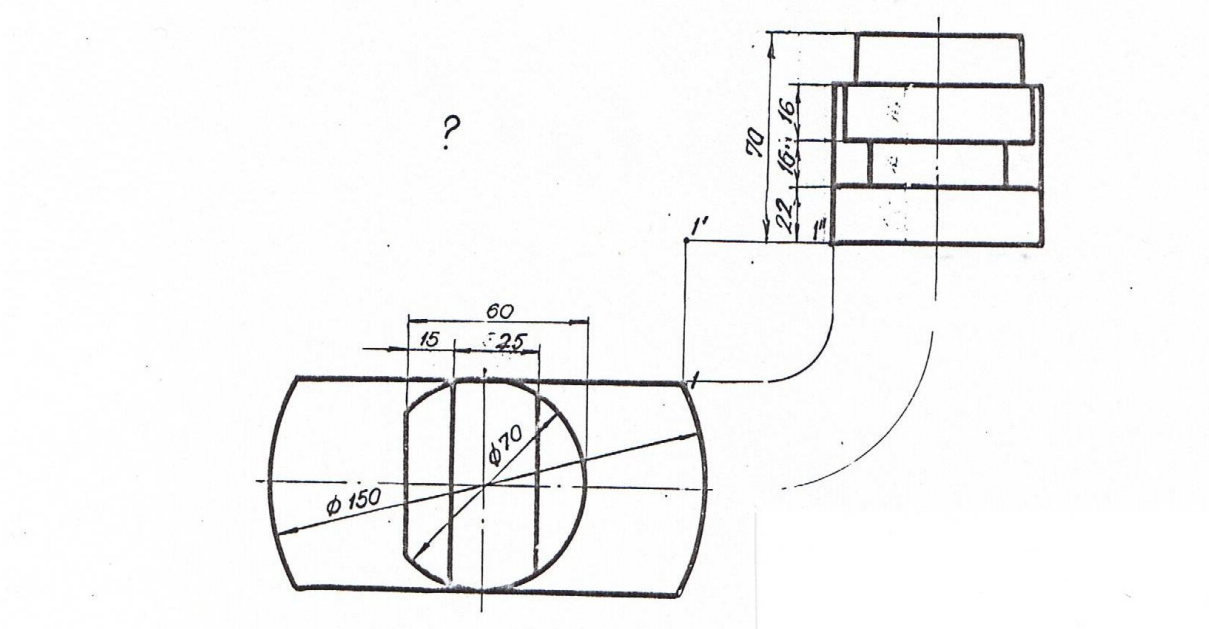
Вариант 3. Вычертить ограничитель в масштабе 1:1 и достроить вид слева. Выполнить половину профильного разреза



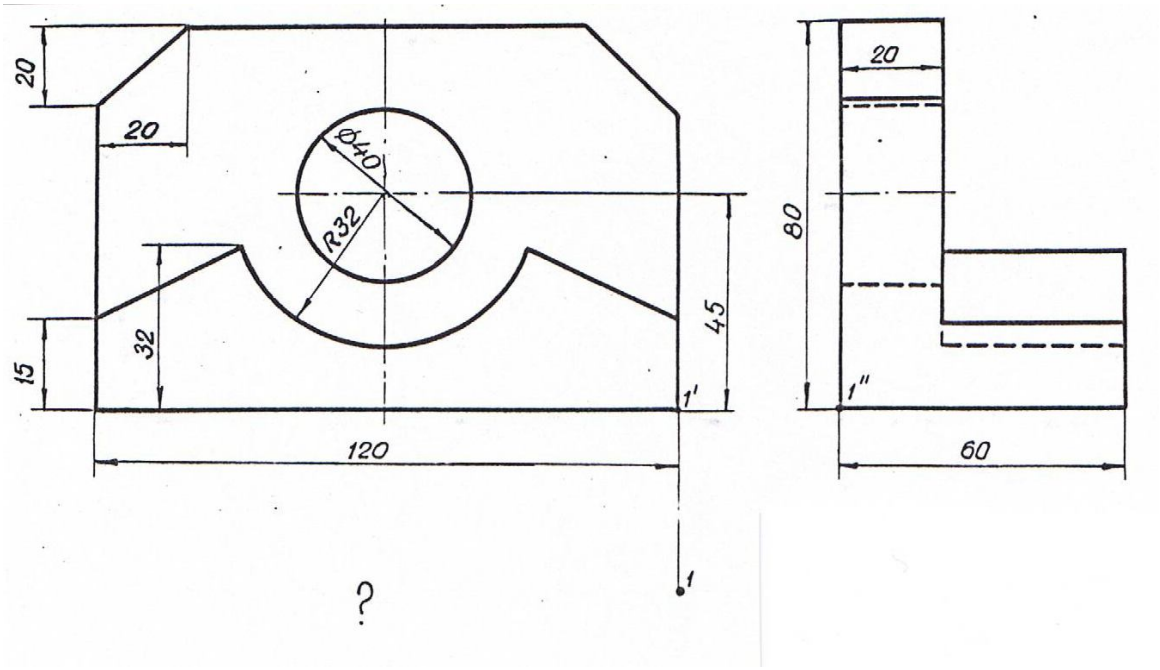
Вариант 4. Вычертить подкладку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и профильный разрезы.



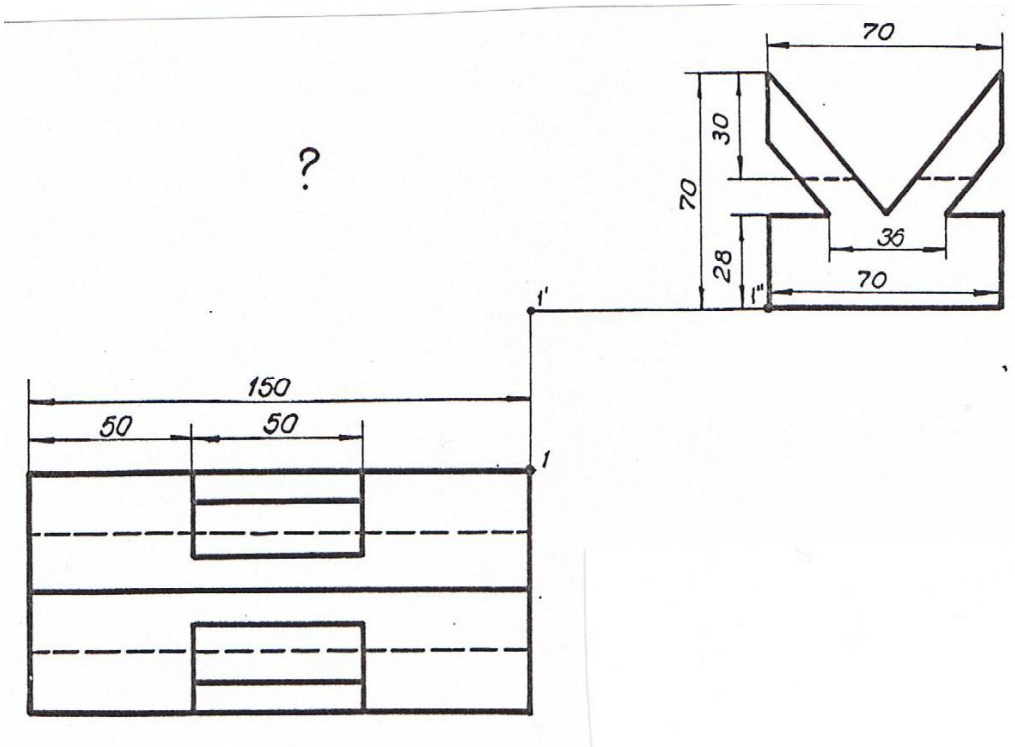
Вариант 5. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



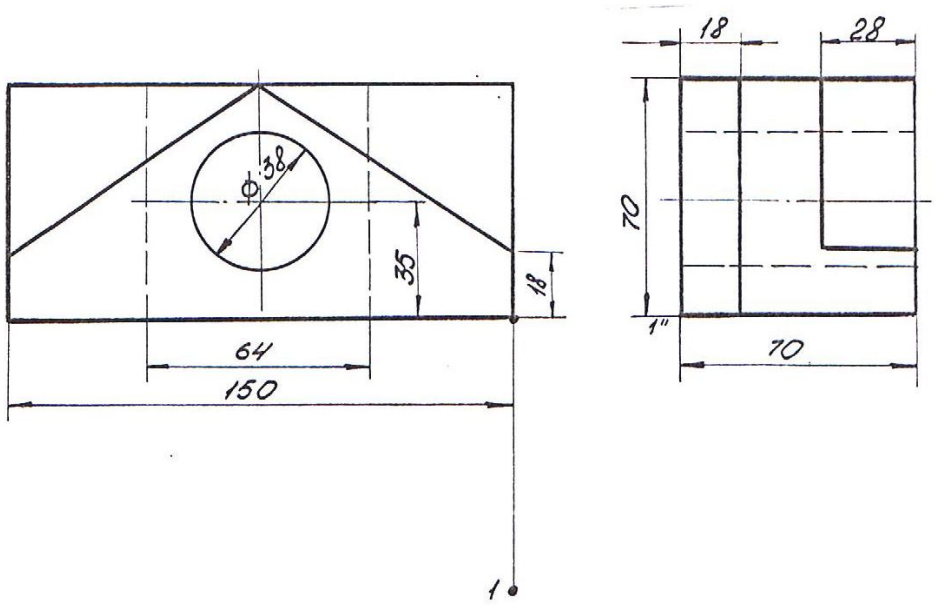
Вариант 6. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.



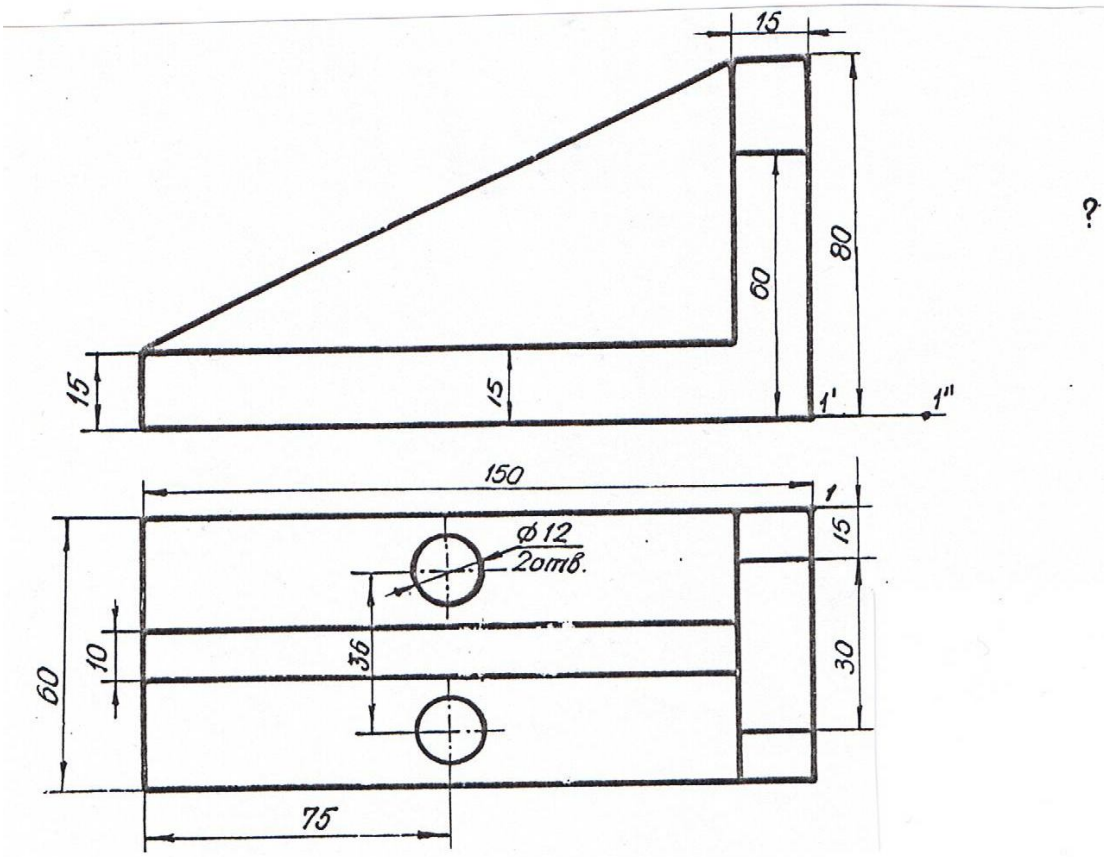
Вариант 7. Вычертить кулачок в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.



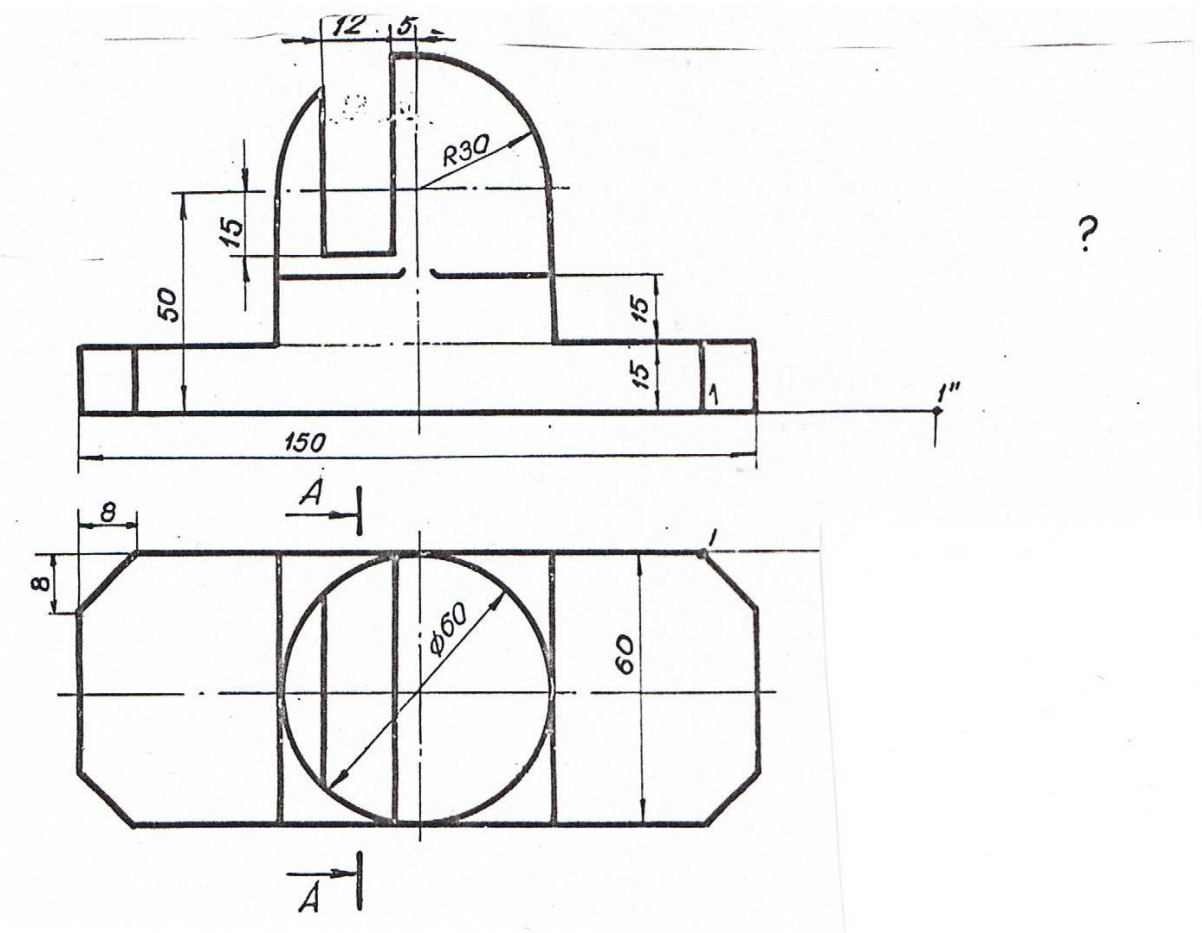
Вариант 8. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить главный вид.



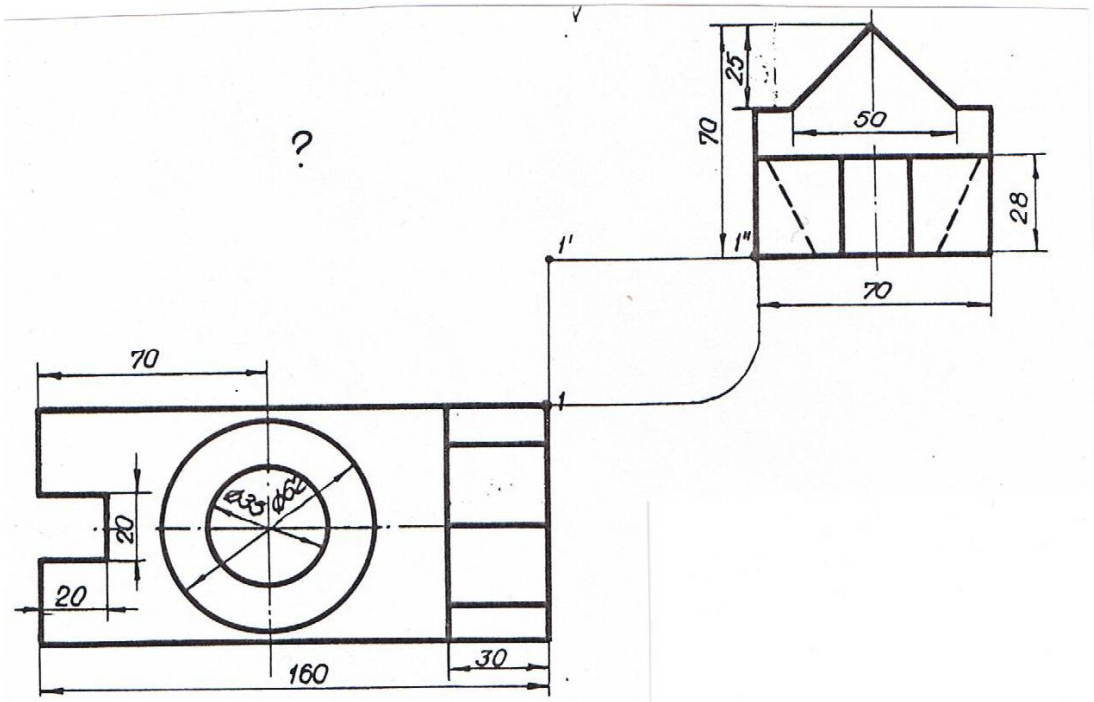
Вариант 9. Вычертить вкладыш в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Выполнить горизонтальный разрез.



Вариант 10. Вычертить угольник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез.



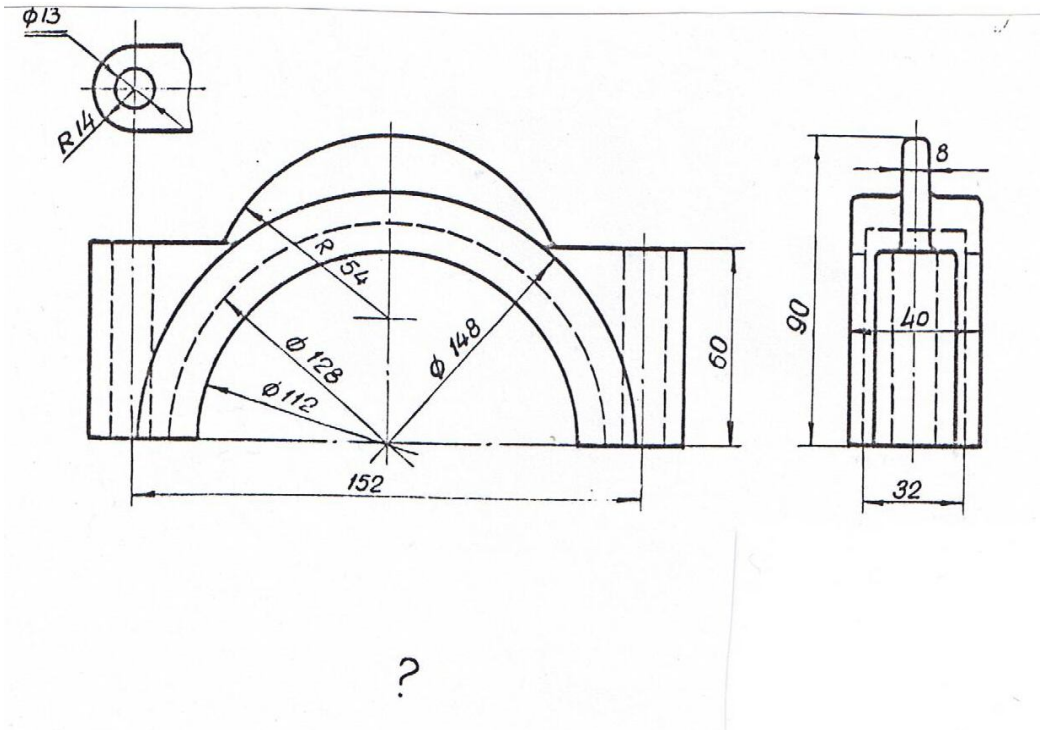
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить половину разреза А-А.



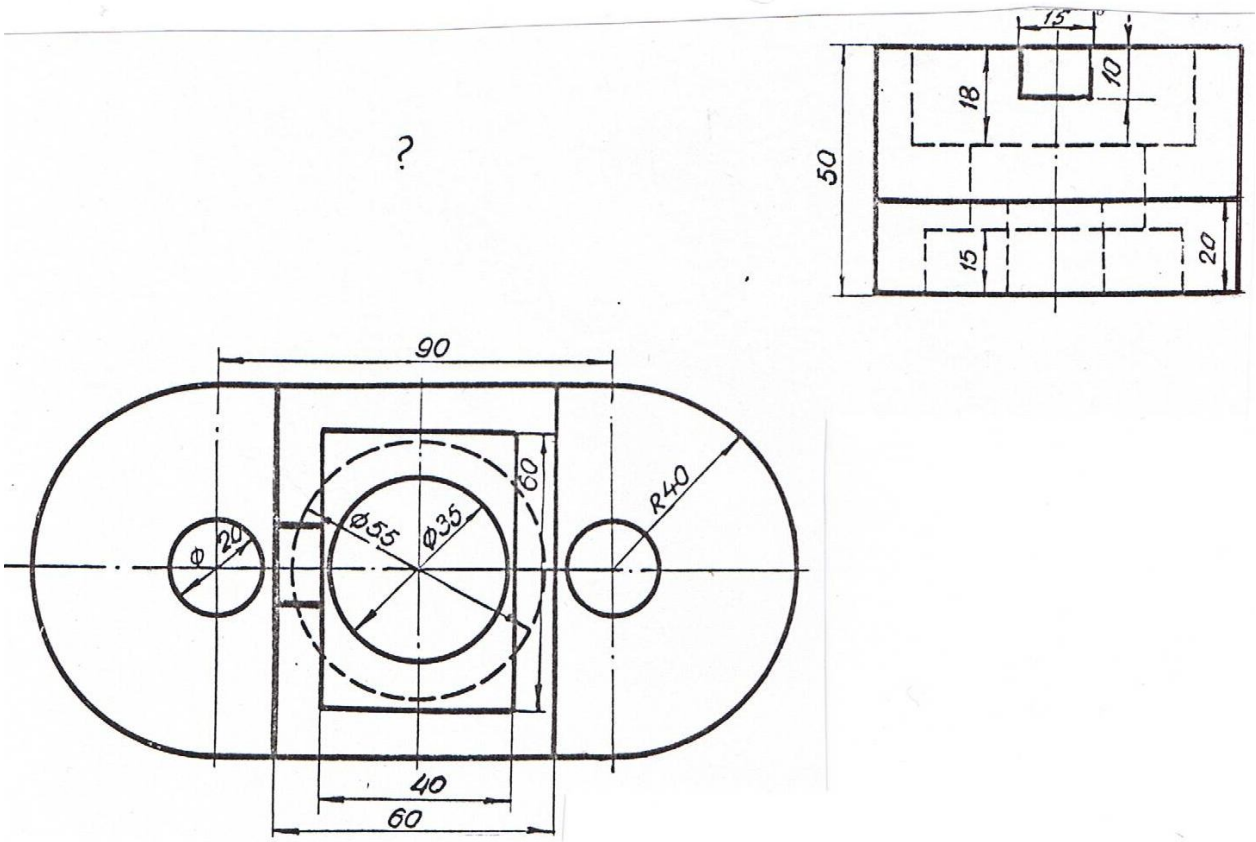
Вариант 12. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину профильного разреза.

Приложение 3

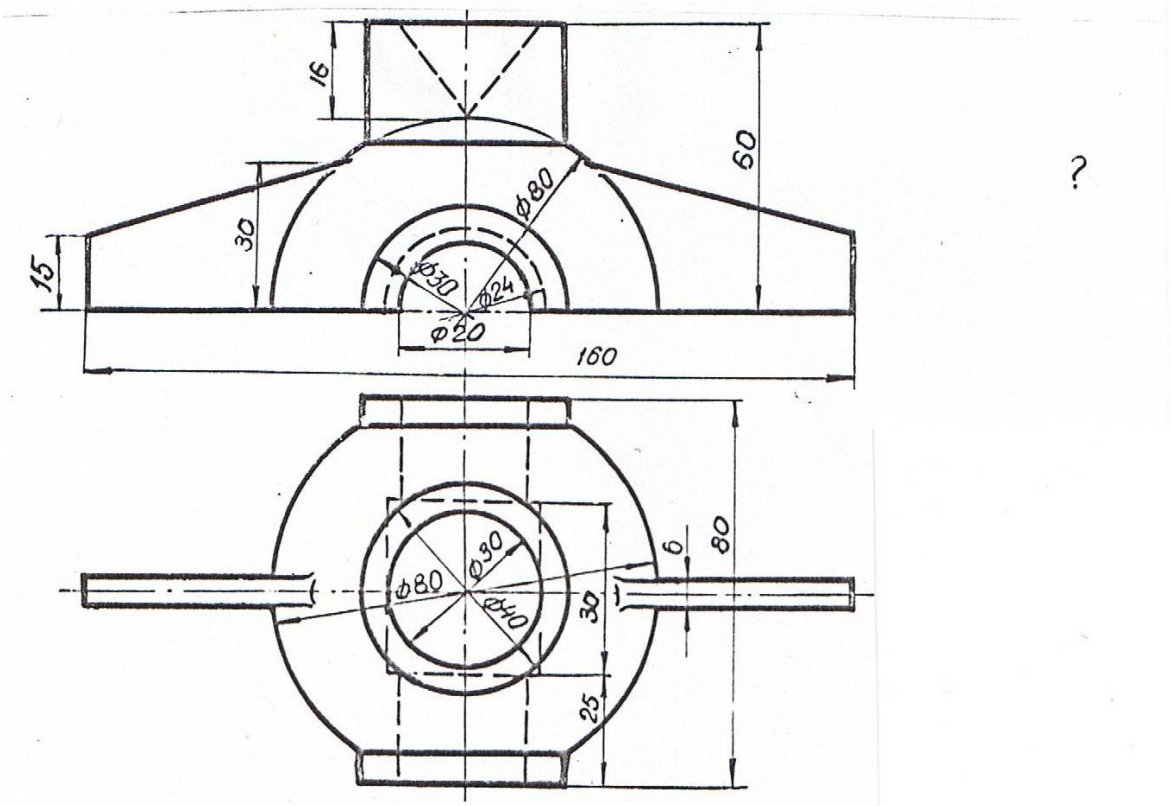
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2



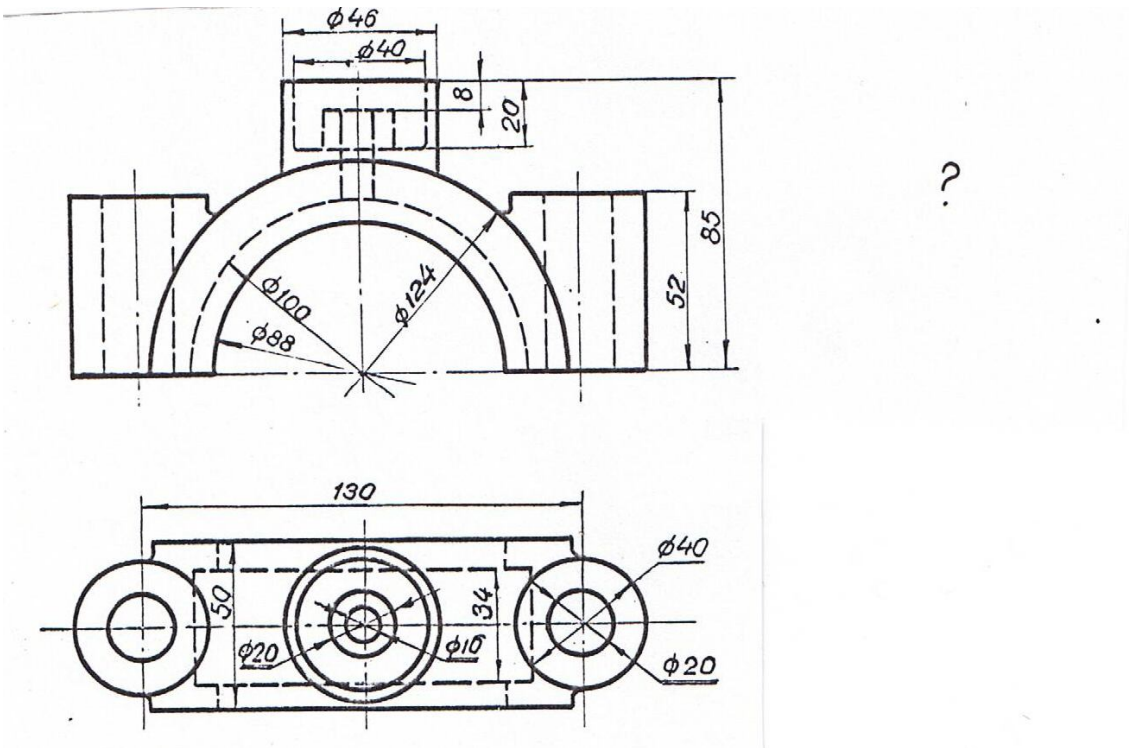
Вариант 1. Вычертить корпус бугеля в масштабе 1:1, достроить вид сверху, сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



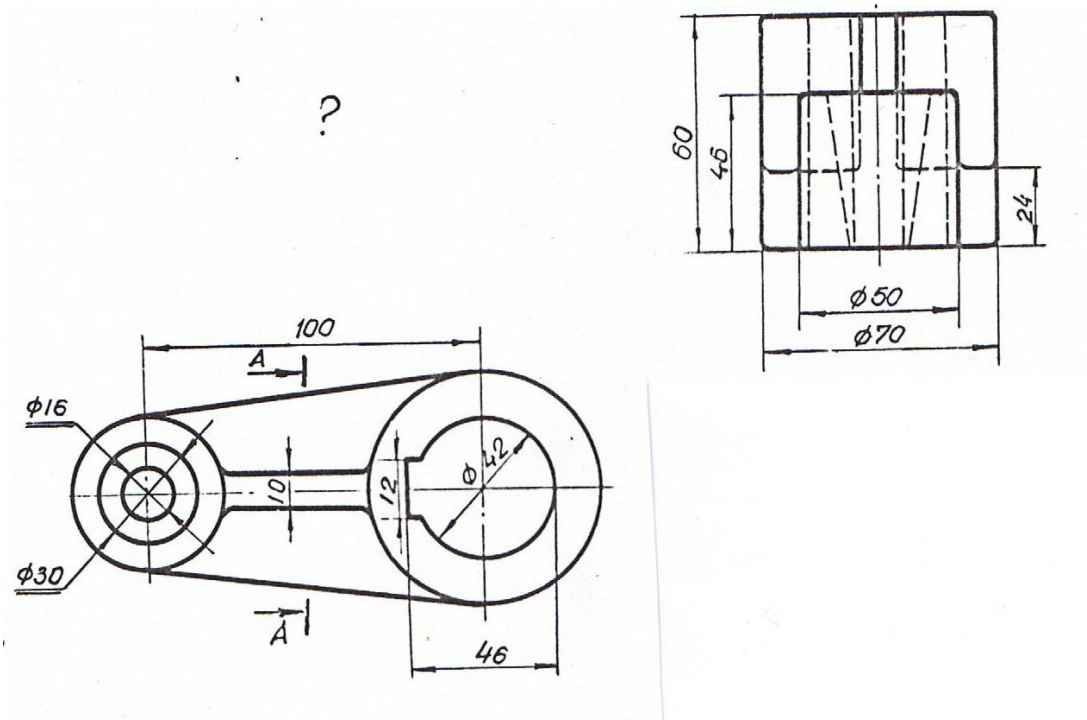
Вариант 2. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и половину профильного разрезов.



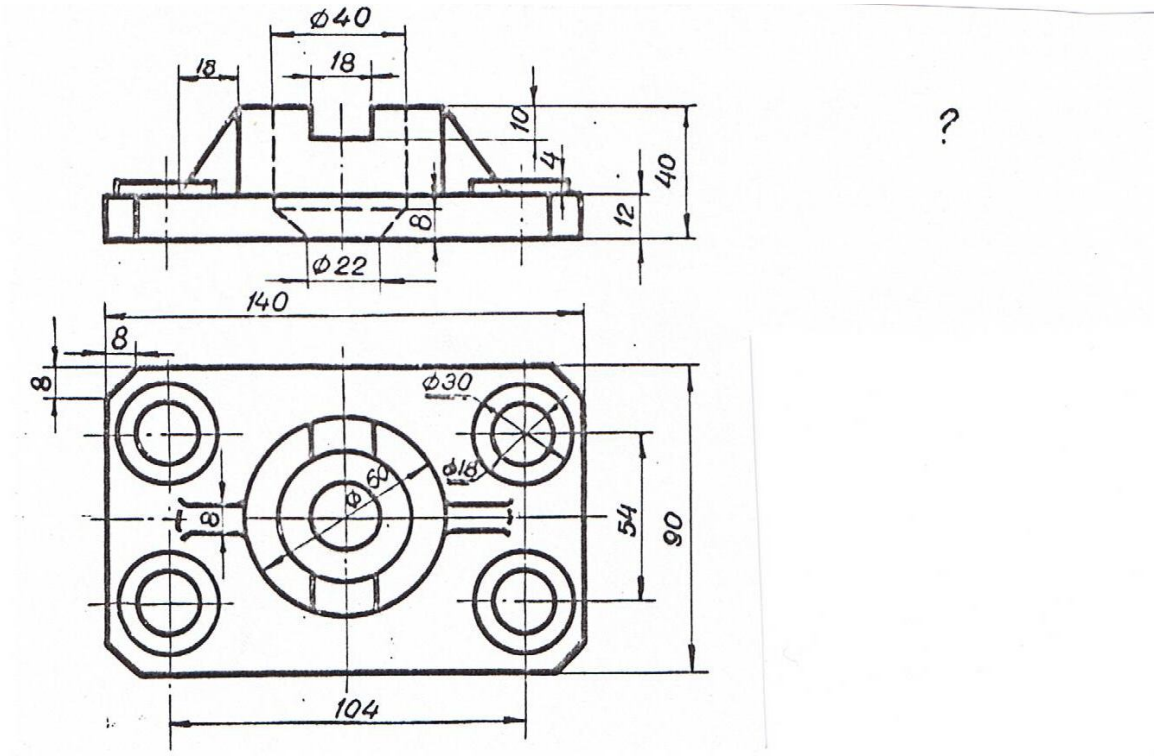
Вариант 3. Вычертить крышку в масштабе 1:1, достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



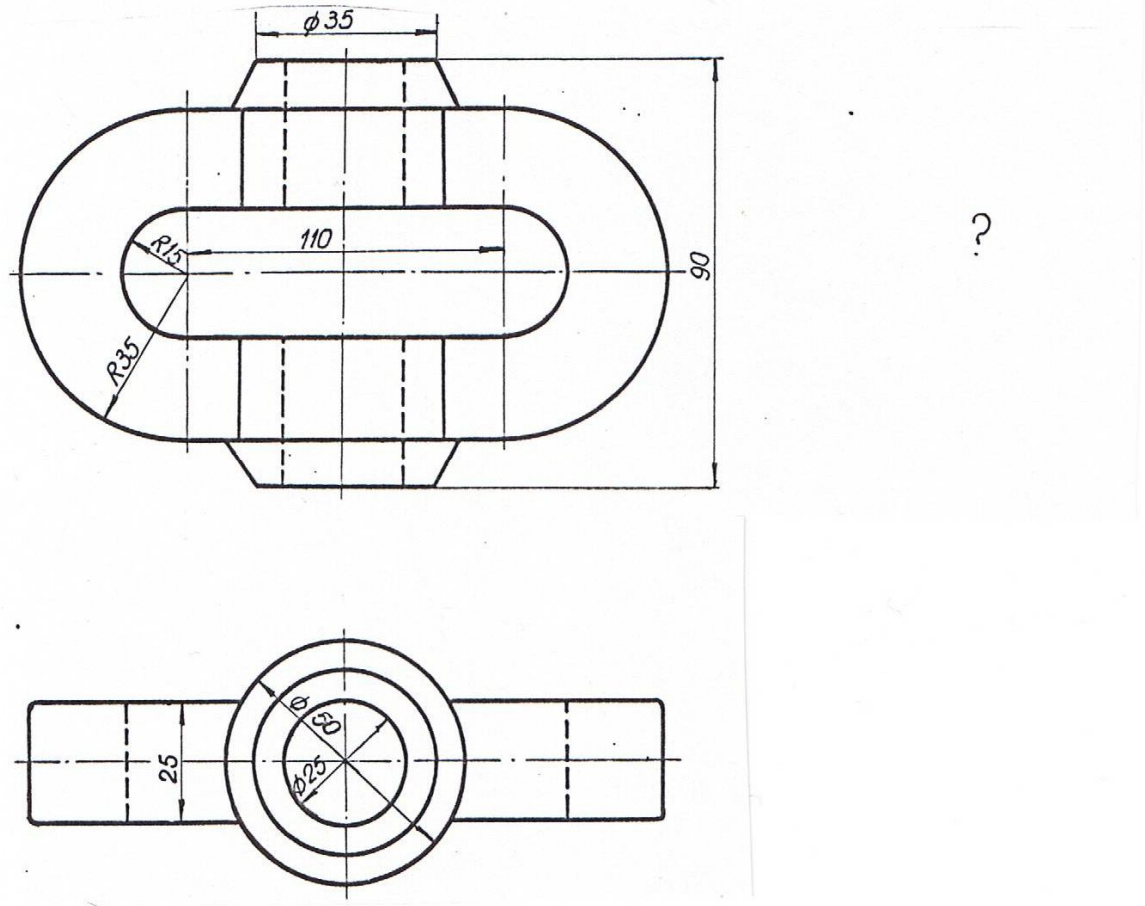
Вариант 4.Вычертить крышку подшипника в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



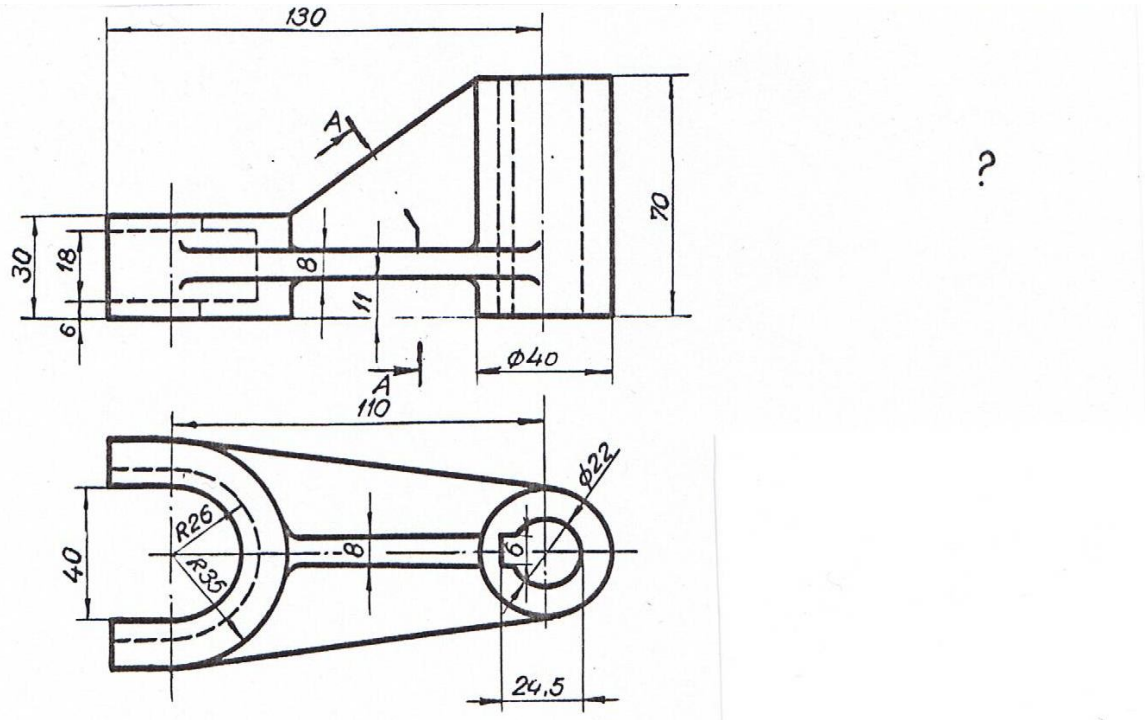
Вариант 5. Вычертить шатун в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



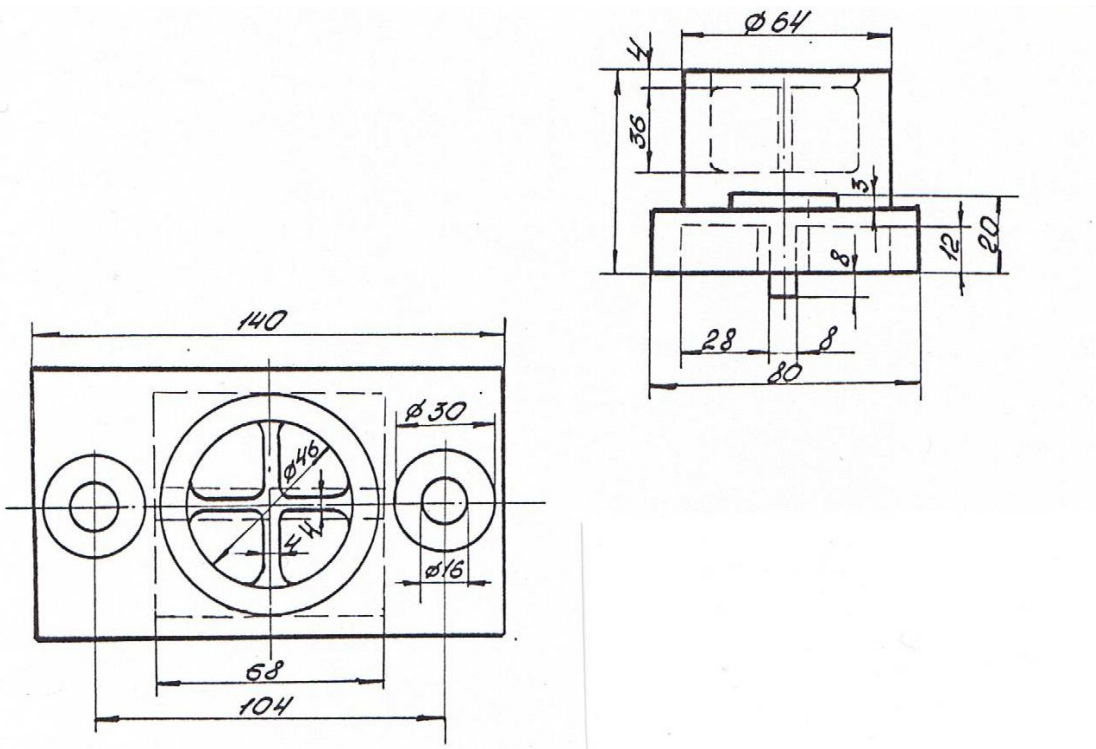
Вариант 6. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать ступенчатый фронтальный разрез и половину профильного разреза.



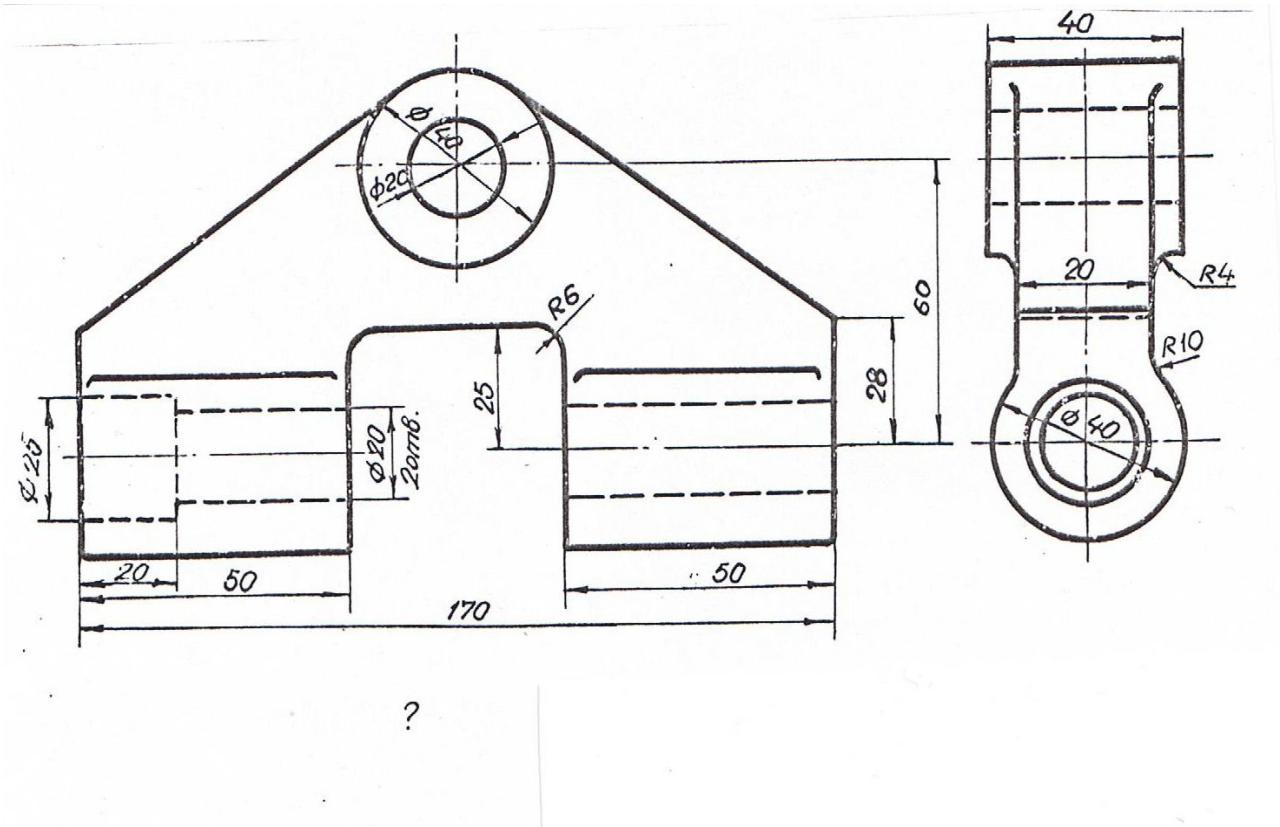
Вариант 7. Вычертить петлю в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину профильного и половину горизонтального разрезов.



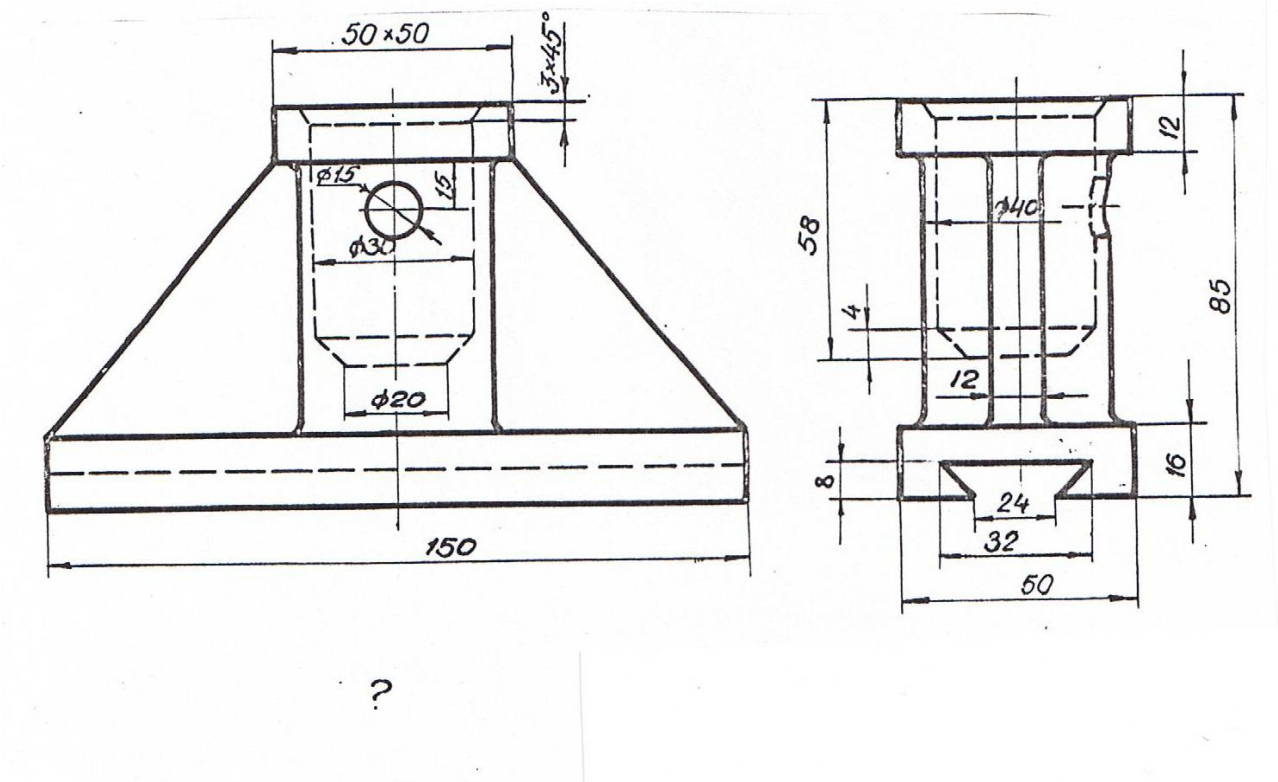
Вариант 8. Вычертить вилку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



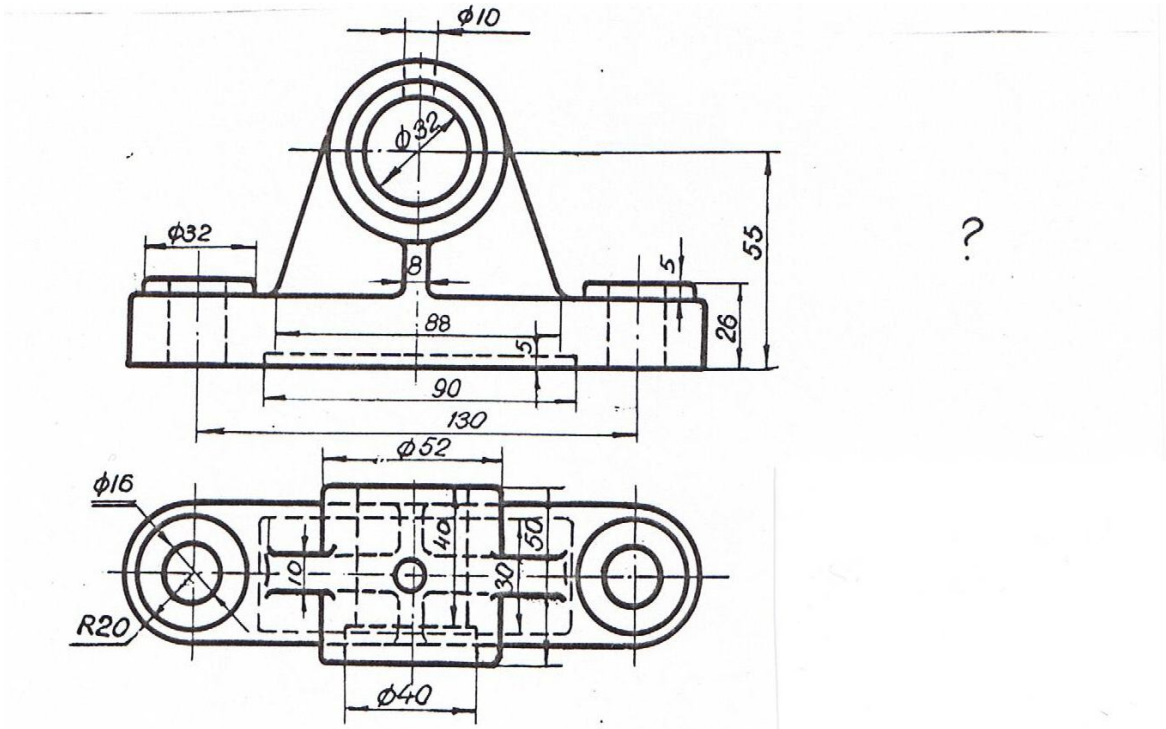
Вариант 9. Вычертить подпятник в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



Вариант 10. Вычертить шарнир в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.



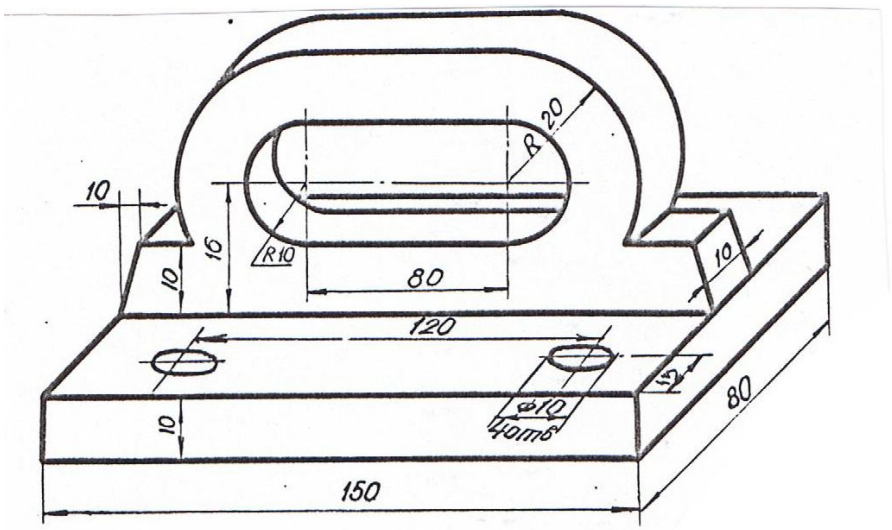
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать половину фронтального разреза и местный профильный.



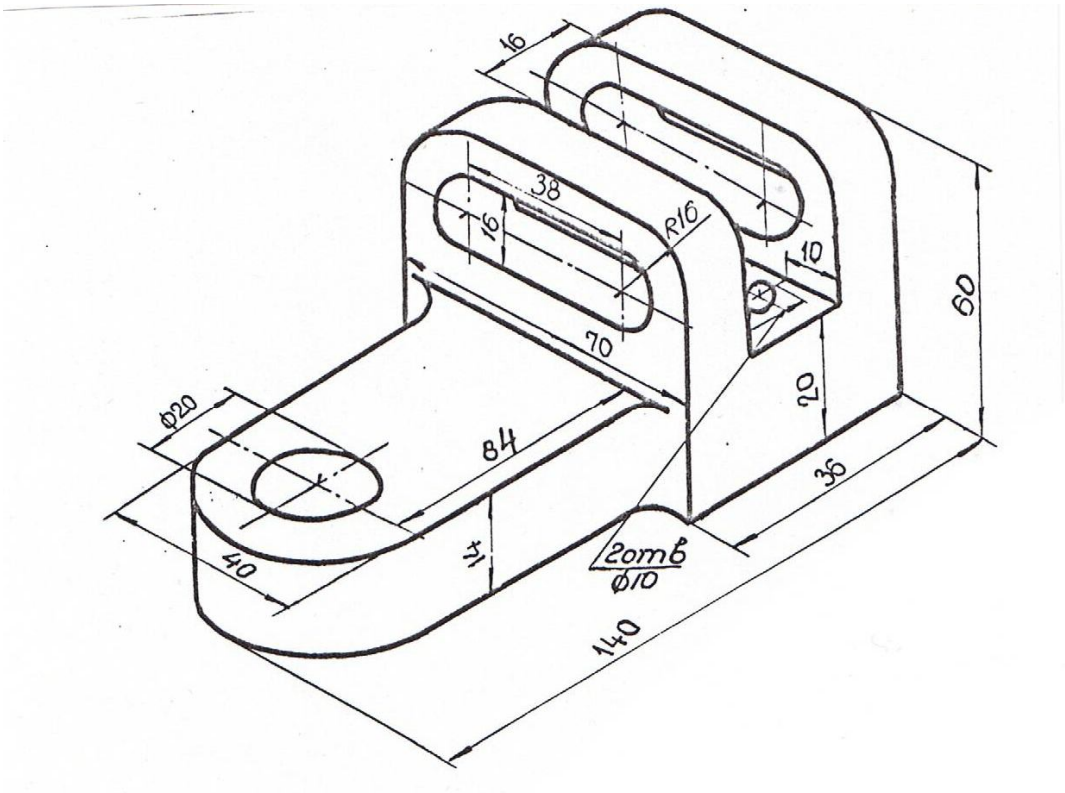
Вариант 12. Вычертить подшипник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.

Приложение 4

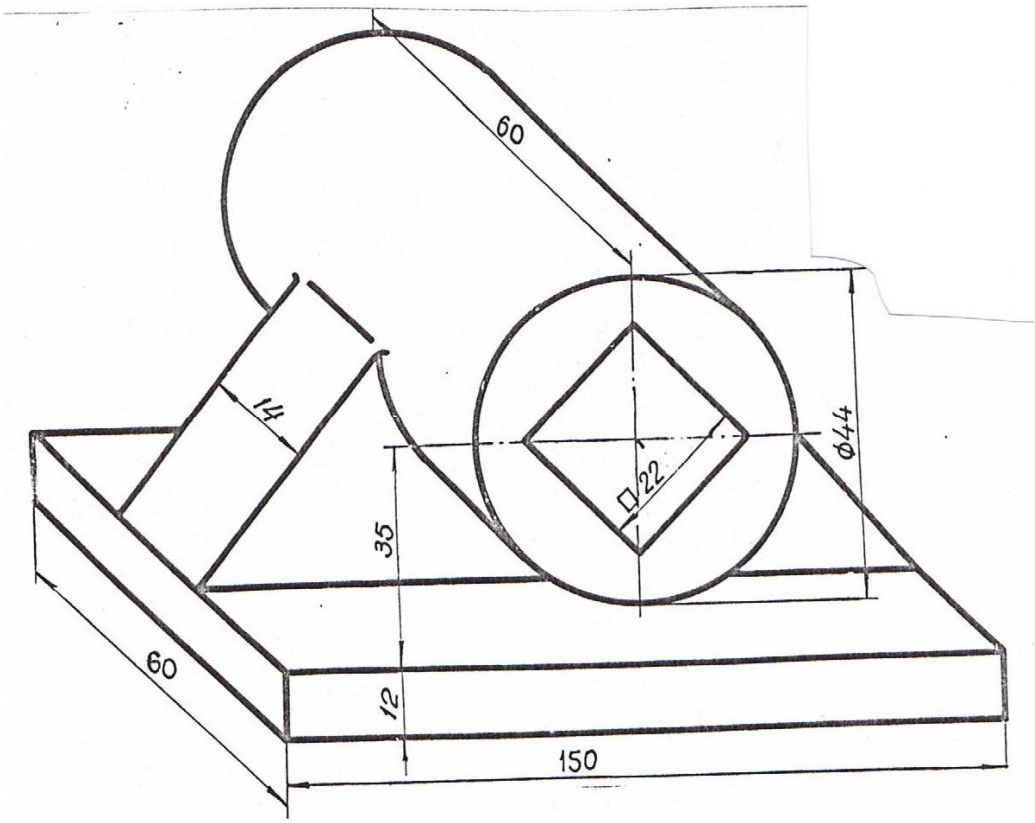
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3



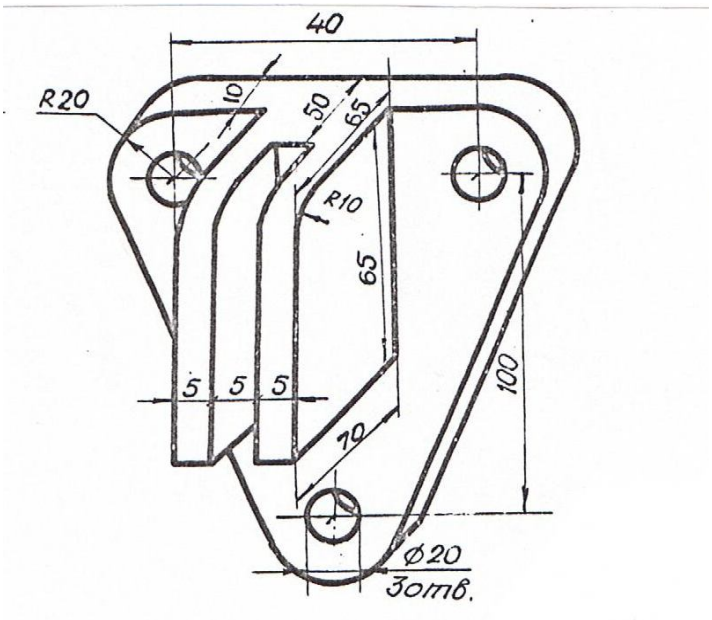
Вариант 1. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать ступенчатый профильный разрез.



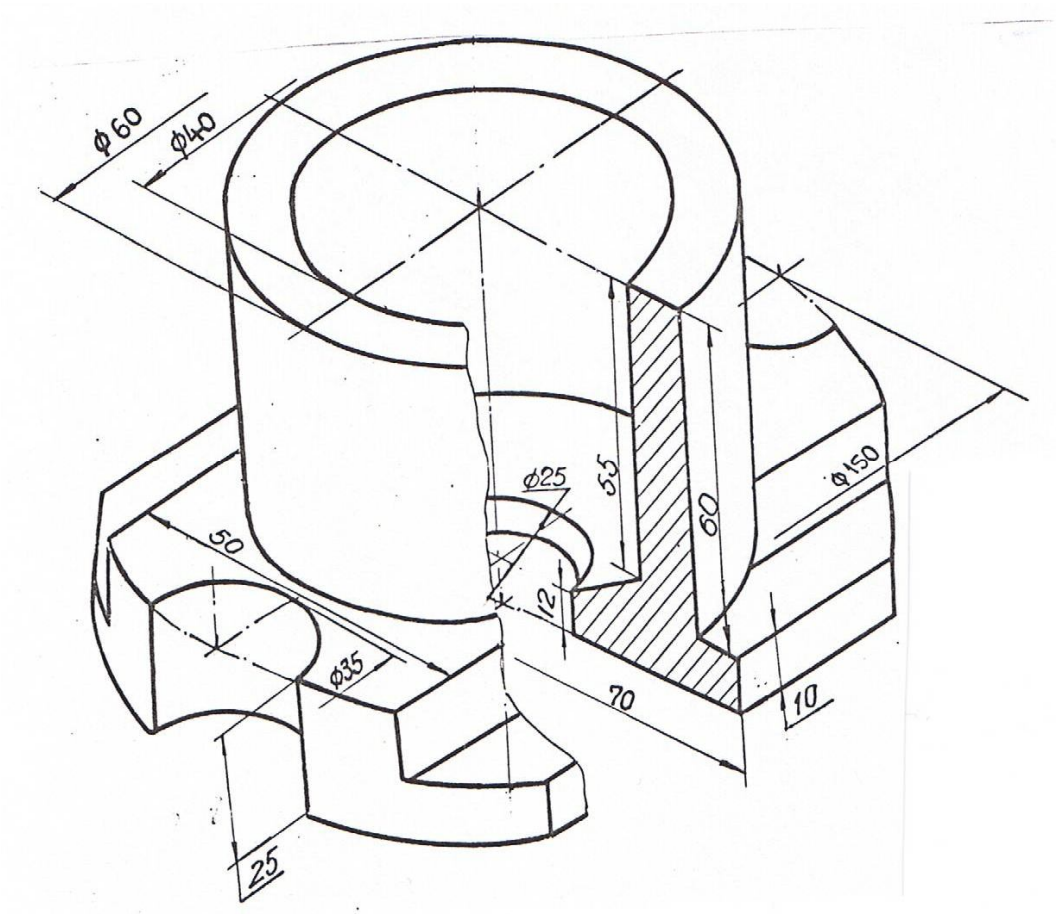
Вариант 2. Вычертить в трех ортогональных проекциях скобу в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



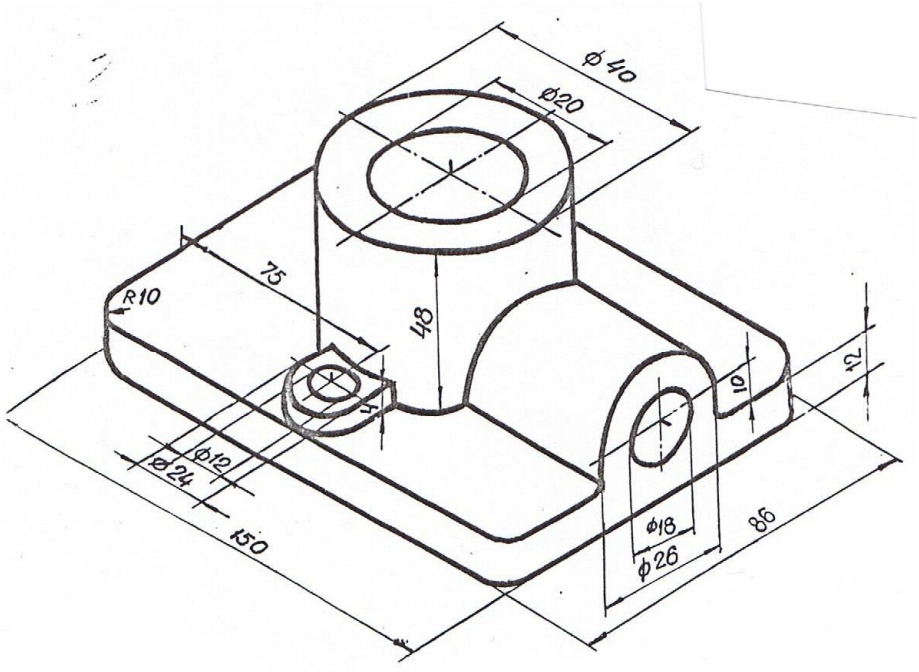
Вариант 3. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1. Сделать необходимый разрез.



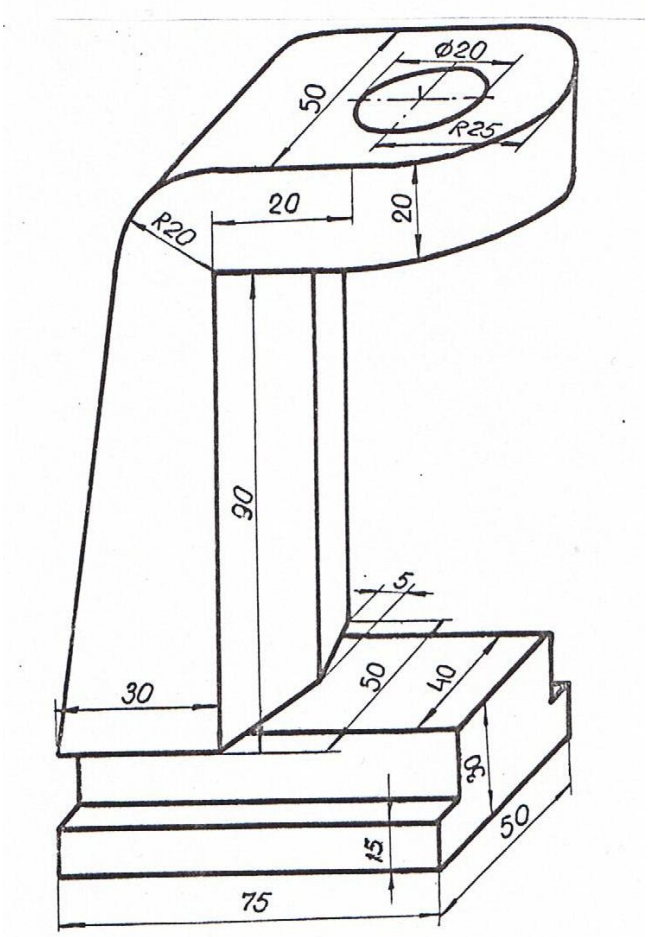
Вариант 4. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1. Сделать местные разрезы и горизонтальный разрез.



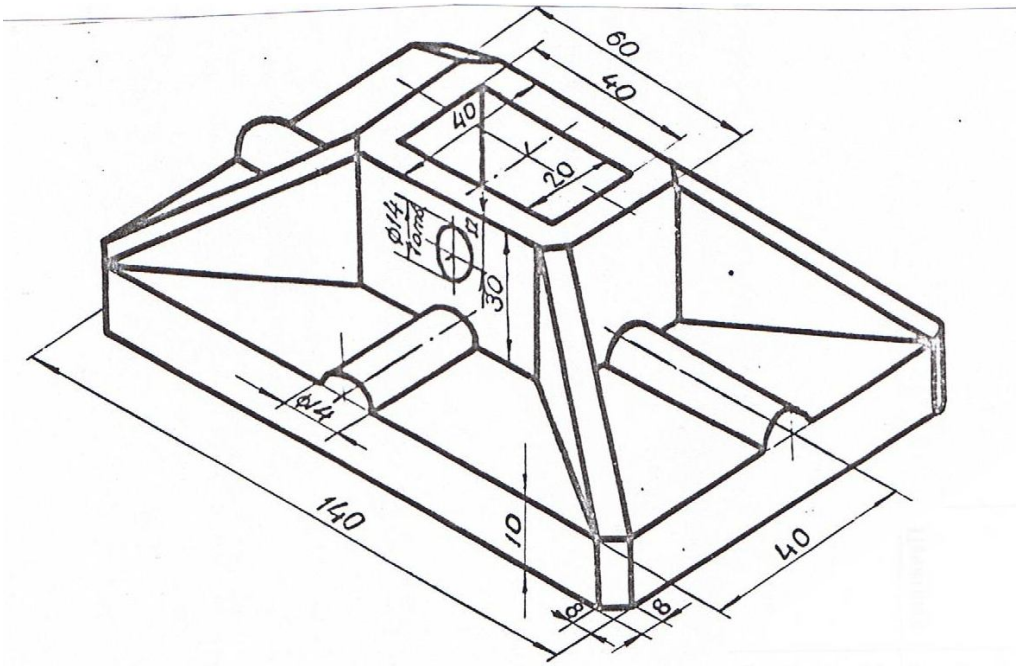
Вариант 5. Вычертить в трех ортогональных проекциях стакан в масштабе 1:1.
Сделать половину фронтального разреза.



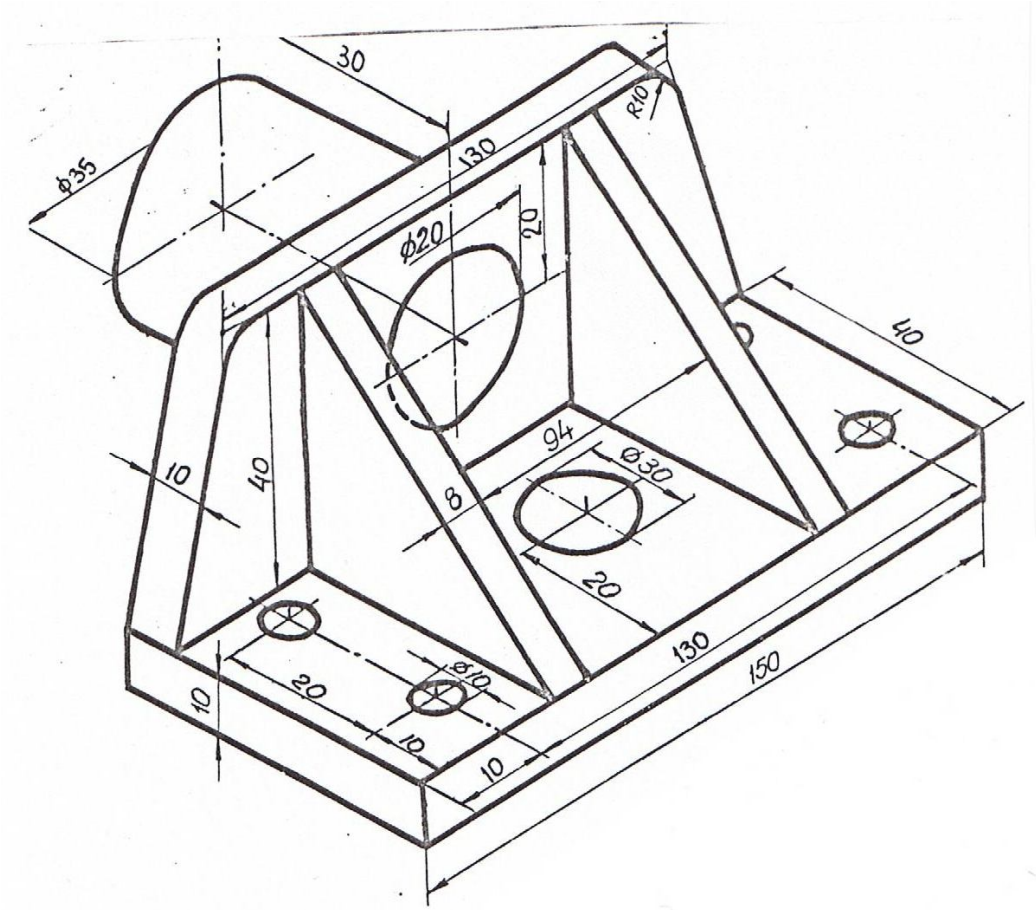
Вариант 6. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.
Примечание. Отверстия ∅20, ∅18 и ∅12 – сквозные.



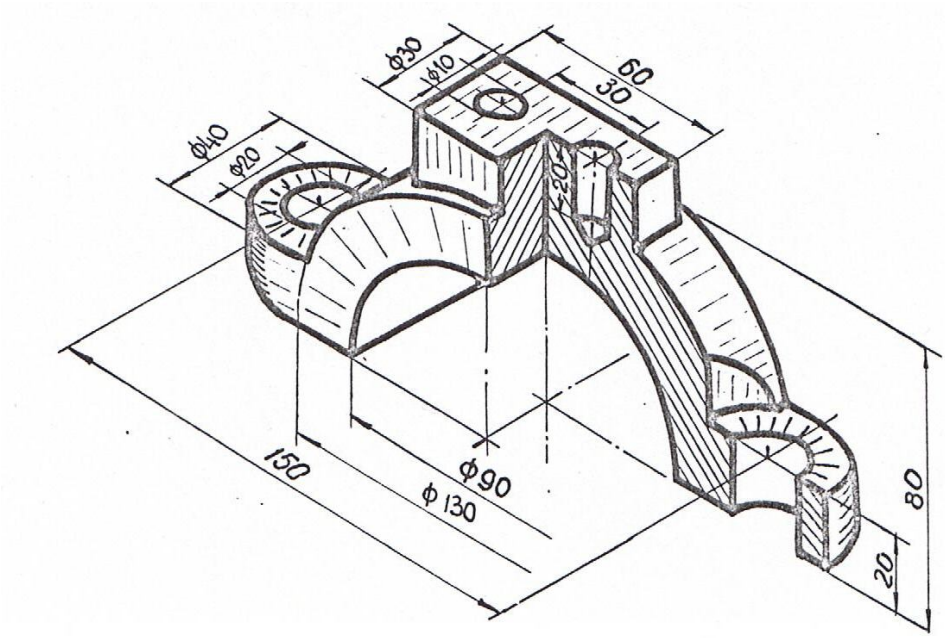
Вариант 7. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1.
Сделать необходимый местный разрез и горизонтальный до оси симметрии.



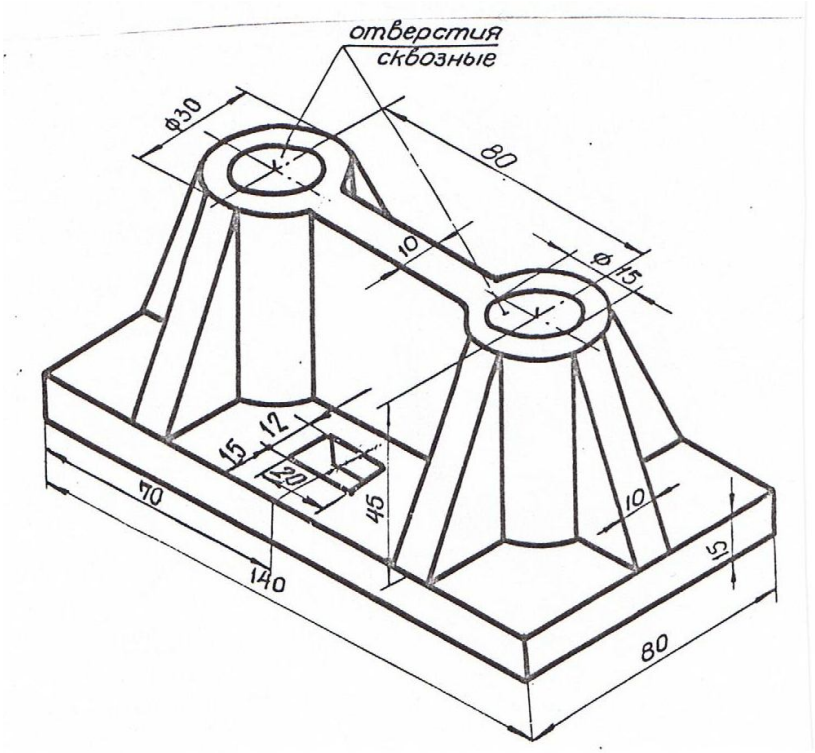
Вариант 8. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



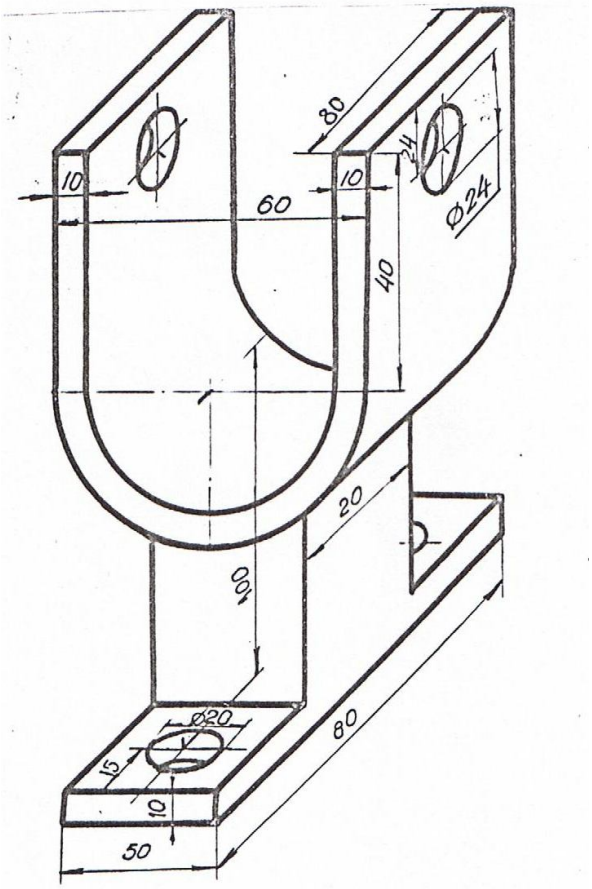
Вариант 9. Вычертить в трех ортогональных проекциях цапфу полую в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



Вариант 10. Вычертить в трех ортогональных проекциях крышку шатуна в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



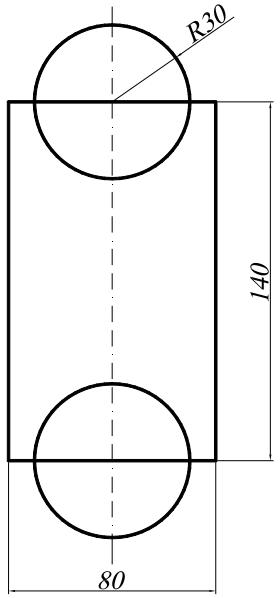
Вариант 11. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



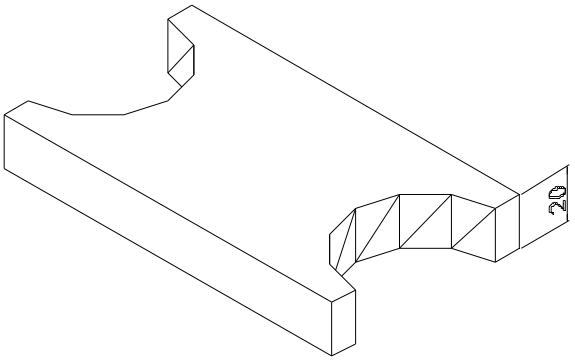
Вариант 12. Вычертить в трех ортогональных проекциях стойку в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.

Приложение 5

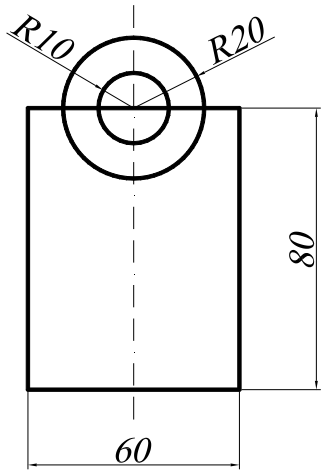
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ



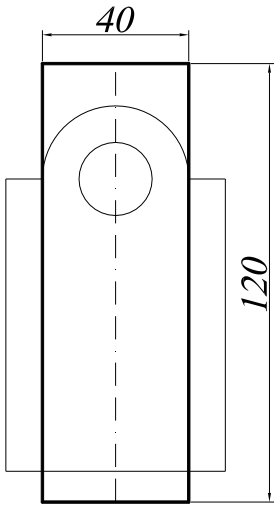
1. Создание области для основания командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



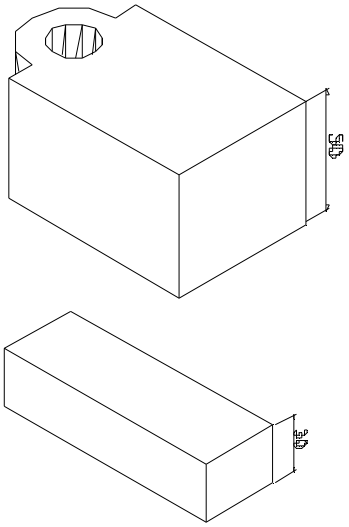
2. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» обе окружности и прямоугольник. Толщина выдавливания 20.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело путем вычитания цилиндров из параллелепипеда.
Командой ***Hide*** (Скрыть) подавляем невидимые линии.



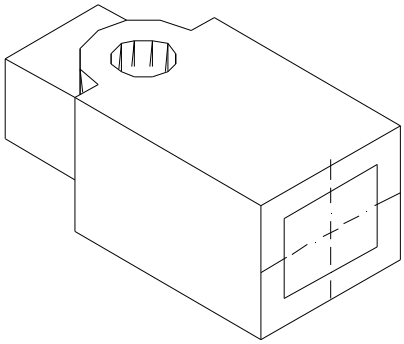
3. Создание области для «башни» командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



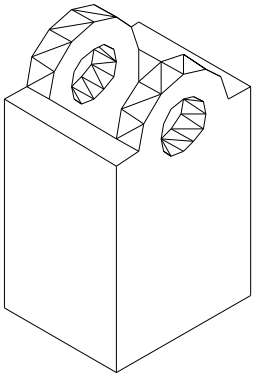
4. Создание области для выреза «башни» командой ***Polyline*** (Полилиния).

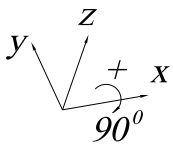


5. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» оба тела. Толщина выдавливания «башни»=50, толщина выдавливания «бруска»=30.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело «башни» путем вычитания цилиндра из построенного тела

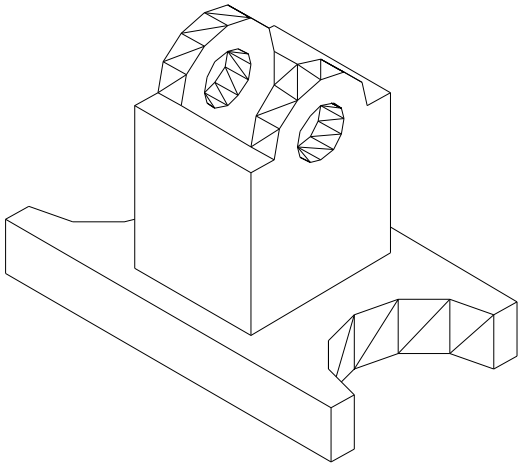


6. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «брусок» и центрируем относительно основания «башни».
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем сквозное отверстие в теле «башни» путем вычитания поверхности «бруска» из тела «башни».





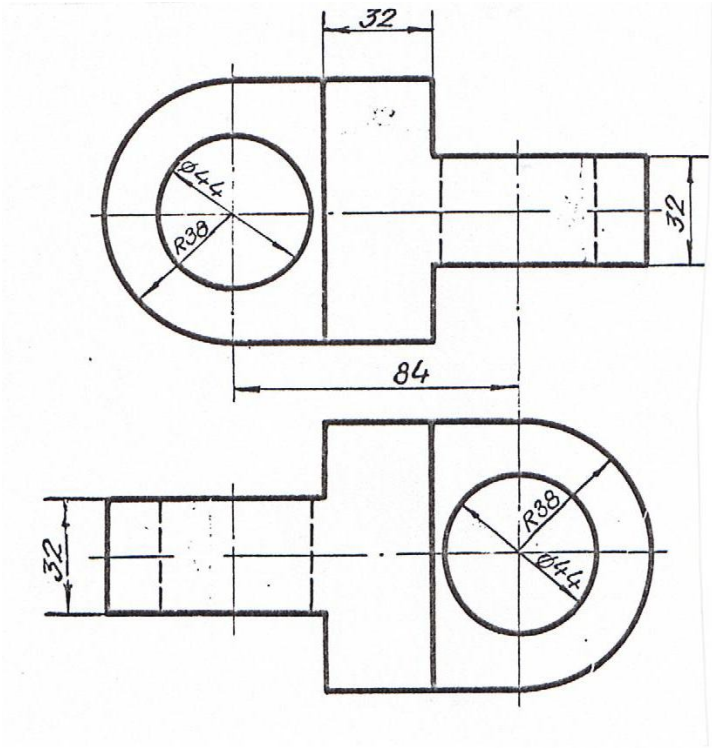
7. Поворачиваем башню относительно оси x на 90^0 (по правилу правой руки), используя команду ***Rotated 3D***, которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редакировать)→ ***3D Operation*** (3М Операции) → ***Rotated 3D*** (3М Поворот).



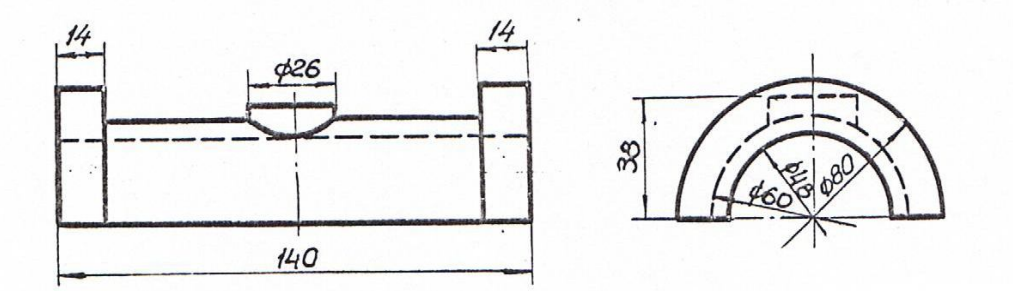
8. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «башню» и центрируем относительно построенного основания.
Командой ***Union*** (объединение) объединяем полученные тела.

Приложение 6

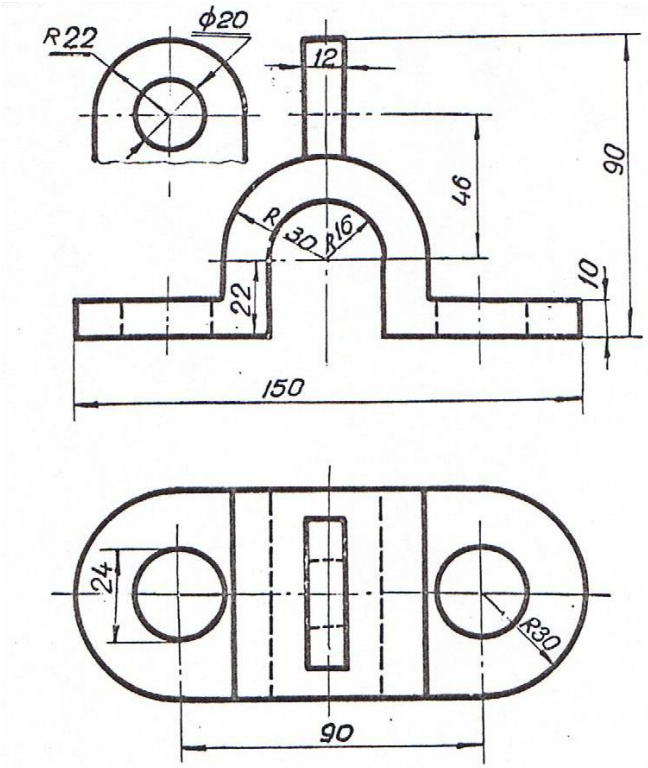
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 4



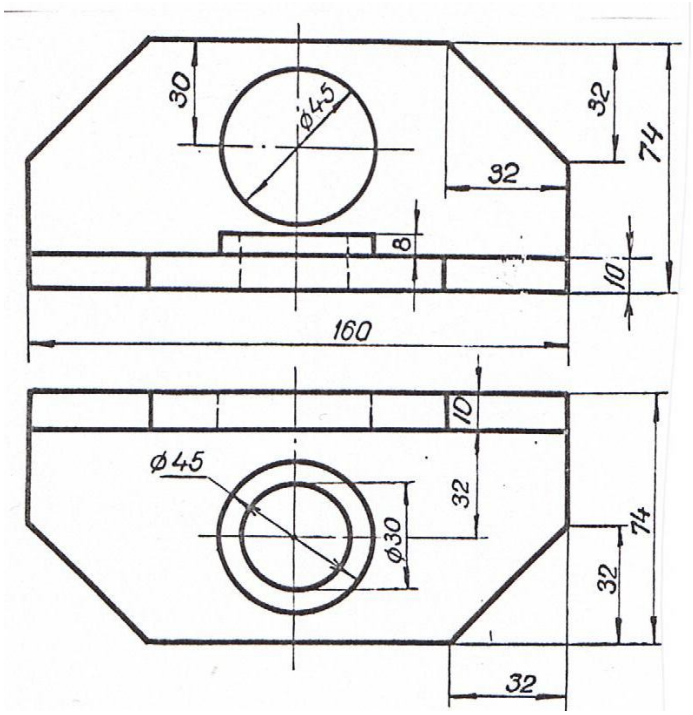
Вариант 1. Вычертить серьгу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



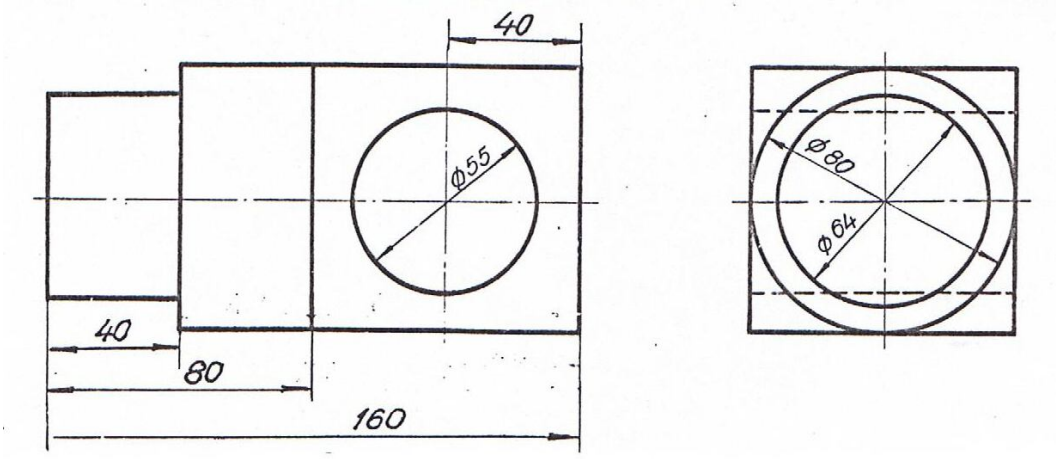
Вариант 2. Вычертить вкладыш подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



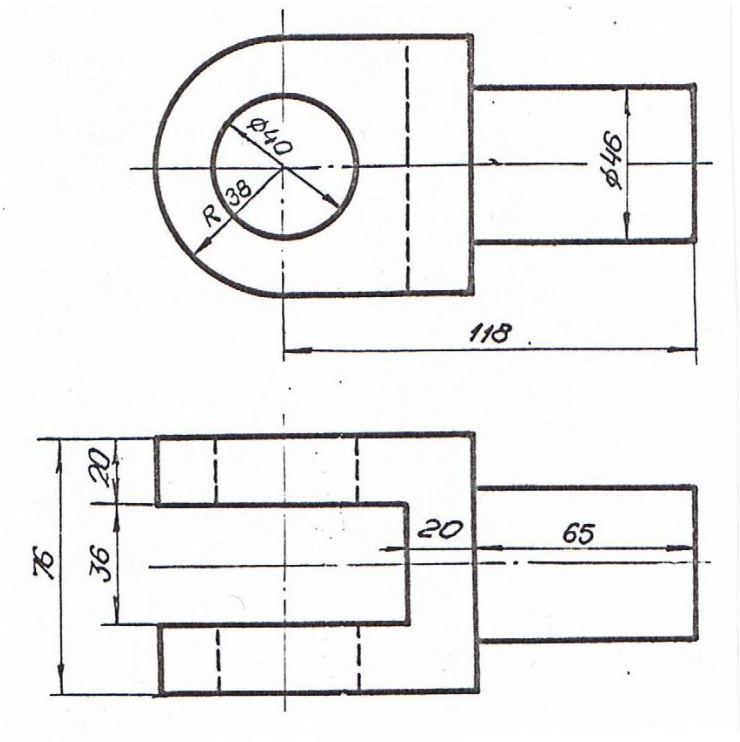
Вариант 3. Вычертить скобу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



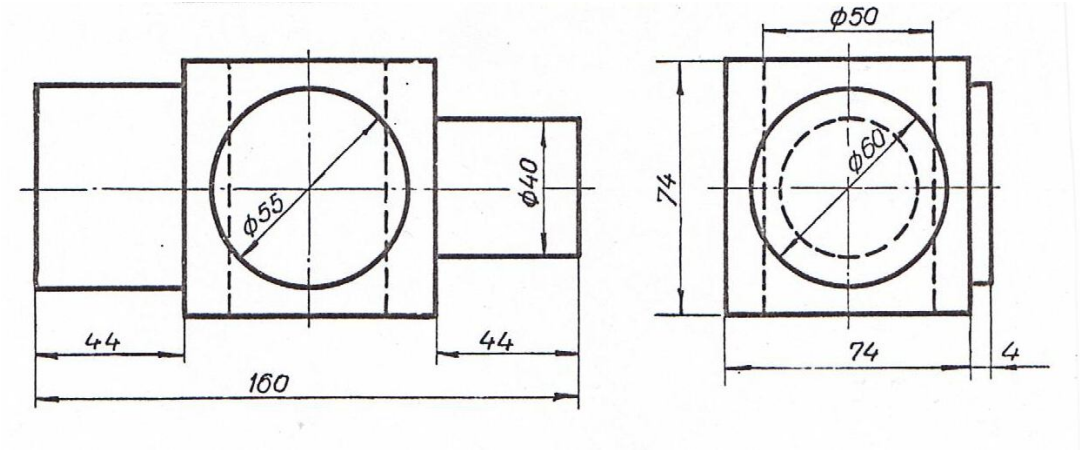
Вариант 4. Вычертить угольник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



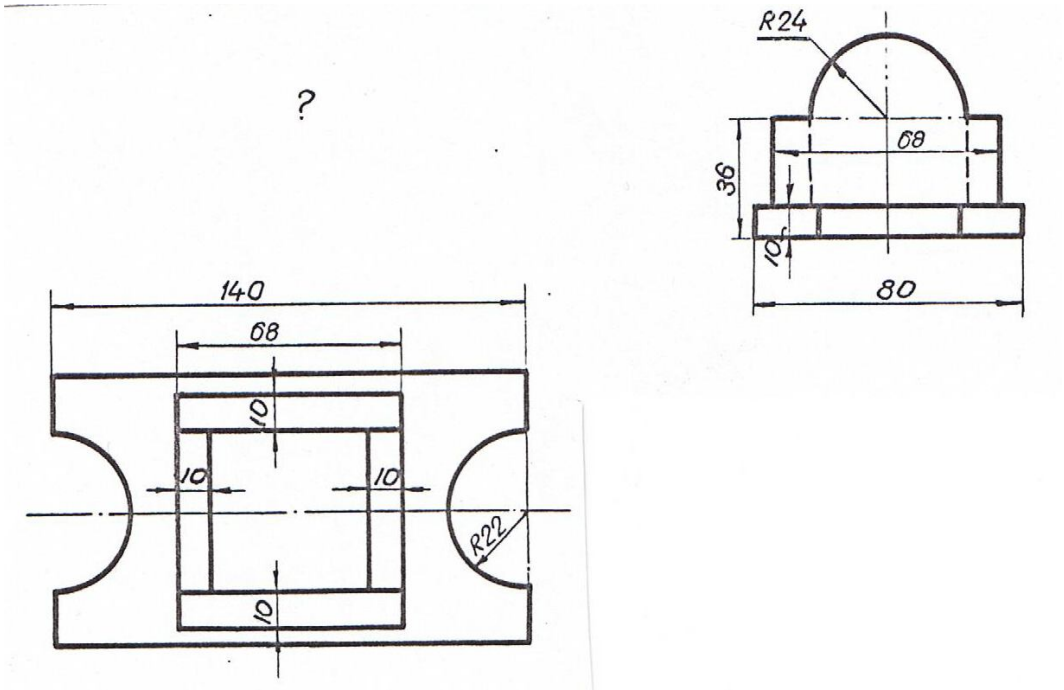
Вариант 5. Вычертить цапфу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



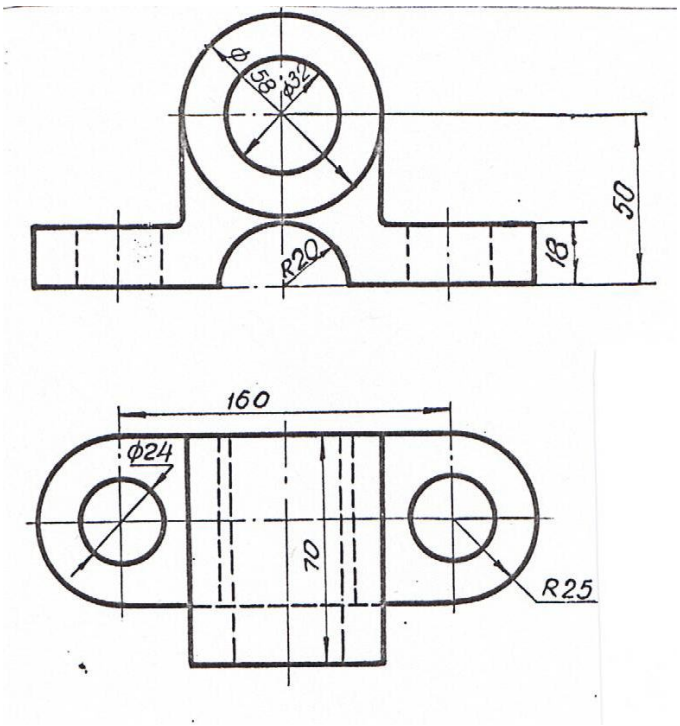
Вариант 6. Вычертить ушко в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



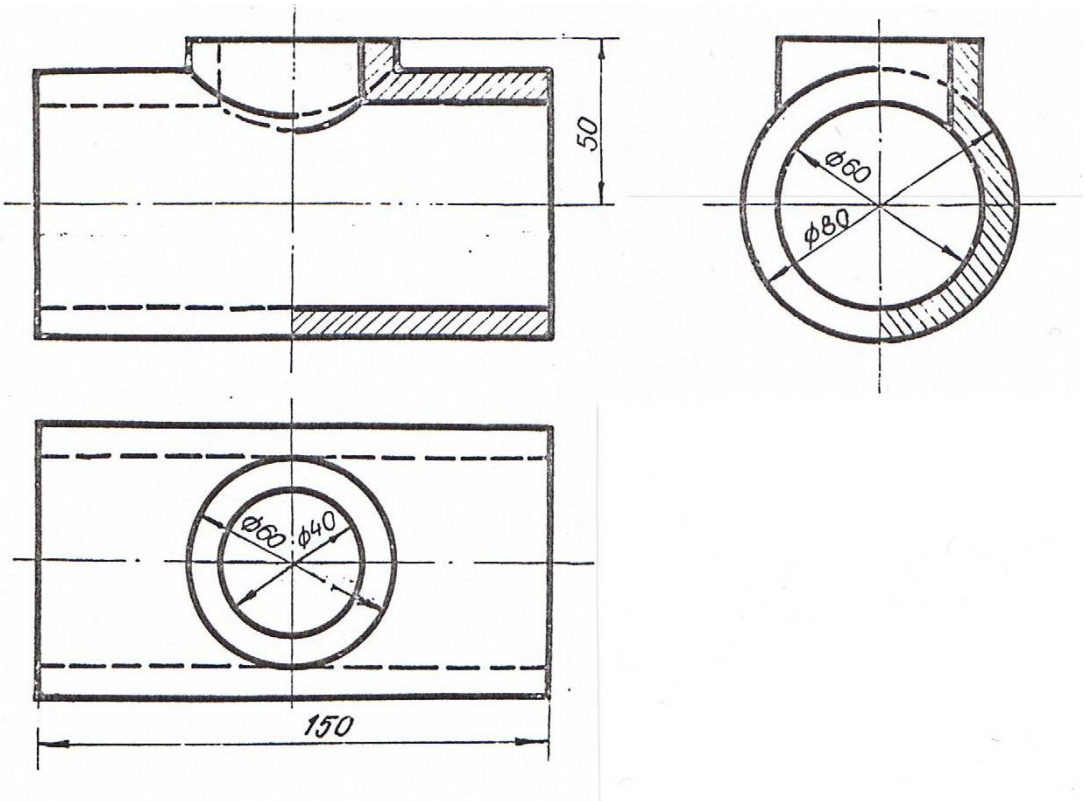
Вариант 7. Вычертить ось в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



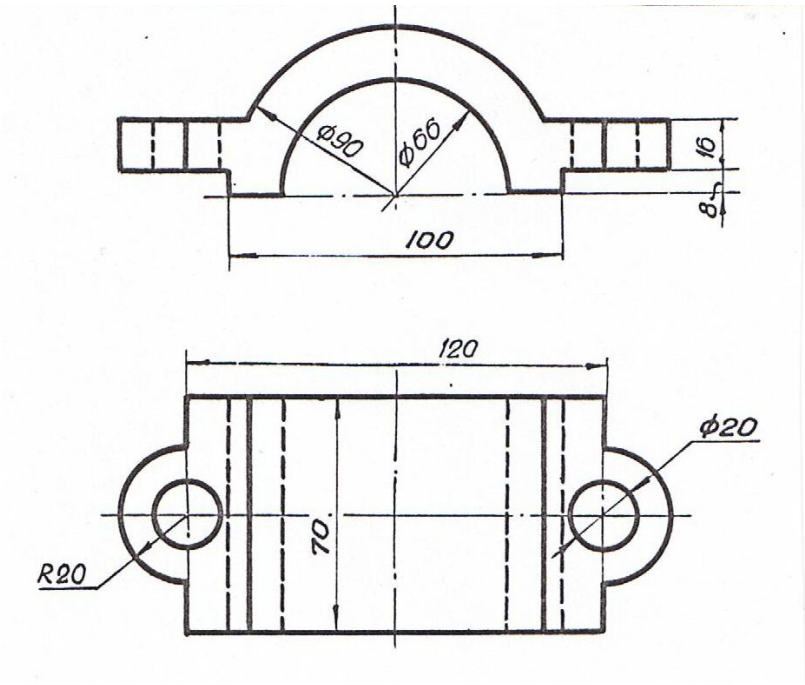
Вариант 8. Вычертить подставку в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



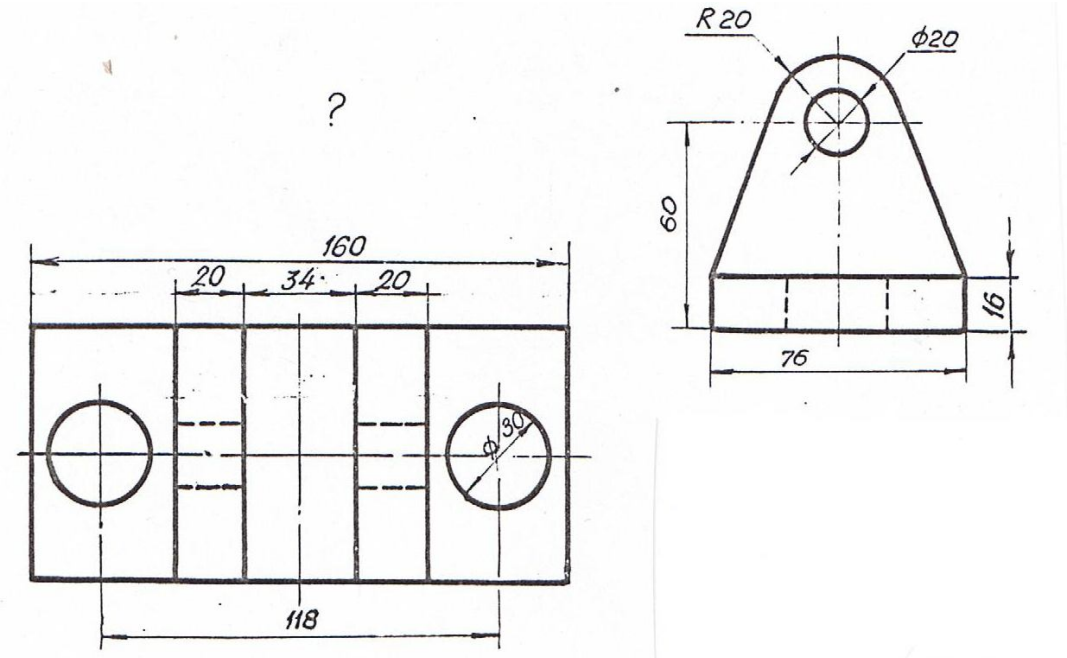
Вариант 9. Вычертить подшипник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 10. Вычертить тройник в изометрии по заданным трем видам в масштабе 1:1.



Вариант 11. Вычертить крышку подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 12. Вычертить опору в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Глава 1. **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ**……. 5

1. Множества…….. 5

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 5

1.2. Отображения и преобразования…… 7

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 10

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 11

1.5. Формирование пространства…… 13

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 14

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 21

2. Системы координат…… 22

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 22

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 23

2.3. Цилиндрические координаты…… 23

2.4.Сферические координаты…… 24

Вопросы для самопроверки…….. 24

Глава 2. **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**…… 25

1. Запуск системы *AutoCAD*…… 25

2. Вид рабочего окна *AutoCAD*……. 26

3. Падающее меню……. 26

4. Строка состояния…… 27

5. Ввод команд…… 28

6. Панели инструментов……. 28

7. Стандартная панель инструментов *(Standard Toolbar)*…….. 28
8. Панель инструментов Object Properties *(Свойства объекта)*…. 30
9. Графические примитивы…….…….. 32
10. Ввод координат точки…….…… 33
11. Панель инструментов *Draw* (Рисовать)…… 34
12. Построение геометрических примитивов…….. 34
12.1. Точка……. 35
12.2. Построение линий…… 35
12.2.1. Отрезок……. 35
12.2.2. Прямая и луч…… 37
12.2.3. Полилиния……. 38
12.2.4. Сплайн……... 41
12.3. Построение многоугольников…… 42
12.3.1. Многоугольник…… 42
12.3.2. Прямоугольник……. 43
12.4. Построение окружностей, эллипсов и их дуг…… 45
12.4.1. Окружность…… 45
12.4.2. Эллипс…… 49
12.4.3. Дуга окружности…… 50
13. Текстовые стили…… 52
13.1. Однострочный текст…… 53
13.2. Многострочный текст……. 57
14. Блок…… 58
14.1. Создание блоков……... 58
14.2. Вставка блока…… 59
15. Создание замкнутых объектов…….. 61
16. Штриховка……. 62
17. Панель инструментов *Object Snap* (Объектная привязка)…… 65
18. Панель инструментов *Modify* (Изменить или редактировать) 67
18.1. Удаление и восстановление объектов……. 68
18.2. Копирование объектов……. 69
18.3. Зеркальное отображение объектов…….. 70
18.4. Построение подобных примитивов……. 71
18.5. Размножение объектов массивом…….. 72

18.6. Перемещение объектов…… 76
18.7. Поворот объектов…… 77
18.8. Масштабирование объектов…… 78
18.9. Растягивание объектов……. 79
18.10. Подрезание объектов……. 80
18.11. Удлинение объектов…… 81
18.12. Разбиение объектов на части……. 82
18.13. Вычерчивание фасок…… 83
18.14. Построение сопряжений углов…….. 84
19. Редактирование с помощью маркеров *Grips* («Ручки»)…….. 86
20. Диспетчер свойств объектов……. 89
21. Панель инструментов *Dimension* (Измерение)…… 89
21.1. Линейные размеры…… 90
21.2. Параллельные размеры…… 92
21.3. Базовые размеры…….. 92
21.4. Размерная цепь……. 93
21.5. Радиальные размеры…… 94
21.6. Угловые размеры…… 94
21.7. Координатные размеры……. 95
21.8. Выноски и пояснительные надписи на чертеже…… 95
21.9. Быстрое нанесение размеров…….. 96
21.10. Нанесение меток центра окружности или дуги…….. 97
21.11. Редактирование размерных стилей…… 98
22. Зумирование…….. 101
23. Панорамирование……. 102
Вопросы для самопроверки…….. 102

Глава 3. **ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**……. 103

1. Общие сведения…….. 103
2. Задание трехмерных координат…….. 103
3. Задание пользовательской системы координат……. 104
4. Пространство модели и пространство листа……. 107
5. Видовые экраны…… 108

5.1. Создание неперекрывающихся видовых экранов……. 108
6. Установка видов на графическом поле……. 109
6.1. Установка направления взгляда…… 109
6.2. Задание направления взгляда с помощью диалогового окна 111
6.3. Установка плана изображения……... 112
6.4. Установка ортогональных и аксонометрических видов…… 113
6.5. Интерактивное управление точкой взгляда…… 113
6.6. Динамическое вращение трехмерной модели…… 114
7. Моделирование каркасов…… 114
7.1. Трехмерная полилиния…….. 115
7.2. Средства редактирования трехмерной полилинии……. 115
8. Твердотельное моделирование……. 116
9. Стандартные тела…… 117
9.1. Параллелепипед……. 117
9.2. Клин…… 118
9.3. Сфера…… 118
9.4. Конус…….. 119
9.5. Цилиндр……. 120
9.6. Тор…….. 121
10. Тела пользователя……. 122
10.1. Выдавленное тело…… 122
10.2. Тело вращения…… 124
11. Тела, созданные комбинированием нескольких тел……. 125
11.1. Объединение объектов…… 126
11.2. Вычитание объектов…….. 126
11.3. Пересечение объектов…….. 127
12. Общие средства редактирования трехмерных объектов…….. 128
12.1. Поворот вокруг оси……. 128
12.2. Зеркальное отображение относительно плоскости (плоскостная симметрия)……. 129
12.3. Размножение трехмерным массивом…….. 130
12.4. Вычерчивание фасок трехмерных тел…… 131
12.5. Построение сопряжений граней…….. 133
12.6. Построение сечений……. 134

12.7. Построение разрезов…… 134
13. Редактирование граней, ребер тел…… 135
13.1. Режим редактирования граней твердотельного объекта…. 136
13.2. Режим редактирования ребер твердотельного объекта……. 140
13.3. Режим редактирования общих свойств
твердотельного объекта……. 141
14. Пример построения трехмерной модели……. 142
15. Перекрывающиеся видовые экраны. Создание ортогональных проекций……... 144
16. Визуализация трехмерных моделей…… 147
16.1. Удаление невидимых линий…… 148
16.2. Раскрашивание трехмерной модели…….. 148
16.3. Тонирование изображений трехмерных объектов…….. 149
16.4. Включение фона в изображение сцены……. 150
16.5. Настройка освещения……. 151
16.6. Тени…… 152
16.7. Работа с материалами…….. 153
Вопросы для самопроверки…….. 154
Заключение…… 155
Список литературы……. 156
Приложения……. 157
Приложение 1. Пример выполнения рабочего чертежа детали…….. 157
Приложение 2. Задание для выполнения графической работы № 1…….. 158
Приложение 3. Задание для выполнения графической работы № 2…….. 164
Приложение 4. Задание для выполнения графической работы № 3…….. 170
Приложение 5. Пример построения твердотельной модели…… 176
Приложение 6. Задание для выполнения графической работы № 4…….. 178

Учебное издание

Шангина Елена Игоревна

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка и графика автора

Подписано в печать 01.02.06. Формат 60x84-1/8. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 23,75. Уч.-изд. л. 11,25. Тираж 200 экз. Заказ № .

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А. Упоров

ОП. 01 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

специальность 15.02.01
Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования
(машиностроение)

очная форма обучения
на базе основного общего образования
год набора: 2017

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Насолдина И. Ю. ассистент

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Инженерной графики	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Шангина Е. И.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 5 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

Комплект оценочных средств дисциплины согласован с выпускающей кафедрой эксплуатации горного оборудования

Заведующий кафедрой _____ Симисинов Д.И.

подпись

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….....3

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗУБЧАТЫХ КОЛЕСАХ……...4

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ……7

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ …….. ……11

ВВЕДЕНИЕ

Зубчатые передачи широко применяются в различных механизмах для передачи вращательного момента от одного вала к другому. Основной деталью зубчатой передачи является зубчатое колесо.

Данное методическое пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении чертежа зубчатого колеса, который является частью задания «Условности машиностроительного черчения».

При выполнении этого чертежа студент должен ознакомиться с элементами конструкции зубчатого колеса, его основными параметрами, а также с особенностями, условностями и упрощениями, применяемыми при построении изображений зубчатых колес.

Работа содержит основные сведения о функциональном назначении и конструктивных особенностях зубчатых колес различного применения, а также соотношения между основными параметрами цилиндрического зубчатого колеса; приведена методика определения размеров основных конструктивных элементов зубчатого колеса в зависимости от величины модуля и количества зубьев.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗУБЧАТЫХ КОЛЕСАХ

Зубчатые зацепления широко распространены в технике. Они служат для передачи вращательного момента от одного вала к другому. Оси вращения валов могут располагаться параллельно друг другу, а также пересекаться или скрещиваться между собой. Если зубчатые передачи состоят из двух колес, то колесо, которое передает момент другому колесу, называется ведущим, а второе называется ведомым. В зависимости от соотношения числа зубьев ведущего и ведомого колес изменяется частота вращения вала ведомого колеса.

Кроме того, зубчатые колеса могут применяться для преобразования вращательного движения в поступательное. В этом случае зубчатая передача называется реечной и состоит из зубчатого колеса и рейки.

В зубчатых передачах усилие от одного колеса к другому передается посредством зубьев, последовательно вступающих в контакт друг с другом. В зависимости от функционального назначения и условий работы зубья могут иметь различную форму и расположение относительно оси колеса.

На рис. 1 показаны зубчатые зацепления с различной формой зубьев:

а) цилиндрическая передача с прямыми зубъями;

б) цилиндрическая передача с косыми зубьями;

в) цилиндрическая передача с шевронными зубьями;

г) коническая передача с прямыми зубьями.

В зависимости от формы профиля зуба передачи подразделяются на эвольвентные, неэвольвентные (передачи Новикова) и циклоидальные.

На рис. 2 показано зубчатое колесо с эвольвентным профилем зуба.

Основными параметрами зубчатого колеса являются: диаметр делительной окружности $\boldsymbol{d}$, модуль $\boldsymbol{m}$ и число зубьев $\boldsymbol{z}$.

Диаметр делительной окружности $\boldsymbol{d}$ равен диаметру цилиндрической поверхности, которая делит зубья на головку и ножку. Окружной шаг зацепления зубьев $\boldsymbol{P_t}$ (рис. 2) представляет собой расстояние между

одноименными точками профиля соседних зубьев по дуге делительной окружности.

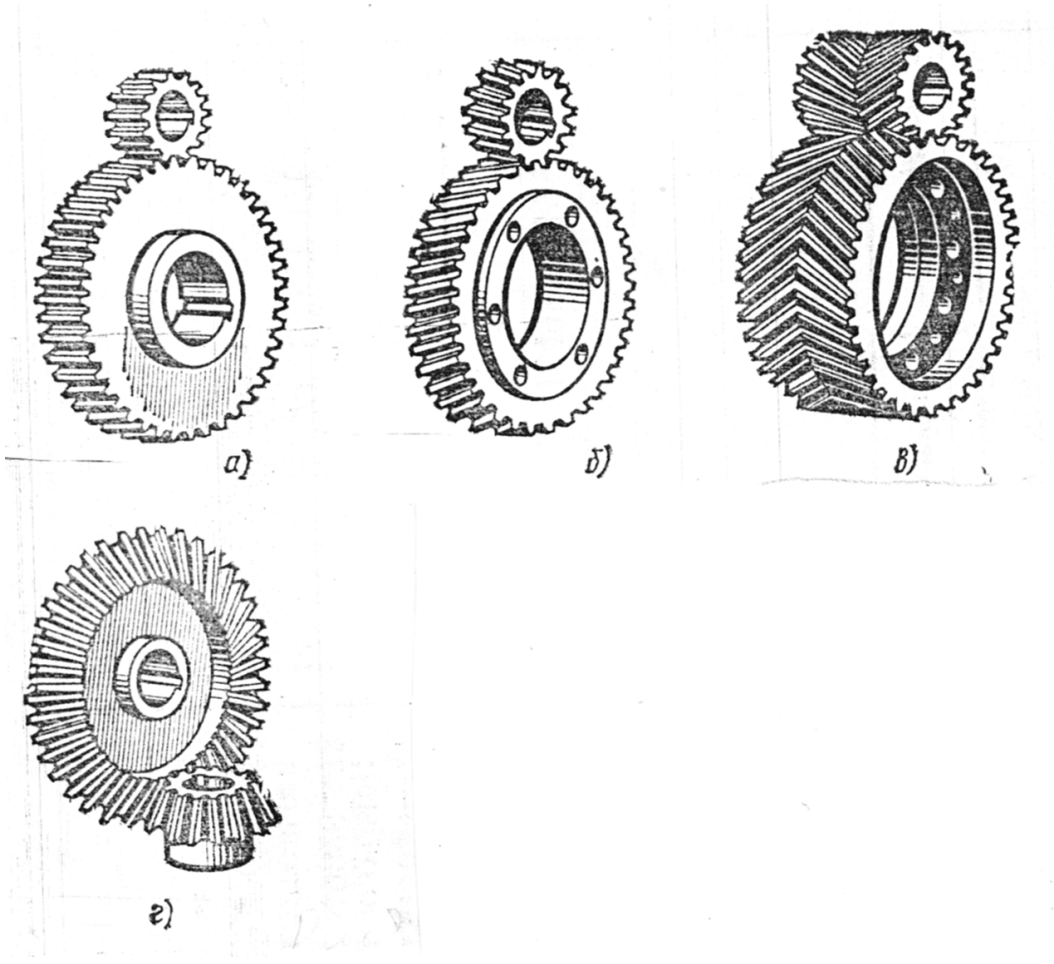


Рис. 1. Зубчатые зацепления

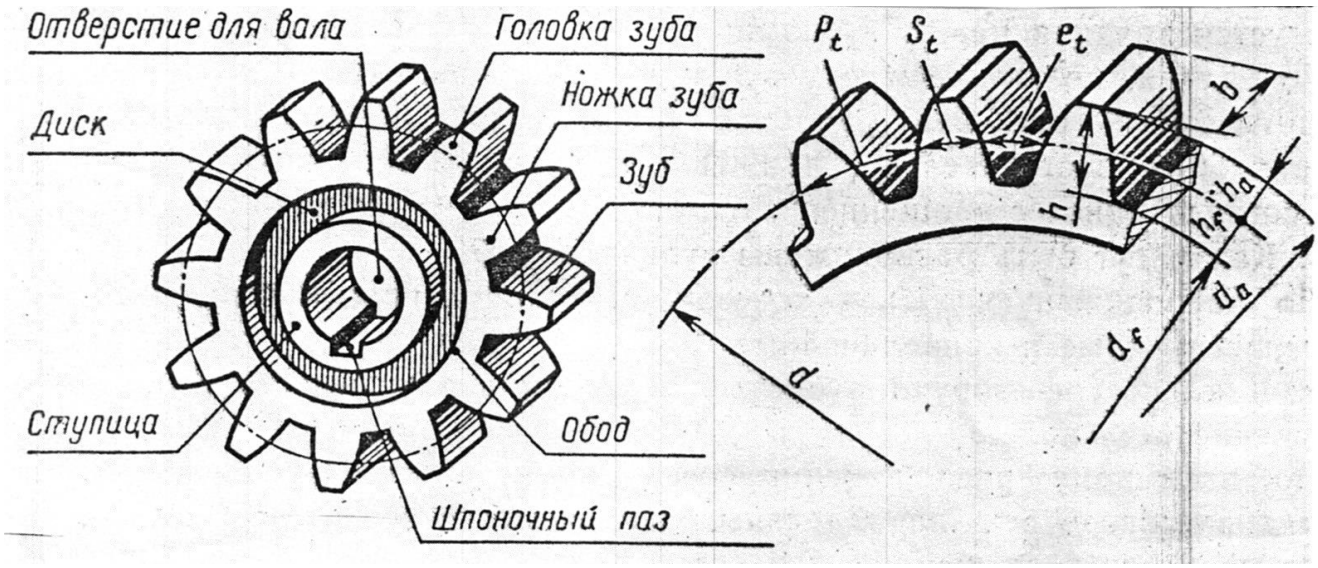


Рис. 2. Зубчатое колесо с эвольвентным профилем зуба

Величина P_t делится поверхностями соседних зубьев на две равные части окружную толщину зуба S_t и окружную ширину впадины ℓ_t (рис. 2).

Длина делительной окружности, таким образом, равна произведению окружного шага зацепления на число зубьев

$$\pi d = P_t \cdot z \qquad (1)$$

Модулем зубчатого колеса называется отношение окружного шага зацепления P_t к величине π

$$m = \frac{P_t}{\pi} \qquad (2)$$

На основании уравнений (1) и (2) можно сделать вывод, что

$$d = mz \qquad (3)$$

Величина модуля определяет размер зуба и рассчитывается в зависимости от момента вращения, передаваемого зубчатым колесом. Модуль является величиной стандартной и поэтому после расчета зуба на прочность конструктор выбирает величину модуля из таблицы в соответствии с ГОСТ 9563-60, ближайшую к расчетной.

Для эвольвентных цилиндрических зубчатых колес общего назначения высоту головки зуба h_a и величину ножки зуба h_f определяют по формулам

$$h_a = m, \qquad (4)$$

$$h_f = 1{,}25m. \qquad (5)$$

Таким образом, высота зуба

$$h = 2{,}25m. \qquad (6)$$

На основании уравнений (3) - (5) можно определить диаметр окружности впадин d_f и диаметр окружности выступов d_a

$$d_f = m(z - 2{,}5) \qquad (7)$$

$$d_a = m(z + 2) \qquad (8)$$

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

В табл. 1 приведены исходные данные для выполнения задания. В качестве исходных данных приведены два параметра зубчатого колеса: модуль ***m*** и число зубьев ***z***. Необходимо на основе этих данных определить размеры всех элементов цилиндрического зубчатого колеса. Диаметр делительной окружности, диаметры окружности впадин и выступов определяются по формулам (3), (7) - (8).

Таблица 1

Исходные данные

Номер варианта	***z***	***m***	Номер варианта	***z***	***m***
1	50	2	26	60	4
2	50	2,5	27	60	5
3	50	1,5	28	60	6
4	50	1,25	29	60	8
5	50	1	30	30	5
6	50	4	31	30	4
7	50	10	32	30	2
8	50	5	33	30	0,5
9	40	5	34	20	0,5
10	40	10	35	20	1
11	40	12	36	20	2
12	40	1	37	20	4
13	40	2	38	25	4
14	40	3	39	25	3
15	40	4	40	25	2
16	40	20	41	25	1
17	40	5	42	25	5
18	40	6	43	32	2,5
19	45	2	44	32	5
20	45	1	45	32	2
21	45	3	46	32	4
22	45	4	47	32	2
23	45	8	48	36	1,5
24	60	2	49	36	2
25	60	3	50	36	2,5

Для определения большинства остальных размеров зубчатого колеса (рис. 3) существуют эмпирические зависимости.

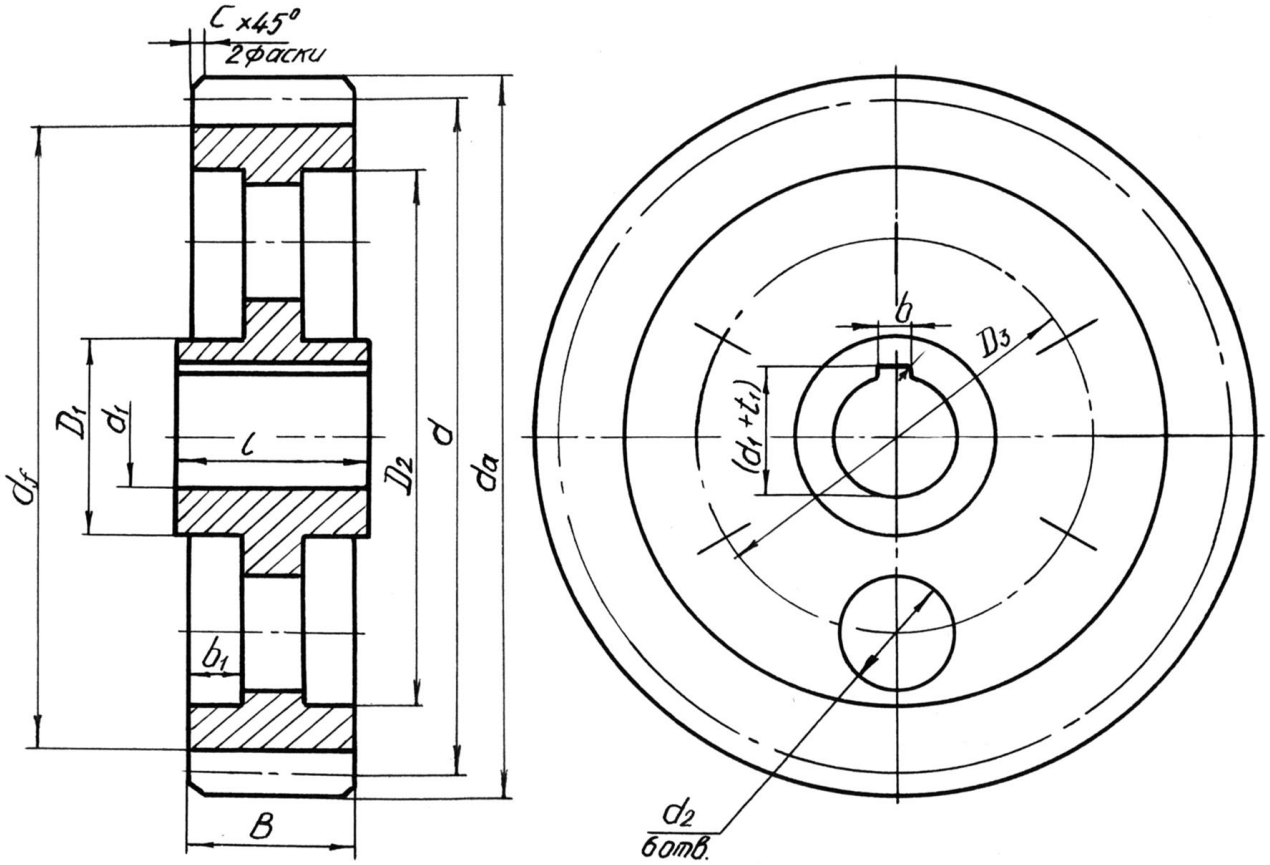


Рис. 3. Основные размеры элементов зубчатого колеса

В частности, размеры ступицы определяются по формулам

$$d_1=(4\div5)m, \quad (9)$$

$$\ell=1{,}7d_1, \quad (10)$$

$$D_1=(1{,}6\div1{,}8)d_1. \quad (11)$$

Где d_1 – диаметр отверстия ступицы зубчатого колеса; ℓ – ширина ступицы; D_1 – диаметр ступицы. Размеры элементов обода колеса и зубчатого венца определяются по формулам

$$D_2=d_f-(3\div4{,}5)m, \quad (12)$$

$$B=(6\div8)\,m, \quad (13)$$

$$b_1=\frac{1}{3}B. \quad (14)$$

Величина $\boldsymbol{D_2}$ представляет собой внутренний диаметр обода.

Размеры шпоночного паза определяются в зависимости от диаметра отверстия ступицы $\boldsymbol{d_1}$ по ГОСТ 8788-68. Величины $\boldsymbol{d_2}$, $\boldsymbol{D_3}$ и $\boldsymbol{c}$ определяются (конструктивно) по усмотрению конструктора.

После определения размеров выполняют чертеж зубчатого колеса на листе формате А3. Масштаб изображения выбирается самостоятельно в соответствии с ГОСТ 2.302-68. На рис. 4 приведен пример такого чертежа.

Следует обратить особое внимание на условности и упрощения, применяемые при выполнении чертежа. На месте главного вида выполняется полный фронтальный разрез колеса; зуб на разрезе показан не заштрихованным, а по диаметру делительной окружности нанесена штрихпунктирная линия. На виде слева делительная окружность показана также штрихпунктирной линией, а окружность впадин вообще не изображена.

В правом верхнем углу необходимо выполнить таблицу, в которой приведены основные параметры зубчатого колеса.

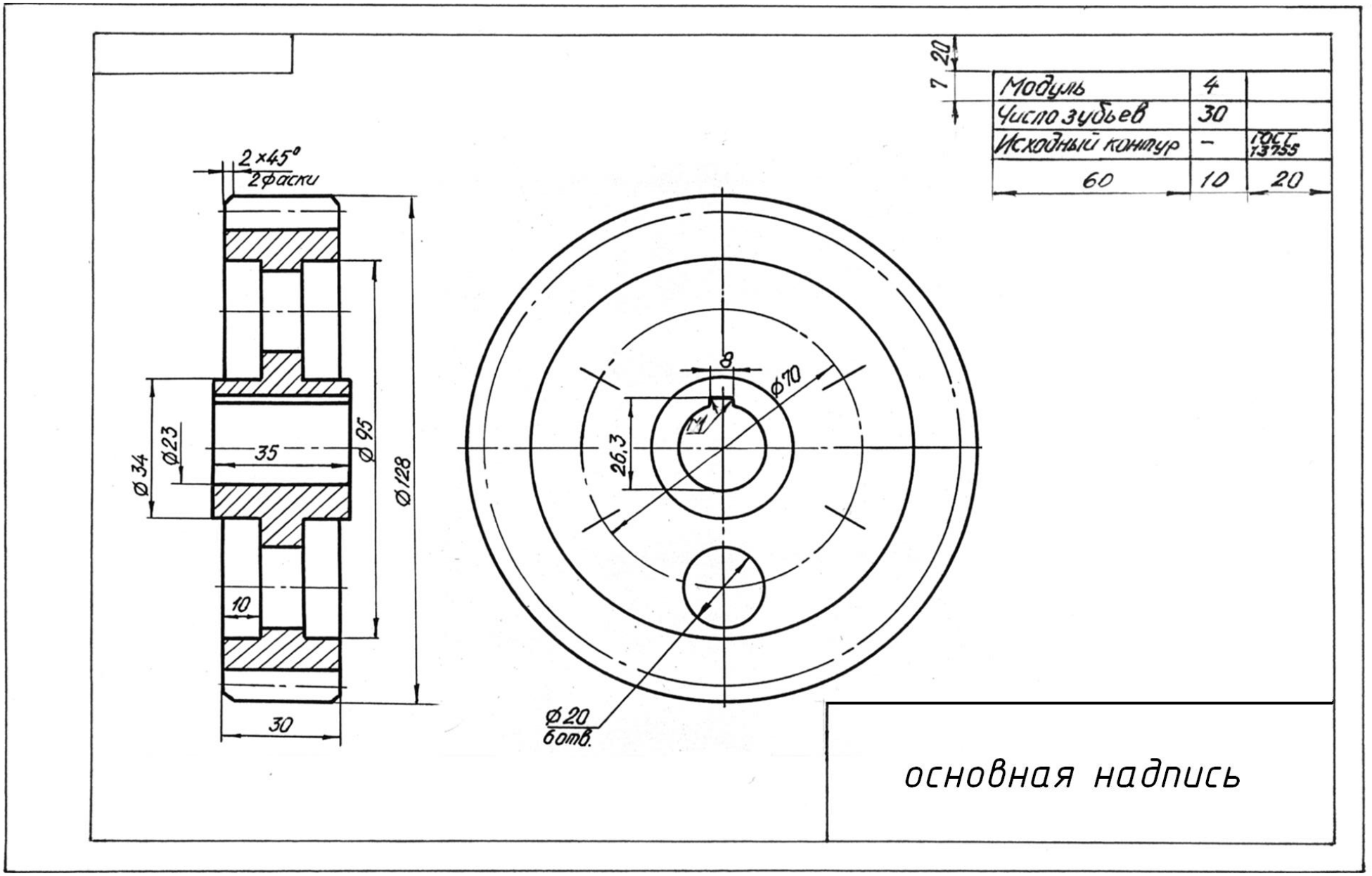


Рис. 4. Пример выполнения

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов В. Н. и др. Справочное руководство по черчению. М.: Машиностроение, 1989.

Суворов С. Г., Суворова Н. С. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах: Справочник. М.: Машиностроение, 1984.

Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. Л.: Машиностроение, 1981.

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия

Екатеринбург – 2006

УДК 514.18
Ш 20
Шангина Е. И.
Ш 20 Компьютерная графика: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 189 с.: ил.
ISBN 5-8019-0098-5

В пособии рассматривается графический интерфейс системы AutoCAD, описываются средства создания двух- и трёхмерных объектов. Приводятся методики и рассматриваются конкретные примеры создания чертежей, позволяющие студентам, начинающим изучение компьютерной графики, легко адаптироваться к среде системы AutoCAD. Пособие содержит описание базовых команд, необходимых для создания твёрдотельных моделей и выполнения чертежей в ортогональных и аксонометрических проекциях.

Отличие этого пособия от существующих в том, что даются основные понятия теории множеств и размерности для корректного задания на чертеже (экране компьютера) различных геометрических многообразий (точка, прямая, плоскость, кривые линии и т. д.).

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 170100-«Горные машины и оборудование», а также может быть использовано студентами технических специальностей всех форм обучения, изучающих курс «Компьютерная графика».

Рецензенты:

В. Н. Бабич – канд. техн. наук, профессор кафедры «Теория искусства, архитектуры и дизайна» Уральской государственной архитектурно-художественной академии.

Д. В. Куреннов– канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Прикладная геометрия и автоматизация проектирования» Уральского государственного технического университета (УПИ).

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета

© Уральский государственный
горный университет, 2006
© Шангина Е. И., 2006

ISBN 5-8019-0098-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Количество прикладных программных систем, функционирующих на персональных компьютерах и решающих различные задачи в различных отраслях промышленности, на сегодняшний день достаточно велико. Направленность и решаемые ими задачи различны. Одна из наиболее важных составляющих использования компьютерной графики – знание законов построения геометрической модели проектируемого объекта, теоретической основой которых является начертательная геометрия.

Известно, что современная начертательная геометрия занимается теорией методов моделирования пространств и многообразий различной размерности (возможно с дополнительной структурой) точками плоскости (экран компьютера тоже плоское поле). Другими словами, начертательная геометрия занимается изучением взаимно однозначных и взаимно непрерывных отображений. При построении какого-либо многообразия, независимо от геометрического определителя, размерность этого многообразия не изменяется. Таким образом, одним из инвариантов является размерность.

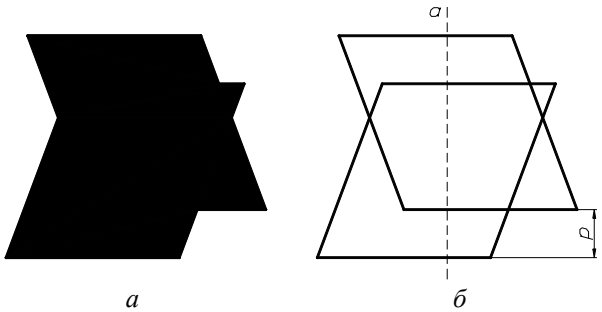
Приведём пример построения окружности в системе ***AutoCAD***. Известно, что окружность задаётся тремя параметрами. Поэтому, вызывая команду ***CIRCLE*** (КРУГ) – формирование окружности – построение может производиться путём задания: 1) центра и радиуса или 2) трёх точек (3P), или 3) двух точек, которые определяют диаметр (2P); 4) двух касательных и радиуса (Ttr); 5) трёх касательных (Tan Tan Ta). В некоторых случаях окружность удобнее задавать одним из перечисленных способов, но число параметров, определяющих данную окружность, остаётся неизменным, то есть равным трём. Таким образом, применяя теорию размерности, можно находить различные решения при построении новых моделей в среде компьютерных программ.

Кроме этого, в современных программах для создания графических объектов нередко используются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

Теоретической основой построения чертежей с использованием этих команд является симметрия. С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего студенты не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

Примером может служить метод построения геометрической фигуры, показанной на рис.1.

Построение геометрической фигуры (рис. 1, а), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии. Однако такая методика является неверной, так как снижается точность изображения и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (рис.1, б), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью *a* и параллельного переноса *p*.



а *б*

Рис. 1.

Итак, построение геометрических фигур на основе их инвариантных характеристик – это основной принцип, который позволяет значительно упростить освоение компьютерной графики.

Использование графических компьютерных программ, безусловно, позволило поднять на новый уровень графические методы решения различных технических задач, за счёт резкого повышения точности построений. Но при этом не следует забывать о теории формирования геометрических моделей, в основе которой лежат классические методы начертательной геометрии.

Глава 1
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как множество точек.

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\bigcap$); 4) объединение ($\bigcup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$):

1. Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).
2. Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.
3. Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, …, называется пересечением этих множеств и обозначается $A \bigcap B \bigcap C, \ldots$.
4. Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.
5. Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 1):

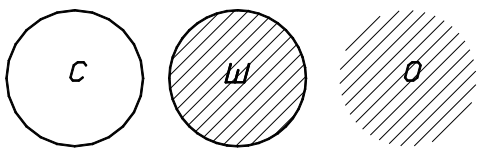


Рис. 1.

Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ – **С**.
Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1$ – **Ш**.
Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1$ – **О**.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:
$\mathbf{C} \bigcap \mathbf{Ш} = \mathbf{C}$, $\mathbf{Ш} \bigcap \mathbf{О} = \mathbf{О}$, $\mathbf{C} \bigcap \mathbf{О} = \varnothing$;
$\mathbf{C} \bigcup \mathbf{Ш} = \mathbf{C} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш}$;

Ш\С=О, **Ш\О=С**, **О\С=О**, **С\О=С**;
С\Ш=О\Ш=∅; **С=О**, **О=С**, **Ш=∅**.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств M и N от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества M самого с собой является множество M).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. ***Пучок плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение ~, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак ~ называется ***отношением эквивалентности***.

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых ***a, b, c,…*** является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности***: в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называет-

ся ***фактор-множеством*** множества ***M*** по отношению к эквивалентности ~. Фактор-множество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества, и, наоборот, любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная ***y*** называется функцией переменной ***x***, если каждому значению ***x***, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений ***y***. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению ***x*** соответствует единственное значение ***y*** (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под ***x*** и ***y*** понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под ***x*** и ***y*** будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества ***X*** ставится в соответствие определённый элемент y_i множества ***Y***, то говорят, что задано отображение ***f*** множества ***X*** в множество ***Y***, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 2). При этом элемент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении ***f*** элементу ***x*** соответствует элемент ***y***» или «отображение ***f*** переводит ***x*** в ***y***».

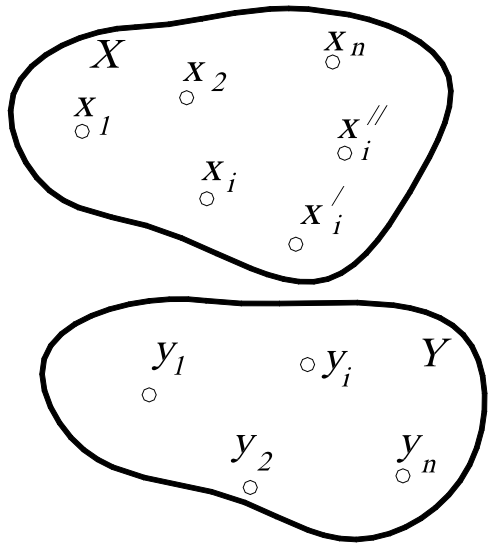


Рис. 2.

Множество ***X*** называют ***областью определения (областью отправления)***, а ***Y*** - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения ***f***.

Пусть область определения ***X*** состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n$, а область значений ***Y*** – из множества точек $y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 2). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области ***X*** соответствует единственный образ y_i в области ***Y***, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i^{/}, x_i^{//} \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

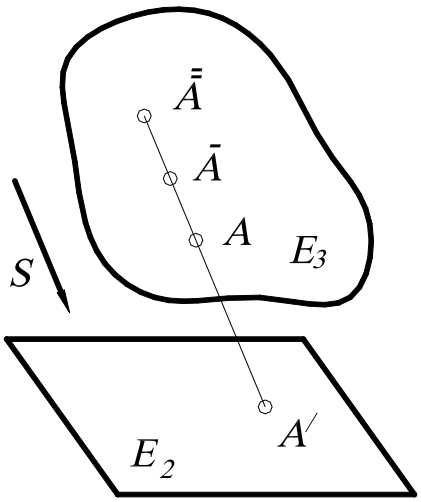


Рис. 3.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ на плоскость (двумерное пространство) $\boldsymbol{E^2}$ путём параллельного проецирования (рис. 3): каждая точка $\boldsymbol{A}$ трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ в данном направлении $\boldsymbol{S}$ проецируется в единственную точку $\boldsymbol{A'}$ плоскости $\boldsymbol{E^2}$. Однако в точку $\boldsymbol{A'}$ проецируется не только точка $\boldsymbol{A}$, но и все точки $\bar{\bar{\boldsymbol{A}}}, \bar{\boldsymbol{A}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть $\boldsymbol{З}$ – множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а $\boldsymbol{К}$ – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае – наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят: «взаимно однозначное соответствие»).

Отображение называется ***взаимно однозначным***, если каждому элементу $\boldsymbol{y_i \in Y}$ соответствует единственный прообраз $\boldsymbol{x_i \in X}$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $\boldsymbol{y = f(x)}$ и обратное соответствие $\boldsymbol{x = f^{-1}(y)}$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным***, или ***биекцией***.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 4 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) $\boldsymbol{AB}$ и $\boldsymbol{CD}$ установлено прямыми, проходящими через точку $\boldsymbol{S}$. При этом точке $\boldsymbol{X \in AB}$ соответствует точка $\boldsymbol{Y \in CD}$, что символически записывается так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$. Между этими отрезками можно установить соответствие так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$, если $\boldsymbol{\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}}$, где $\boldsymbol{CY}$, $\boldsymbol{CD}$, $\boldsymbol{AB}$, $\boldsymbol{AX}$ – длины отрезков.

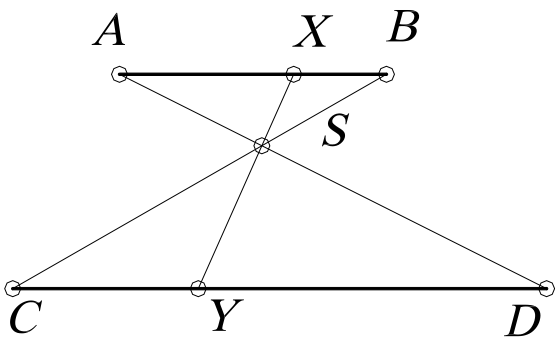


Рис. 4.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соот-

ветствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно-четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 5). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество ***M***, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M.***

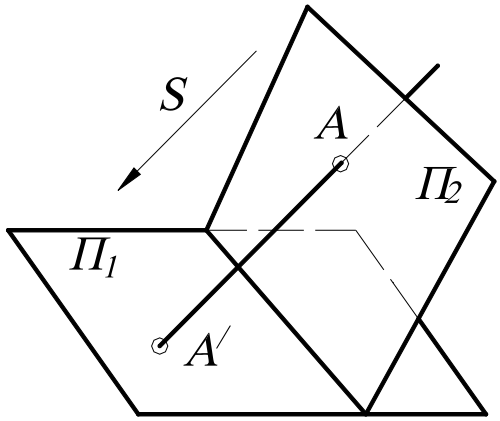


Рис. 5.

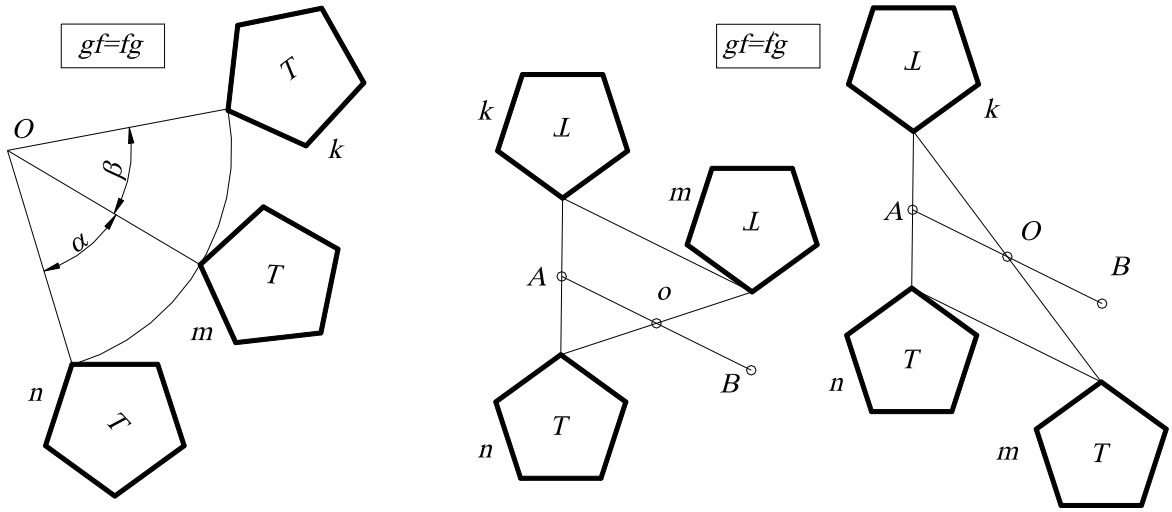
Отображение называется ***преобразованием***, если множества ***X*** и ***Y*** совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество ***X*** отображается на себя ***{X=Y}***. Другими словами, если отображение является обратимым, то оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки ***O*** есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что ***M*** – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры ***F*** сохраняется в преобразовании ***f***, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке ***P*** соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка ***P***. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка ***P*** плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой ***P***. В этом случае точка ***P*** называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит ***k*** в ***n***, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если ***f*** и ***g*** – повороты вокруг центра ***O*** на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 6, *а*). Если ***f*** – перенос на вектор ***AB***, а ***g*** – симметрия с центром ***O***, то $h=fg$ – симметрия с центром ***A***, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 6, *б*).
Здесь в первом примере произведение $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, то есть в этом случае говорят, что ***f*** и ***g перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножителей, то есть не коммутирует: $fg \neq gf$ (сравните два рисунка – 6, *а* и 6, *в* или 6, *а* и 6, *б*).



а *б* *в*

Рис. 6.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции надевания левого и правого ботинок ***Л*** и ***П*** перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям *1*, *2* **…**». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию *1*, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие *2* выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, **…**, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\}=M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 7).

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) согласно первому условию, – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

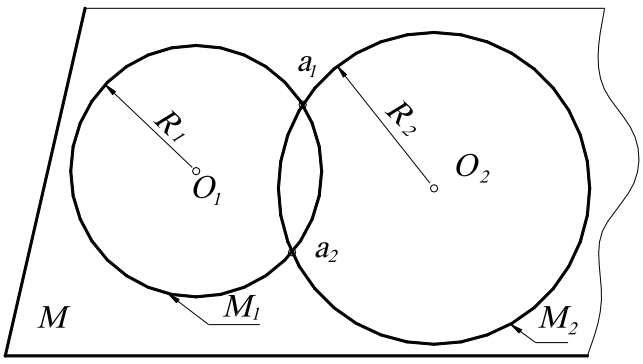
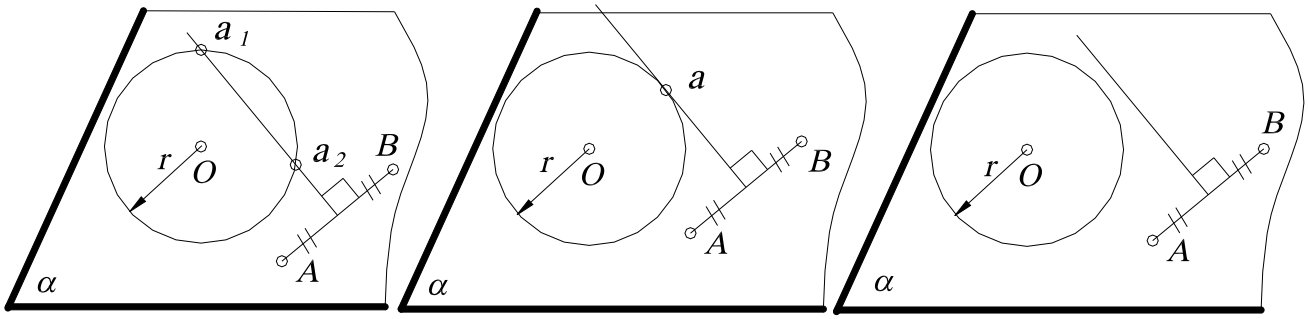


Рис. 7.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпен-

дикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (рис. 8, *а*, *б*, *в*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из ***M***, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

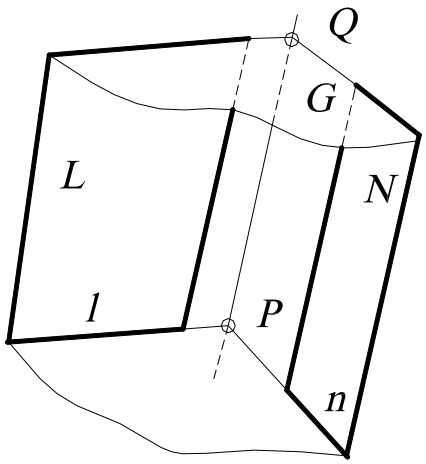


Рис. 9.

Задача 3. Найти прямую пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (рассматривают ***L*** и ***N*** как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис. 9). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности, преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M)=(L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l***, ***n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

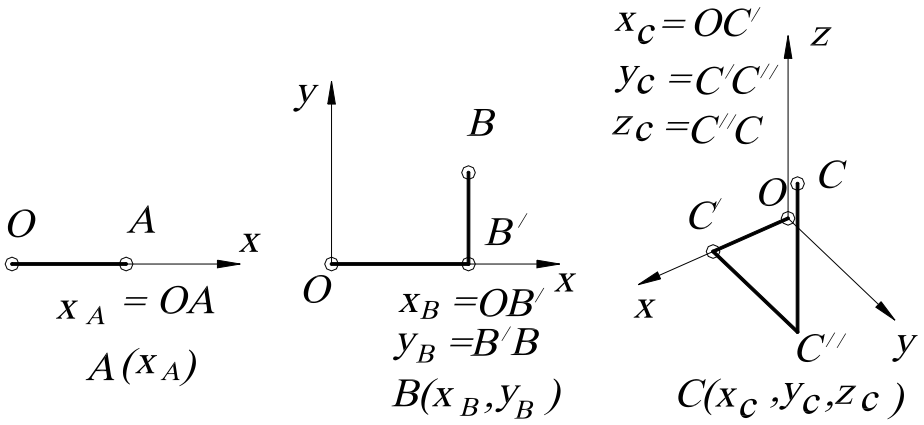
В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющее аксиомам евклидовой геометрии, которая изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество ***M*** можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество ***N***, то ***M*** и ***N*** имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества ***M*** на подмножество $N_1 \in N$, то ***M*** имеет размерность меньше, чем ***N***.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров ***p***, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В качестве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *с*

Рис. 10

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 10, *а*), на плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 10, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 10, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается E_1, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается E_2, или

двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается E_3. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

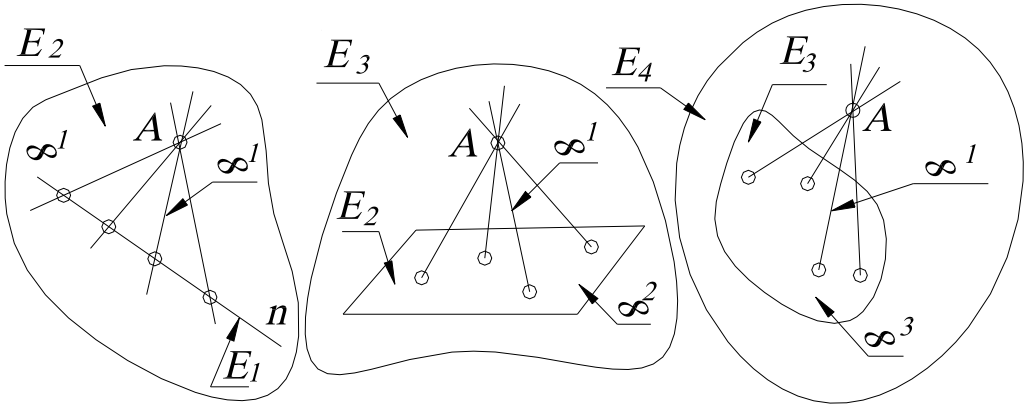
Пусть ***N*** – двупараметрическое множество. Каждый элемент из ***N*** определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между ***N*** и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число ***N*** и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из ***N*** будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью ***N***.

Итак, множество имеет размерность ***n***, если его элементам можно взаимно однозначно поставить ***n***-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит n-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой ***n*** (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 11, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой ***n***.



E_2: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; E_3: $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; E_4: $\infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 11.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками ***2***-пространства (рис.11, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проективным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками ***3***-пространства (рис.11, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая – одномерное множество точек (самое простое множество), множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно; цилиндров вращения – пятимерно; множество сфер, касающихся данной плоскости, - трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

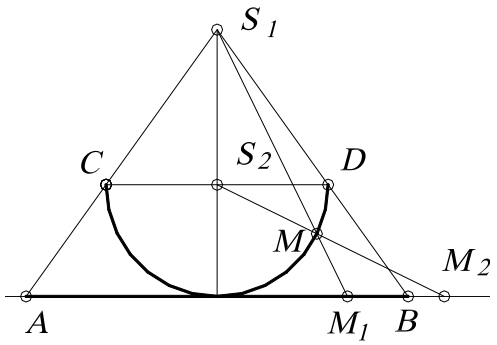


Рис. 12.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $x_A < x_i < x_B$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (рис.12). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки S_1, то есть точке M_1 соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка M_2) из центра S_2. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции $y = tg\ x$. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось ***y*** (рис. 13).

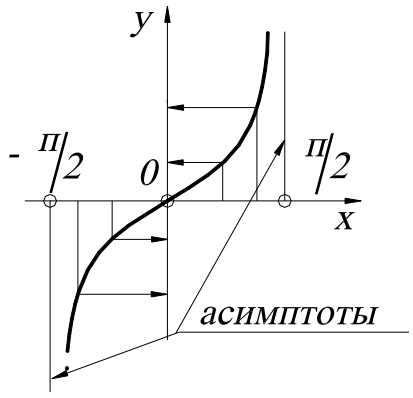


Рис. 13.

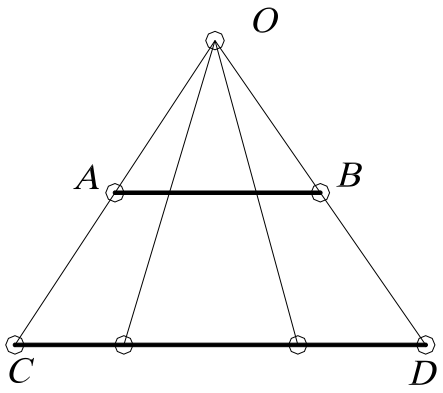


Рис. 14.

<u>Замечание 2.</u> Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос: где больше точек, на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 14.

Отобразим отрезок ***AB*** на отрезок ***CD*** из точки ***O*** пучком прямых. Каждой точке отрезка ***AB*** соответствует единственная точка отрезка ***CD***. Трудно примириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

<u>3. Степени свободы подпространств.</u> Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, ***m=1***, ***n=2*** – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее ***n***-мерное пространство, E_m – ***m***-мерная плоскость или ***m***-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется ***(n-1)***-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (***1***-плоскость) определяется двумя точками, ***2***-плоскость – тремя неколлинейными точками, ***3***-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, ***n***-плоскость – ***(n+1)***-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием ***(m+1)***-точек, и эти точки не должны содержаться в ***(m-1)***-пространстве.

Рассмотрим множество ***m***-плоскостей E_n (где ***n*** – размерность пространства), элементом этого множества является ***m***-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

<u>ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО.</u> Точка (***0***-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

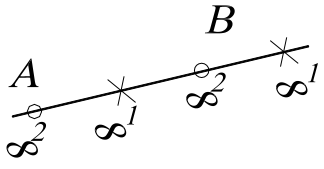


Рис. 15.

Прямая (***1***-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками ***A*** и ***B*** (то есть ***m+1=1+1=2***), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два параметра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек – следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.15). Другими словами, го-

ворят, что система из ***(m+1)***- точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

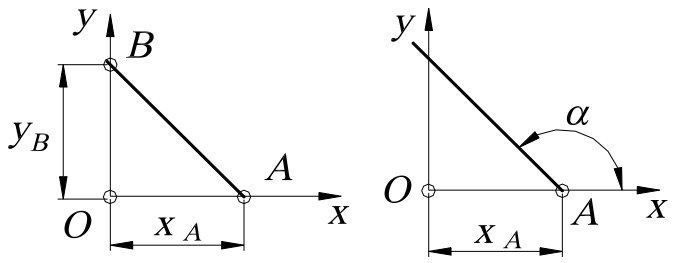
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $\dfrac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}$.

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$

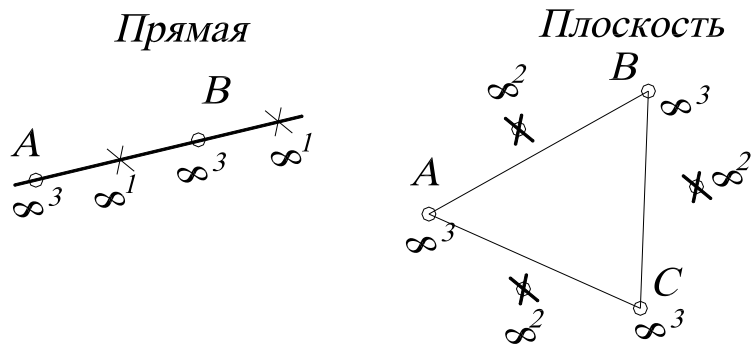


а *б*

Рис. 16.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 16, *а*) или x_A, α (рис. 16, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 17, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит, пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, имеющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^{1}\cdot\infty^{1}=\infty^{2}$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***3***-пространстве $\infty^{6}:\infty^{2}=\infty^{4}$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***



$$\frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{3+3}}{\infty^{1+1}}=\infty^{6-2}=\infty^{4} \qquad \frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{2}\cdot\infty^{2}\cdot\infty^{2}}=\frac{\infty^{3+3+3}}{\infty^{2+2+2}}=\infty^{9-6}=\infty^{3}$$

а *б*

Рис. 17.

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.17, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***3***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 18).

```
          1
        2   2
      3   4   3
    4   6   6   4
  5   8   9   8   5
6  10  12  12  10  6
.....................
```

Рис. 18.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве E_3 - ∞^4, так как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве E_3 определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве E_3 – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат ***3·3=9***. Аналогично, тетраэдров в ***3***-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в ***3***-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы ***n***-мерного многообразия ***M*** (например, ***M***-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки ***M*** должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из ***M***, которые удовлетворяют этому условию, образуют n_1-мерное подмножество $M_1 \subset M$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $n-n_1$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $n-n_1$ параметров, мы выделяем из ***M*** подмножество той же размерности n_1. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает $n-n_1$ параметров***», «***ограничение поглощает $n-n_1$ параметров***», «***требование накладывает на параметры $n-n_1$ связей (понижает размерность многообразия на $n-n_1$)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного

определения необходимо дозадать еще $(m+1)-(r+1)=m-r$ точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \quad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых $(m=1)$ плоскости $(n=2)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: $P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1$.

ПРИМЕР 2. Множество прямых $(m=1)$ пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-1)(1-0)=2$.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей $(m=2)$ трехмерного пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-2)(2-0)=2$.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства $(n=3)$, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок $(m=2)$ в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n m-пространство имеет $(n-m)(m+1)$ степеней свободы, но если оно проходит через r-пространство, то оно имеет $(n-m)(m-r)$ степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы m-пространство в E_n проходило через данное r-пространство (где $n>m>r$):

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \quad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве $(n=3)$ число условий, необходимых для прохождения прямой линии $(m=1)$ через данную точку $(r=0)$: $D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2$. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично $(P_1=(3-1)(1+1)=4)$, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично $(P_2=(3-1)(1-0)=2)$. Поэтому число условий D, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть $D=4-2=2$.

Если r-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в q-пространстве, равное $(r+1)(q-r)$, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы m-пространство и q-пространство в пространстве E_n пересекались по r-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \quad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии $(m=1)$ с одной направляющей прямой $(q=1)$ в точке $(r=0)$ равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: $D=(3-1-1+0)(0+1)=1$. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3): $(3-1)(0+1)=2$. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap = m_1 + m_2 - n, \qquad (5)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются ***i*** пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap} = m_1 + m_2 + ... + m_i - n(i-1);$$

$$n_{\cap} = \sum_{i=1}^{n} m_i - n(i-1), \qquad (6)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы:

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r= -1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но возможно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то, следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1 в вышеприведенном примере такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» (A_0, B_0, C_0, D_0) $\rightarrow$ плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов kA, kB, kC, kD, где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$
$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k), соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты x, y, z связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число P плоской алгебраической кривой m-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка $m=2$ (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть, чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности m-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где n – размерность объемлющего пространства; m – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка $m=2$ в трехмерном пространстве $n=3$ имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1\cdot 2\cdot 3} - 1 = \frac{3\cdot 4\cdot 5}{2\cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка – заданием девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 19).

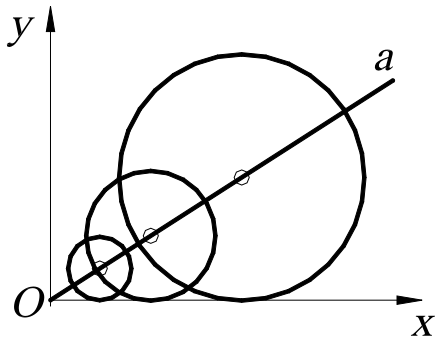


Рис. 19.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в задаче – только два условия (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям ***α*** и ***β*** и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 20).

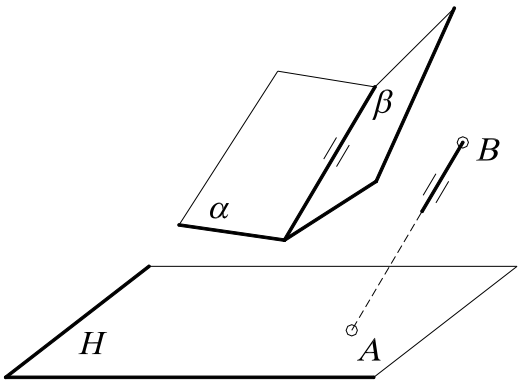


Рис. 20.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b.***

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки, и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и множество прямых связки составляет дву-

параметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2***). Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b***, – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0***. Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую.

Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью***, или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

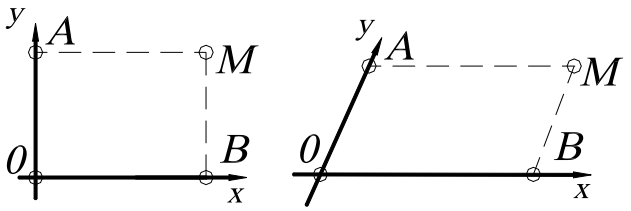
Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляются между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 21, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положительными. Значительную роль в математике сыграла важная идея, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727), о том,



а *б*

Рис. 21.

что эти расстояния можно считать и отрицательными, Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.21, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

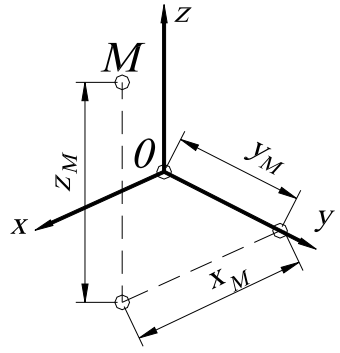


Рис. 22.

Систему координат в пространстве определяют три взаимно перпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимно перпендикулярные оси ***x, y, z*** (z_M– аппликата) (рис. 22). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол ***POM = φ*** между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r*** - радиус-вектор, ***φ*** - полярный угол (рис. 23).

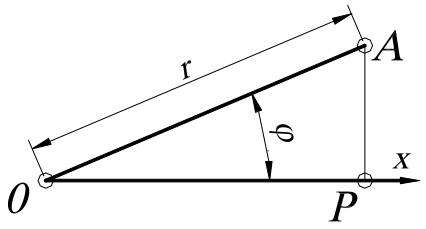


Рис. 23.

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x*** прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180^0)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т. д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

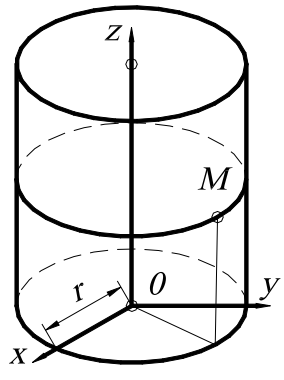


Рис. 24.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 24), связанные с декартовыми координатами ***x, y, z*** следующими уравнениями: ***x = r cos φ;***

y = r sin φ;

z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки M есть три числа r, φ, θ, связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$
$$y = r\sin\varphi\cos\theta;$$
$$z = \sin\theta,$$

где r – радиус-вектор, равный $0M$ (рис. 25);

φ - угол между положительным направлением оси $0x$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $0M$ на плоскость $x0y$, взятый против часовой стрелки;

θ - угол между радиус-вектором $0M$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $x0y$;

Угол $90^0 - \theta = \sigma$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

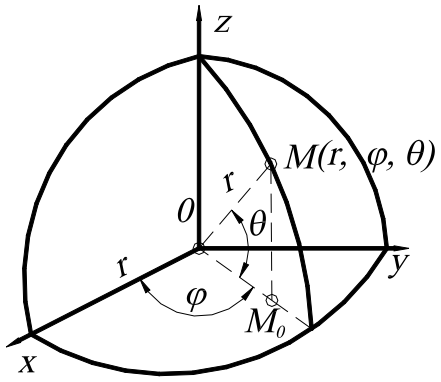


Рис. 25.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах.

Глава 2
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1. ЗАПУСК СИСТЕМЫ *AutoCAD*

Запуск ***AutoCAD*** осуществляется так же, как и любого другого приложения в **Windows**: при помощи ярлыка, размещённого на рабочем столе, или посредством меню (на панели задач щелкнуть на кнопке ***Start*** (Пуск), выбрать пункт ***Programs*** (Программы) и затем из выпавшего меню – ***AutoCAD 2005***).

После запуска ***AutoCAD***, в зависимости от его настройки выводится диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) (рис. 26) или рабочее окно ***AutoCAD*** (рис. 27) .

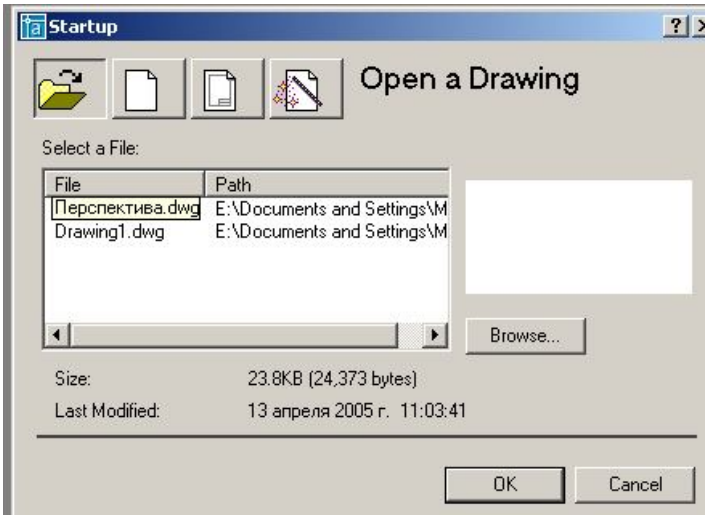


Рис. 26

В диалоговом окне ***Startup*** (Начало работы) предоставляют пользователю 4 кнопки:

1.  ***Open a Drawing*** (Открытие чертежа) для открытия ранее созданного чертежа.
2.  ***Start from Scratch*** (Без шаблона), то есть начать чертёж без предварительной настройки. При этом пользователю предлагается установить только единицы измерения – британские (футы и дюймы) или метрические.
3.  ***Use a Template*** (Использовать шаблон). При этом ***AutoCAD*** выводит список имеющихся шаблонов. Кроме этого пользователь может создать свои шаблоны с нужными ему настройками, например основную надпись и рамку формата.
4.  ***Use a Wizard*** (Вызов Мастера) для выполнения предварительной настройки. Мастер позволяет последовательно выполнить полную установку параметров рабочей среды ***AutoCAD***: установить единицы измерения длины (***Units***); единицы измерения углов (***Angle***); задать начало отсчёта угла (***Angle Measure***); положительное направление отсчета угла (***Angle Direction***); определить границы области рисунка (***Area***).

Диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) вызывается при каждой загрузке сеанса ***AutoCAD*** только один раз. В дальнейшем для создания рисунков в запущенном сеансе ***AutoCAD*** вызывается диалоговое окно ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка). Если после загрузки ***AutoCAD*** сразу открывается рабочее окно, то вышеописанные настройки можно выполнить при помощи команд UNITS и LIMITS (пункт меню ***Format***). Для открытия диалогового окна при запуске ***AutoCAD*** необходимо предварительно настроить, войдя в меню ***Format*** (Формат), выбрать вкладку ***System*** (Система) и в раскрывающемся списке ***Startup*** назначить пункт ***Show traditional startup dialog***, что соответствует выбору традиционного диалогового окна.

2. ВИД РАБОЧЕГО ОКНА *AutoCAD*

Рабочее окно системы ***AutoCAD*** содержит типичные для программ, работающих в Windows, элементы (панели инструментов, строка меню, линейки прокрутки). Кроме этого в рабочем окне располагаются две основные области ***AutoCAD*** – зона чертежа и командная строка, в которых происходит основной диалог пользователя с системой (см. рис. 27).

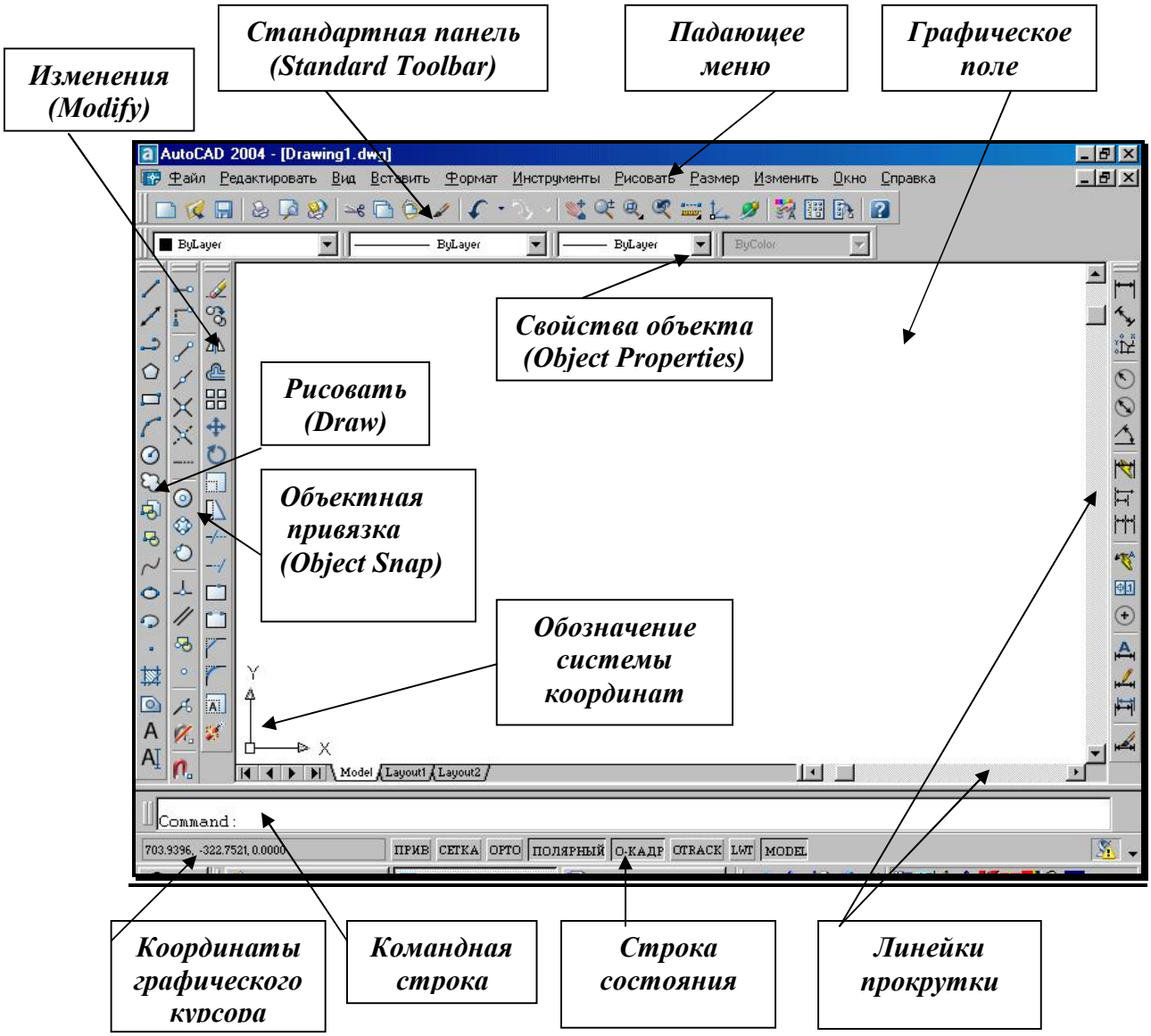


Рис. 27.

3. ПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ

Падающее меню (рис. 28) содержит названия меню, в которых по функциональному признаку сгруппированы часто используемые команды ***AutoCAD***. Команды в меню могут располагаться на нескольких уровнях (отличительный признак – «стрелка-треугольник» в конце строки с именем команды). Если за именем команды идёт многоточие, то это означает, что параметры команды определяются в диалоговом окне.

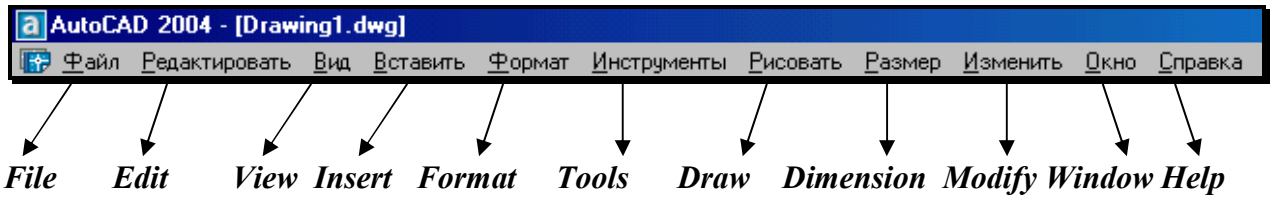


Рис. 28.

Строка падающих меню содержит следующие пункты:

- **File** (Файл) – меню работы с файлами: открытие, сохранение, печать, экспорт файлов в другие форматы и т. д.;
- **Edit** (Правка) – меню редактирования частей графического поля Рабочего стола Wndows;
- **View** (Вид) – команды управления изображением на экране монитора, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, тонирования, позволяет устанавливать необходимые панели инструментов;
- **Insert** (Вставка) – осуществляет вставку блоков, внешних объектов, объектов других приложений;
- **Format** (Формат) – обеспечивает работу со слоями, цветом, типами линий, управление стилем текста, размеров, видом маркера точки, стилем мультилинии; установку единиц измерения, границ чертежа;
- **Tools** (Сервис) – содержит средства управления системой, экраном пользователя, включает установку параметров черчения и привязок с помощью диалоговых окон; обеспечивает работу с пользовательской системой координат;
- **Draw** (Рисование) – содержит команды рисования;
- **Dimension** (Размеры) – включает команды простановки размеров и управления параметрами размеров;
- **Modify** (Редактирование) – включает команды редактирования элементов чертежа;
- **Window** (Окно) – содержит средства управления окнами при работе в многооконном режиме;
- **Help** (Справка) – содержит средства справочной системы ***AutoCAD***.

4. СТРОКА СОСТОЯНИЯ

Строка состояния (рис. 29) находится в нижней части экрана, под командной строкой и содержит следующие кнопки.



Рис. 29.

- **SNAP** (ПРИВ) – Шаговая привязка (***Snap Mode***) – включение и выключение дискретного перемещения курсора с заданным шагом (**F9**);
- **GRID** (СЕТКА) – Отображение сетки (***Grid Display***) – включение и выключение сетки (**F7**);
- **ORTHO** (ОРТО) – Режим «ОРТО» (***Ortho Mode***) – включение и выключение ортогонального режима, параллельного осям ***x*** и ***y*** (**F8**);
- **POLAR** (ПОЛЯРНЫЙ) – Полярное отслеживание (***Polar Tracking***) – включение и выключение режима полярного отслеживания (**F10**);

- **OSNAP** (О-КАДР) – Объектная привязка (***Object Snap***) - включение и выключение режимов объектной привязки (**F3**);
- **OTRACK** (ОТС – ПРИВ) – Отслеживание при объектной привязке (***Object Snap Tracking***) - включение и выключение режима отслеживания при объектной привязке (**F11**);
- **LWT** (ВЕС) – Отображение линий в соответствии с весами (***Show/Hide Lineweight***) – включение и выключение режима отображения линий в соответствии с их толщиной;
- **MODEL/PAPER** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) – Пространство модели или пространство листа (***Model or Paper space***) – переключение из пространства модели в пространство листа.

5. ВВОД КОМАНД

Вводить команды в ***AutoCAD*** можно с клавиатуры, из разнообразных меню или с панелей инструментов. Для ввода команды с клавиатуры необходимо напечатать имя команды в командной строке и нажать клавишу ENTER или SPACE. Ввод команд из меню представляется более удобным и наглядным. Чтобы ввести команду, необходимо выбрать нужную команду из списка меню или панели инструментов и нажать левую кнопку мыши. Для повторения последней команды достаточно нажать клавишу ENTER или SPACE. Выполнение команды можно прервать на любой стадии диалога, нажав клавишу ESC.

6. ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ

Панели инструментов являются частью интерфейса ***AutoCAD***. Они состоят из кнопок (пиктограмм), предназначенных для быстрого ввода наиболее часто используемых команд. При загрузке ***AutoCAD*** по умолчанию выводятся четыре панели: 1) ***Standard Toolbar*** (Стандартная панель инструментов); 2) ***Object Properties*** (Свойства объектов); 3) ***Draw*** (Рисовать); 4) ***Modify*** (Изменить).

Остальные панели инструментов можно вывести на экран через меню ***View*** (Вид)→***Toolbars*** (Панели). *Удобно выбирать требующуюся панель инструментов нажатием правой кнопки мыши, находящейся на любой пиктограмме панелей инструментов*. Далее рассматриваются наиболее часто используемые панели инструментов.

7. СТАНДАРТНАЯ ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ

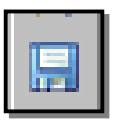
(*Standard Toolbar*)



– ***New*** (Новый) – создание нового чертежа;



– ***Open*** (Открыть) – загрузка существующего файла;



– ***Save*** (Сохранить) – сохранение текущего файла;



– ***Print Preview*** (Предварительный просмотр) – предварительный просмотр чертежа перед выводом на печать;



– ***Plot*** (Печать) – вывод чертежа на плоттер или принтер;



– ***Find and Replace*** (Поиск и замена) – поиск, замена, выбор и показ крупным планом текста на рисунке;



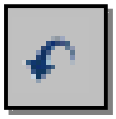
– ***Cut to Clipboard*** (Вырезать) – копирование объектов в буфер обмена с удалением их из рисунка.



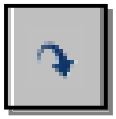
– ***Copy to Clipboard*** (Копировать) – копирование выбранных элементов чертежа в буфер Windows;



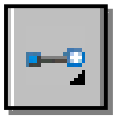
– ***Paste from Clipboard*** (Вставить) – вставка данных из буфера Windows;



– ***Undo*** (Отменить) – отмена действия последней команды;



– ***Redo*** (Повторить) – восстановление только что отменённого действия;



– Подменю ***Object Snap*** (Объектная привязка) – раскрывающийся набор инструментов для выбора объектной привязки;



– Подменю ***UCS*** (ПСК) – раскрывающийся набор инструментов для определения новой пользовательской системы координат;



– Подменю ***Zoom*** (Зумирование) – раскрывающийся набор инструментов для задания различных способов увеличения и уменьшения видимого размера объектов на текущем видовом экране;



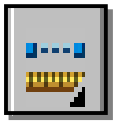
– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени;



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– Подменю ***Inquiry*** (Сведения) – раскрывающийся список инструментов:

- - ***Distance*** (Расстояние) – определение расстояния и угла между точками;
- - ***Locate Point*** (Координаты) – определение координат указанной точки;
- - ***Area*** (Площадь) – вычисление площади и периметра объекта;
- - ***Mass Properties*** (Масса) – вычисление массоинерционных характеристик;
- - ***List*** (Список***)*** – вывод информации о примитиве;



– ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) – вызов диалогового окна ***Viewports*** (Видовые экраны);



– ***Named Views*** (Именованные виды) – вызов диалогового окна для работы с видами и выбора аксонометрических проекций;



– ***3D Orbit*** (3М Орбита) – интерактивный просмотр объектов в трёхмерном пространстве; позволяет, изменяя направление взгляда на модель, рассмотреть её с любой точки зрения;



– ***Properties*** (Свойства) – вызов окна для управления свойствами выбранных объектов.

8. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Properties* *(Свойства объекта)*

Панель инструментов ***Object Properties*** (рис.30) облегчает работу со слоями и типами линий и размещается сверху от рабочей зоны чертежа.

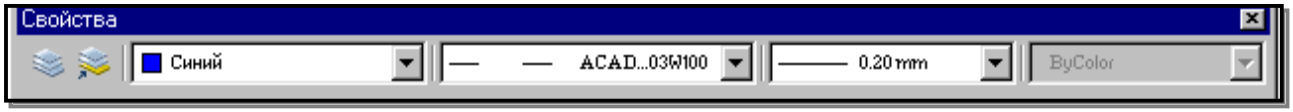
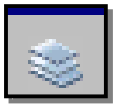


Рис. 30.

Построенные объекты всегда размещаются на определённом слое. Слой – это средство для группировки данных, подобное наложению друг на друга прозрачных калек с фрагментами чертежа («слоёный пирог»). Слои могут быть использованы по умолчанию, а также заданы и именованы пользователем (имя слоя может содержать до 255 символов). Слой может отображаться на экране монитора отдельно или в комбинации с другими слоями, он может быть включён, выключен или заблокирован для редактирования. С каждым слоем связаны определённый цвет, тип и вес (толщина) линии, стиль печати.



– ***Layers*** (Слои) – вызов диалогового окна установки параметров слоёв ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя), также может загружаться из падающего меню ***Format*** (Формат)→***Layer…***(Слой).



– ***Make Object's Layers Current*** (Сделать слой объекта текущим) – установка текущего слоя в соответствии со слоем выбранного объекта.

При создании нового рисунка автоматически создаётся слой с именем ***0***. Слой ***0*** не может быть удалён или переименован. С помощью кнопки ***New*** (Новый) диалогового окна ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя) создается новый слой (рис. 31), в котором можно задать другой цвет объекта, тип линии и вес (толщину) линии. После щелчка мышью по этой кнопке в списке слоёв появляется новый слой с временным именем.

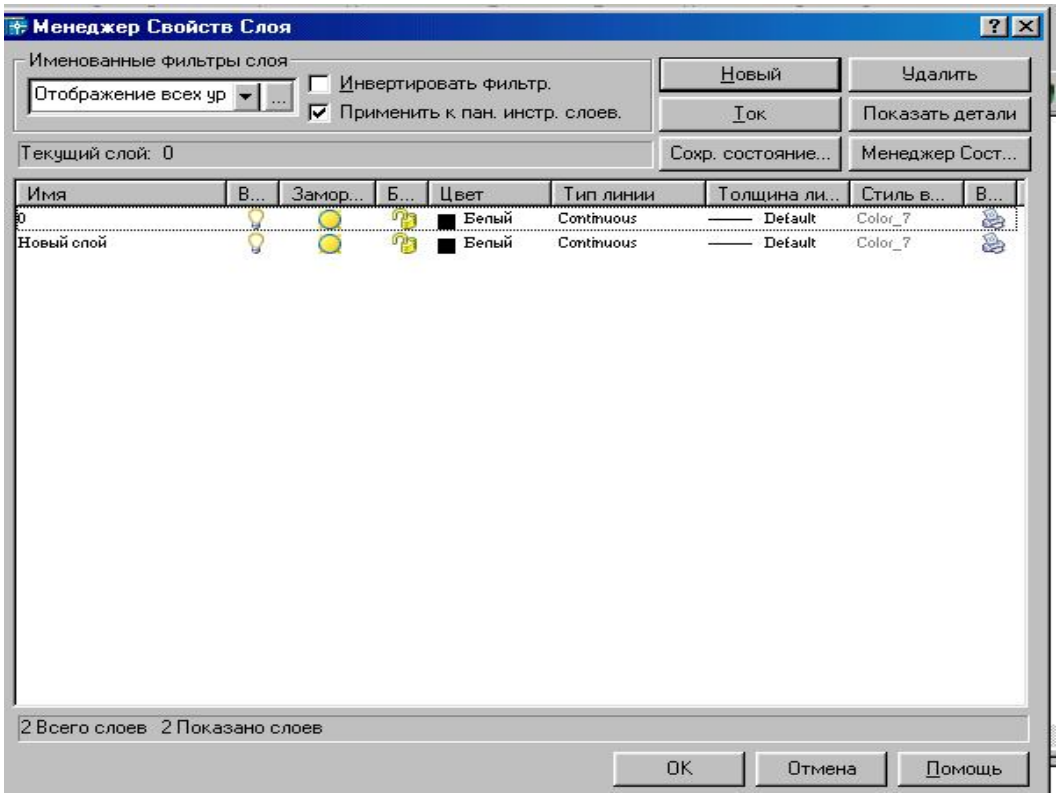


Рис. 31.

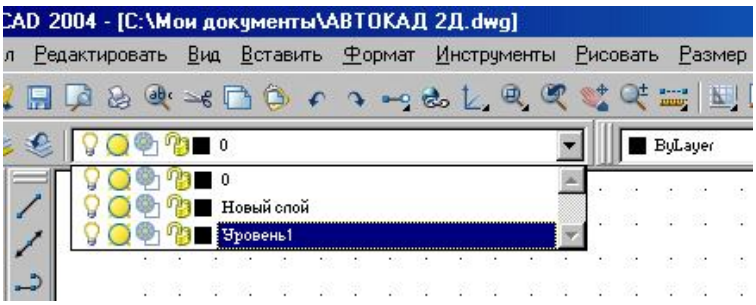


Рис. 32.

Все новые слои именуются в порядке их создания. Чтобы присвоить слою другое имя, необходимо набрать его с клавиатуры в поле временного имени и нажать Enter. Для переименования имеющегося слоя необходимо войти в поле имени слоя двойным щелчком мыши. Для того, чтобы сделать слой текущим, необходимо либо установить курсор мыши на нужный слой и щелкнуть мышью по кнопке ***Current*** (Текущий), либо выбрать его из раскрывающегося списка управления слоями в строке свойств объектов (рис. 32).

Управление видимостью слоя.

AutoCAD не отображает на экране объекты, расположенные на невидимых слоях, и не выводит их на плоттер. Если при работе с деталями рисунка на одном или на нескольких слоях рисунок слишком загромождён, допускается отключить или заморозить неиспользуемые слои.

Для запрещения вывода на печать объектов определённых слоёв, например слоёв для вспомогательных линий, можно оставить эти слои видимыми, но отключить их вывод на печать.

Выбор способа отключения видимости слоёв зависит от характера использования слоёв и от сложности рисунка. Замораживание слоёв лучше осуществлять в тех случаях, когда видимость слоя можно отключить на длительное время. В тех случаях, когда требуется частое изменение видимости слоев, лучше использовать отключение слоёв, а не

замораживание. На печать могут выводиться только объекты включенных и размороженных слоёв. Видимый слой печатается, если не отключен его вывод на печать.

Редактировать объекты на блокированных слоях нельзя. Однако они остаются видимыми, если слой включен и разморожен. Можно установить блокированный слой текущим и создавать на нем объёкты.

Для управления слоями используются следующие пиктограммы, которые активизируются при помощи щелчка мышью на соответствующей пиктограмме.

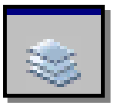


– Раскрывающийся список управления слоями ***Layer*** (Слой) содержит пиктограммы состояний слоя

Название слоя
Цвет слоя
Управление выводом содержимого слоя на печать
Блокирование/Разблокирование слоя
Замораживание/Размораживание слоя на всех видовых экранах
Включение/Отключение слоя

Выполнить упражнение № 1.

Создать слой ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ ***№ 1***



LAYER (Слои)

Падающее меню FORMAT (Формат) → LAYER (Слои)

В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) выбрать кнопку New (Новый) и в появившемся поле нового слоя ввести имя ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ.

В области *Line type* (Тип линии) выбрать (щелчком мыши) Continuous.

В диалоговом окне *Select Line type* (Выбор типа линии) выбрать кнопку *Load…* (Загрузить).

В диалоговом окне *Load or Line type* (Загрузка или Перезагрузка типов линий) выбрать *Hidden 2*

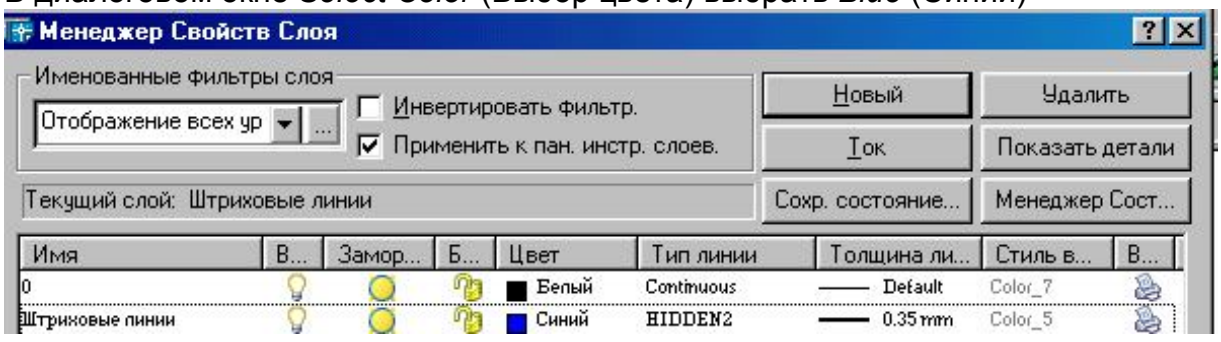
В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) установить *Hidden 2*.

В области *Lineweight* (Толщина линии) выбрать (щелчком мыши) *Default*.

В диалоговом окне *Lineweight* выбрать 0,35.

В области *Color* (Цвет линии) выбрать (щелчком мыши) *White* (Белый).

В диалоговом окне *Select Color* (Выбор цвета) выбрать *Blue* (Синий)



9. ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИМИТИВЫ

Примитив – это заранее определённый основной геометрический элемент, при помощи которого строятся более сложные модели. Система ***AutoCAD*** использует обширный набор

примитивов: точки, отрезки, круги, дуги, полилинии (непрерывная последовательность отрезков и дуг), мультилинии (ломаная линия, сегменты которой состоят из нескольких параллельных отрезков), сплайны (гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек), тексты, блоки (именованный объект, сформированный из нескольких примитивов), эллипсы, многоугольники, фигуры (часть плоскости, ограниченная тремя или четырьмя отрезками) и т. д. Общими свойствами, которыми обладают все примитивы, являются принадлежность к слою, цвет и тип линии. Многие примитивы обладают также толщиной. Отдельные примитивы (текст, блок) имеют специальные свойства (угол наклона, точка вставки и др.).

10. ВВОД КООРДИНАТ ТОЧКИ

Ввод координат в **AutoCAD** осуществляется двумя способами:

1. Непосредственно с клавиатуры, путём задания численных значений в командной строке.
2. При помощи графического курсора, который перемещается по экрану мышью или клавишами управления курсором. Ввод координаты осуществляется щелчком левой кнопки мыши.

При этом в строке состояния, расположенной в нижней части Рабочего стола, происходит отображение текущих значений координат. Для удобства ввода координат можно использовать следующие режимы, которые устанавливаются в строке состояния:

- ***ORTHO*** (Орто) – режим, когда изменение происходит только по осям ***x*** или ***y***.
- ***SNAP*** (Шаговая привязка) – привязка к узлам невидимой сетки, определённой с некоторым шагом по ***x*** и ***y***.

КООРДИНАТЫ ТОЧКИ В ДВУМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В двумерном пространстве точка определяется в плоскости ***xOy***, которая называется плоскостью построений. Точка может быть задана *абсолютными* и *относительными координатами*. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x,y**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координаты ***y***, а также направление (+ или -).

- *Полярные координаты***: …point: ρ<φ**,

где ρ - длина вектора (расстояние), соединяющего точку с началом координат,

φ - угол наклона этого вектора относительно предыдущей точки (< - специальный символ, знак «меньше»). За положительное направление изменения угла принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***x***.

Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***x*** и ***y*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую и приращение по оси ординат ***y***.

- *Полярные координаты*: **…point: @ρ<φ**.

В системе ***AutoCAD*** допускается использовать *прямую запись расстояния*, что особенно удобно для быстрого ввода длины линии. Для ввода координат точки, отстоящей на заданное расстояние и в заданном направлении, необходимо вначале переместить графический курсор в желаемом направлении, а затем напечатать в командной строке требуемое расстояние: **point: 85**.

11. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Draw* (*Рисовать*)

Панель инструментов ***Draw*** (рис. 33) содержит кнопки для вызова команд вычерчивания, наиболее часто используемых графических примитивов.

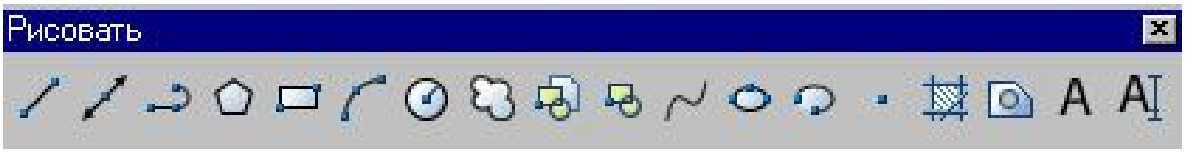


Рис. 33.

Панель инструментов ***Draw*** (Рисовать), показанная на рис. 33, содержит кнопки (пиктограммы) для вызова команд вычерчивания наиболее часто используемых графических примитивов. Для ввода команды достаточно щелкнуть мышью по этой кнопке. Панель инструментов разделена на следующие группы:

- команды для вычерчивания отрезков прямых линий различного типа и специальных линий;
- команды для вычерчивания линий, содержащих прямолинейные и дуговые сегменты, а также прямоугольников и правильных многоугольников;
- команды для вычерчивания рациональных B-сплайнов, окружностей, эллипсов и их дуг;
- команды создания блоков и точек;
- команды нанесения штриховок и создание замкнутых контуров и областей;
- команды нанесения текстов.

12. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ

Графические примитивы создаются командами рисования, которые вызываются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) или панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Необходимо отметить, что одни и те же элементы чертежа могут быть получены с помощью различных команд.

При построении чертежей требуется их редактирование. *Прежде чем редактировать объекты чертежа, необходимо выбрать, то есть указать системе набор примитивов, с которыми предполагается дальнейшая работа. Выбранные примитивы изображаются на экране монитора пунктирными линиями, что служит визуальным подтверждением их выбора.*

Здесь разрешены следующие способы выбора объектов: указание объекта «прицелом» графического курсора; выбор с помощью предполагаемой рамки (для этого графический курсор устанавливают над частью чертежа, нажимают левую кнопку мыши и «растягивают» рамку по диагонали, указывая вторым щелчком мыши размер рамки). Если диагональ рамки определяется слева направо, то выбираются объекты, полностью разместившиеся в окне выбора. Если же диагональ рамки определяется справа налево, то выбираются объекты не только полностью разместившиеся в окне рамки, но и пересекающие рамку.

Иногда невозможно выбрать объекты без случайного указания другого близлежащего объекта. В этом случае нужно указать примитив «прицелом» курсора и щелкнуть левой кнопкой мыши при нажатой клавише *Shift*. Для удаления объектов необходимо выбрать объект и нажать клавишу *Delete*.

12.1. ТОЧКА



Команда ***Point*** (Точка) – формирование точки, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Point*** (Точка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Point*** (Точка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Точка определяется указанием её координат или указанием курсора.



Рис. 34.

Форма точки задается с помощью системной переменной PDMODE, а её размер – с помощью переменной PDSIZE. Значения этих переменных пользователь устанавливает в диалоговом окне ***Point Style*** (Стиль точки), которое вызывается из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Point Style*** (Стиль точки) (рис. 34). В этом диалоговом окне показано 16 образцов значков. Для выбора любого из них нужно щелкнуть мышью на любом из них.

Размер маркера точки может определяться в процентах от размера экрана монитора или в абсолютных единицах. Чтобы настроить размер точки, необходимо выбрать один из переключателей и вписать с клавиатуры нужное значение размера точки.

12.2. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ

Линии в ***AutoCAD*** являются базовым примитивом и могут быть различных видов: одиночные отрезки, ломаные (с сопряжениями дугами и без них), пучки параллельных линий (мультилинии), сплайны, а также эскизные линии.

12.2.1. ОТРЕЗОК



Команда ***Line*** (Отрезок) – формирование отрезка – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Line*** (Отрезок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Line*** (Отрезок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Отрезки могут быть одиночными или объединёнными в ломаную линию. *При этом каждый отрезок ломаной линии является отдельным примитивом*; если же необходимо, чтобы набор линейных сегментов был единым объектом (областью), лучше применять полилинии.

При построении непрерывной ломаной линии конец предыдущего звена ломаной является началом следующего. Завершение построения ломаной линии осуществляется после нажатия клавиши ***Enter*** (условное обозначение – ↵). Если же ломаная линия является замкнутой, то в командной строке нужно с клавиатуры набрать слово ***Close*** (Закрыть) или начальную букву этого слова ***C***.

Выполнить упражнения № 2, 3, 4 (см. «Ввод координат точки»).

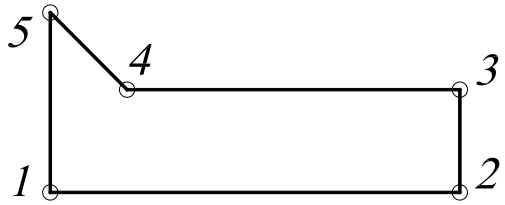
Построить многоугольник, задавая точки в абсолютных координатах № 2

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	100, 20	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	100, 40	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	35, 40	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	20, 55	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	Close	замкнуть ↵

Undo

Отмена последнего действия

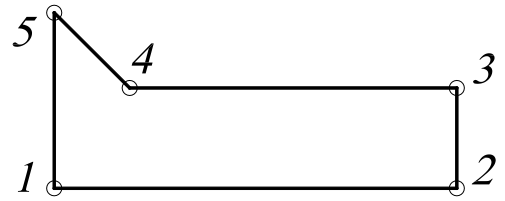


Построить многоугольник, задавая точки в относительных координатах № 3

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80, 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 0, 20	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -65, 0	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -15, 15	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2

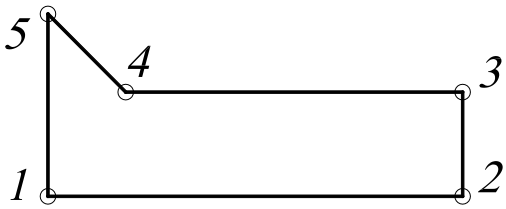


Построить многоугольник, задавая точки в полярных координатах № 4

Line Падающее меню ***Draw → Line***

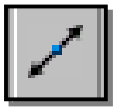
Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80 < 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 20 < 90	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 65 < 180	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 21 < 135	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2



12.2.2. ПРЯМАЯ И ЛУЧ

В ***AutoCAD*** допускается построение линий, не имеющих конца в одном или в обоих направлениях. Такие линии называются соответственно *лучами* или *прямыми*. Их можно использовать в качестве вспомогательных линий при построении объектов, и удобнее строить их в отдельных слоях.



Команда ***XLine*** (Прямая) – формирование прямой – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Construction line*** (Конструкционная прямая) или щелчком мыши по пиктограмме ***Construction line*** (Конструкционная прямая) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда ***XLine*** (Прямая) применяется в двумерном и трехмерном черчении.

Опции команды ***XLine*** (Конструкционная прямая):

- ***Hor*** (Гор) – для построения горизонтальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать h \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ver*** (Вер) – для построения вертикальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать v \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ang*** (Угол) – для построения наклонной вспомогательной прямой линии нужно ввести с клавиатуры a \Enter. Далее AutoCAD выведет дополнительные запросы:
  Enter angle of xline (0) or [Reference] \ Задайте угол наклона или…
  Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:

После ответа на эти запросы система строит вспомогательную линию через указанную точку под заданным углом. Задавая следующие точки, можно строить пучок линий, параллельных первой построенной линии. Если в ответ на запрос - Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:…- нажать клавишу Enter, то это действие приведёт к завершению работы с командой.

- ***Bisect*** (Биссект) –эта опция позволяет построить биссектрису угла по его вершине и двум точкам, расположенным на сторонах угла;
- ***Offset*** (Смещение) – по смещению от заданной линии (следует задать величину смещения, выбрать базовую линию и указать, с какой стороны должна проходить прямая).



Команда ***Ray*** (Луч) – построение луча – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ray*** (Луч) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ray*** (Луч) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Эта команда применяется при выполнении вспомогательных построений, которые используются как база при вычерчивании контурных линий. В отличие от прямых, бесконечных с обеих сторон, луч не имеет конца только в одном направлении, что позволяет снизить загромождённость рисунка.

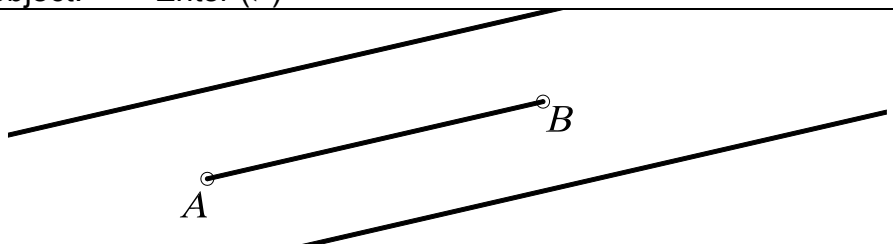
Выполнить упражнение № 5.

Построить вспомогательную прямую,
с величиной смещения 20 от заданного отрезка AB ***№ 5***

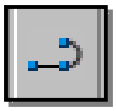


XLine Падающее меню ***Draw → XLine***

XLine Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]: offset задать опцию - смещение
Specify offset distance or [Through] < Through>: 20 задать расстояние 20 или <по умолчанию>
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув выше отрезка AB
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув ниже отрезка AB
Select a line object: Enter (↵)



12.2.3. ПОЛИЛИНИЯ



Команда ***PLine*** (ПЛиния) – построение полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Polyline*** (Полилиния) или щелчком мыши по пиктограмме ***Polyline*** (Полилиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***PLine*** (ПЛиния) служит для вычерчивания линии заданной толщины, состоящей из непрерывной последовательности отрезков прямых линий и дуг окружностей, и обрабатывается системой как графический примитив. Разрешено многократное переключение между режимом вычерчивания отрезков прямых и режимом вычерчивания дуг окружностей. Каждый режим имеет собственный набор параметров, который повторяется после вычерчивания каждого сегмента. По умолчанию эта команда использует режим вычерчивания отрезков прямых линий. При вычерчивании дуги окружности на экране монитора последовательно визуализируются её промежуточные положения.

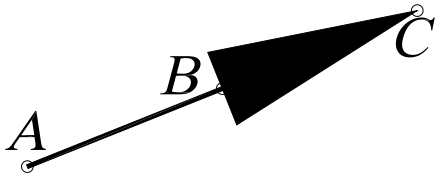
После вызова команды система выдает запрос о местоположении начальной точки. После ввода координат (с клавиатуры или с помощью графического курсора) появляется сообщение о текущей толщине линии Current line-width is 0.0000 (Текущая ширина линии равна 0.0000). Затем появляется список параметров команды:

- ***Arc*** (Дуга) – переход в режим дуг;
- ***Close*** (Замкнуть) – замыкает полилинию отрезком;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – позволяет задать полуширину, то есть расстояние от осевой линии широкого сегмента до края;
- ***Length*** (Длина) – длина сегмента, созданного как продолжение предыдущего в том же направлении;
- ***Undo*** (Отменить) – отменяет последний созданный сегмент;
- ***Width*** (Ширина) – позволяет задать ширину последующего сегмента.

Опции команды ***PLine*** (ПЛиния) в режиме дуг:

- ***Angle*** (Угол) – ввести центральный угол. По умолчанию дуга вычерчивается против часовой стрелки. Если требуется построить дугу по часовой стрелке, необходимо задать отрицательное значение угла;
- ***CEnter*** (Центр) – указать центр дуги;
- ***Close*** (Замкнуть) – замкнуть дугой;
- ***Direction*** (Направление) – задать направление касательной;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – определить полуширину полилинии;
- ***Line*** (Линейный) – переход в режим отрезков;
- ***Radius*** (Радиус) – ввести радиус дуги;
- ***Second pt*** (Вторая) – вторая точка дуги по трём точкам. Если дуга не является сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводится по касательной к нему;
- ***Undo*** (Отменить) – отменить последнюю точку;
- ***Width*** (Ширина) – определить ширину полилинии.

Выполнить упражнения № 6, 7, 8, 9.

Построить полилинию с переменной толщиной	***№ 6***
PLine Падающее меню ***Draw → Polyline*** Specify start point: 90,50 начальная точка A Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию) Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии Specify starting width <0.0000>: 1 стартовая ширина Specify ending width <1.0000>: 1 конечная ширина Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 140, 70 точка B Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии Specify starting width <1.0000>: 20 стартовая ширина Specify ending width <20.0000>: 0 конечная ширина Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 190, 90 точка C Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Enter	
	

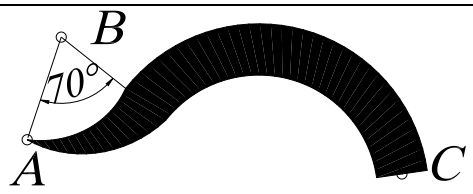
Многократное применение параметра Undo приводит к последовательному уничтожению сегментов полилинии и соответствующему переключению режимов работы команды.

Построить полилинию в режиме дуг *№ 7*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 0 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 15 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Ang задать углом
Specify included angle: 70 величина угла
Specify endpoint of arc or [Center/Radius]: Cen задать центр
Specify center point of arc: 100, 80 точка B
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: 200,40 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter

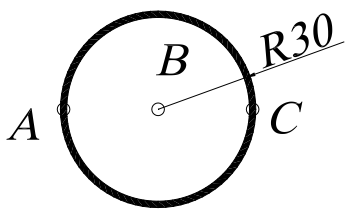


Построить окружность командой полилиния *№ 8*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CE задать центром
Specify center point of arc: 120, 50 точка B
Specify endpoint of arc or [Angle/Length]: @150, 0 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CL замкнуть

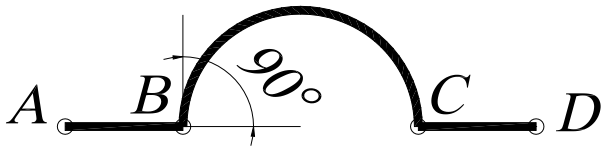


Построить полилинию с помощью направления	*№ 9*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 120 ,50 точка B
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/Direction/…/Second pt/Undo/Width]: Dir задать направлением
Specify the tangent direction for the start point of arc: 90 направление от точки A
Specify endpoint of the arc:180, 50 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: Line режим линий
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 210 ,50 точка D
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter



12.2.4. СПЛАЙН



Команда ***Spline*** (Сплайн) – построение сплайна – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Spline*** (Сплайн) или щелчком мыши по пиктограмме ***Spline*** (Сплайн) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Система ***AutoCAD*** вычерчивает неоднородные рациональные B-сплайны (NURBS-кривые). Сплайны могут быть как двумерными, так и трёхмерными объектами, которые строятся на основе некоторого множества точек.

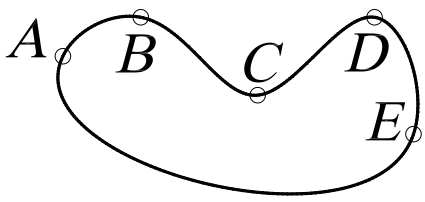
Выполнить упражнение № 10.

Построить сплайн	*№ 10*



Spline Падающее меню ***Draw*** → ***Spline***

Specify first point or [Object]: 90,50 начальная точка A
Specify start point: 110,60 точка B
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 140,40 точка C
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 170,60 точка D
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 180,30 точка E
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: Close замкнуть
Specify tangent: Enter



Замечания:

1. Выбор параметра Object в первом основном запросе системы позволяет преобразовать существующие сглаженные сплайном полилинии в правильный сплайн. После ввода этого параметра следует указать существующую полилинию, сглаженную сплайном.
2. Сплайн обрабатывается системой как единый объект.
3. Толщина линии не задается и соответствует толщине, установленной для текущего слоя.
4. Параметр Close можно использовать, если предварительно вычерчено не менее двух сегментов.
5. Параметр Fit tolerance используется, если необходимо задать, насколько близко к введенным точкам должен проходить сплайн. Величина допуска сглаживания выражается в единицах измерения текущего чертежа. По умолчанию принято значение допуска 0, при котором сплайн проходит точно по данным точкам.
6. Параметр <start tangent> (определить касательную к сплайну) задается по умолчанию (скобки вида < > определяют параметр по умолчанию). Для выбора принятого по умолчанию направления касательной следует нажать клавишу Enter или, перемещая точку с помощью курсора, определяющую направление касательной, задать форму кривой.

12.3. ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

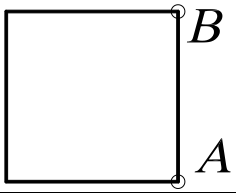
12.3.1. МНОГОУГОЛЬНИК

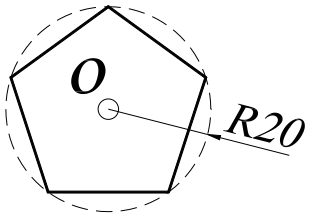


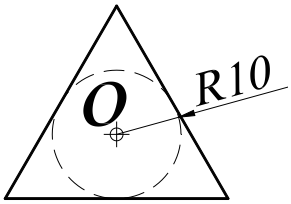
– Команда ***Poligon*** (Многоугольник) – построение правильного многоугольника с числом сторон от 3 до 1024 – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Poligon*** (Многоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Poligon*** (Многоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

- ***Edge*** (Сторона) – задание длины одной стороны;
- ***Inscribed in circle*** (Вписанный в окружность) – определяет способ построения многоугольника
- ***Circumscribed about circle*** (Описанный вокруг окружности) – определяет способ построения многоугольника как описанного вокруг некоторой окружности (как вписанного в некоторую окружность);

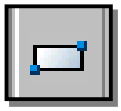
Выполнить упражнения № 11, 12, 13.

Построить многоугольник по известной стороне		***№ 11***
 ***Polygon***	Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon***	
	Enter number of side <4>: 4	количество сторон
	Specify center of polygon or [Edge]: E	задать стороной
	Specify first endpoint of edge: 90, 50	точка A
	Specify second endpoint of edge: 90, 100	точка B
		

Построить многоугольник, вписанный в окружность	*№ 12*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 5 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: i вписанный многоугольник в окружность Specify radius of circle: 20 радиус окружности	
	

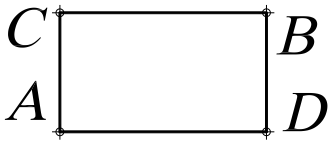
Построить многоугольник, описанный вокруг окружности	*№ 13*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 3 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: c описанный многоугольник вокруг окружности Specify radius of circle: 10 радиус окружности	
	

12.3.2. ПРЯМОУГОЛЬНИК



Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) – построение прямоугольника – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Rectangle*** (Прямоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rectangle*** (Прямоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Прямоугольник строится по двум любым диагональным точкам.

Выполнить упражнение № 14.

Построить прямоугольник	*№ 14*
 ***Rectangle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle*** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A (или точку C) Specify other corner point: указать точку B (или точку D)	
	

Опции команды ***Rectangle*** (Прямоугольник):

- ***Chamfer*** (Фаска) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определёнными фасками;
- ***Fillet*** (Сопряжение) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённым радиусом сопряжения углов;
- ***Width*** (Толщина) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии.

Во всех случаях система предлагает параметры по умолчанию, которые проставлены в скобках <…>.

Выполнить упражнения № 15, 16.

Построить прямоугольник с фасками ***№ 15***



Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

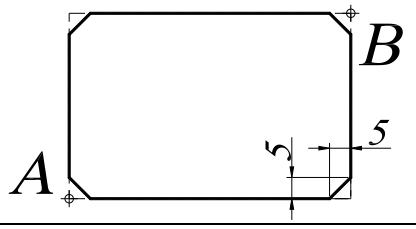
Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: c — задать фаски

Specify first chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — первый размер фаски

Specify second chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — второй размер фаски

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Построить прямоугольник с сопряжением углов ***№ 16***



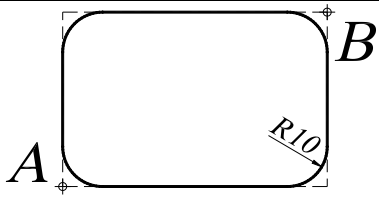
Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: f — задать радиус сопряжения

Specify fillet radius for rectangles <0.0000>: 5 — размер радиуса сопряжения

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Замечания:

1. Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) формирует полилинию, поэтому прямоугольник можно рассматривать как единый объект.
2. Параметр Width используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии. Если задать значение толщины, равное нулю, то линия вычерчивается с толщиной, установленной для текущего слоя.
3. Использование параметров Elevation, Thickness, Width позволяет создать трёхмерный объект (параллелепипед с прямоугольником в основании).

12.4. ПОСТРОЕНИЕ ОКРУЖНОСТЕЙ, ЭЛЛИПСОВ И ИХ ДУГ

12.4.1. ОКРУЖНОСТЬ



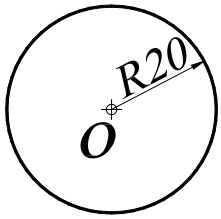
– Команда ***Circle*** (Круг) – построение окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Circle*** (Круг) или щелчком мыши по пиктограмме ***Circle*** (Круг) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Окружности можно строить различными способами. По умолчанию построение выполняется путём задания центра и радиуса.

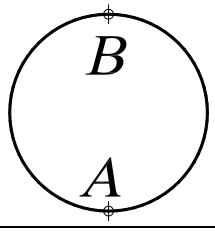
Опции команды ***Circle*** (Круг):

- ***3P*** (3Т) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
- ***2P*** (2Т) – по двум точкам, лежащим на диаметре;
- ***Ttr*** (ККР) – по двум касательным и радиусу;
- ***Tan Tan Tan*** (Кас Кас Кас) – окружность, касающаяся трёх объектов. В этом случае система автоматически включает режим объектной привязки Tangent (см. панель инструментов «Объектная привязка»).

При построении окружности, касательной к двум примитивам, необходимо указать графическим курсором на экране монитора приблизительную точку касания на заданных примитивах. Данный способ построения окружности предполагает её вычерчивание как касательной к двум отрезкам прямых, касательной к двум окружностям, касательной к отрезку и окружности.

Выполнить упражнения № 17 - 26 (для выполнения упражнений постройте примитивы, показанные штриховой линией).

Построить окружность по центру и радиусу	***№ 17***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 100,100 центр O Specify radius of circle or [Diameter]: 20 радиус окружности	
	

Построить окружность по двум точкам диаметра	***№ 18***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B	
	

Построить окружность по трём точкам	*№ 19*



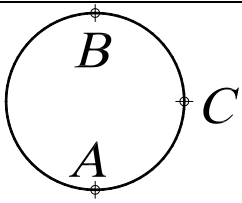
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A

Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B

Specify third end point of circle's diameter: 120,70 точка C



Построить окружность, касательную двум примитивам	*№ 20*



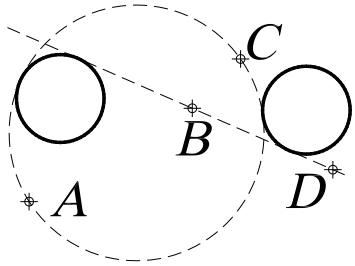
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность, касательную к прямой	*№ 21*



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

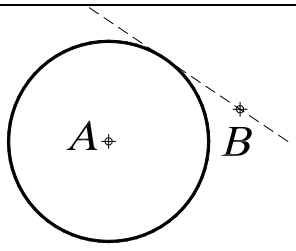
Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]:

указать центр окружности A

Specify radius of circle or [Diameter]:_ tan to щелкнуть мышью по пик-тограмме панели объектной привязки Tangent и



указать на точку B



Построить окружность, касательную двум окружностям ***№ 22***



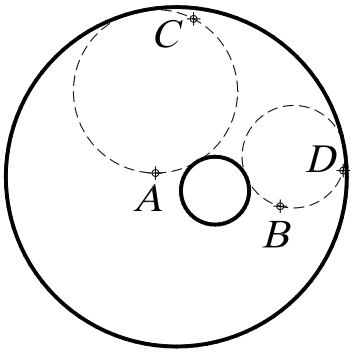
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность по двум точкам диаметра, лежащим на концах отрезка ***№ 23***

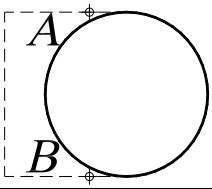


Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P

Specify first end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку A

Specify second end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку B



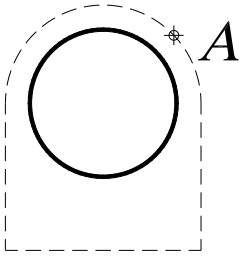
Построить концентрическую окружность ***№ 24***



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки CENter  и указать графическим курсором на точку A

Specify radius of circle or [Diameter]: 15 радиус окружности



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 25***



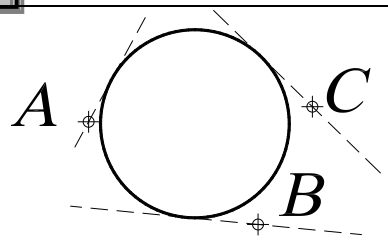
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 26***



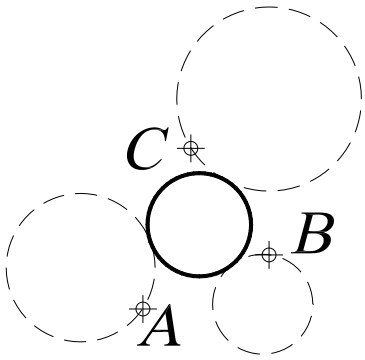
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



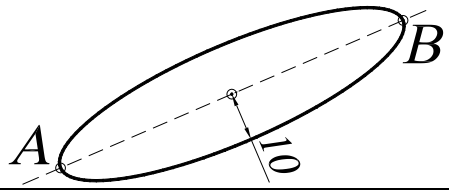
12.4.2. ЭЛЛИПС

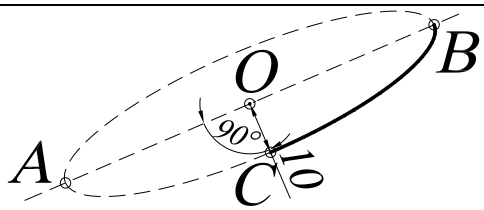


– Команда ***Ellipse*** (Эллипс) – построение эллипса – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ellipse*** (Эллипс) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ellipse*** (Эллипс) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Эллипсы можно строить различными способами. По умолчанию строится путём указания начала и конца первой оси эллипса, а также половины второй оси.

- ***Center*** (Центр) – построение эллипса по точке его центра и двум конечным точкам его осей;
- ***Arc*** **(**Дуга**) –** режим построения эллиптических дуг. По умолчанию эллиптические дуги, как и эллипсы, строятся путём указания конечных точек первой оси и половины длины второй. После этого задаются начальный и конечный углы. За начало отсчёта углов эллиптической дуги принимается большая ось эллипса. Если начальный и конечный углы совпадают, строится полный эллипс. Вместо задания конечного угла можно указать центральный угол дуги, измеренный от начальной точки.

Выполнить упражнения №27, 28

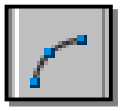
Построить эллипс по двум осям	***№ 27***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis [Rotation]: 10 длина половины оси	
	

Построить эллиптическую дугу	***№ 28***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: A режим построения дуг Specify axis endpoint of elliptical arc or [Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis or [Rotation]: 10 длина половины оси Specify start angle or [Parameter]: 90 угол AOC Specify end angle or [Parameter/ Included angle]: 180 угол AOB	
	



Для построения эллиптической дуги можно использовать команду - ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

12.4.3. ДУГА ОКРУЖНОСТИ



– Команда ***Arc*** (Дуга) – построение дуги окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Arc*** (Дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Arc*** (Дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Дуги строятся различными способами, однако по умолчанию построение производится по трём точкам – начальной, промежуточной и конечной.

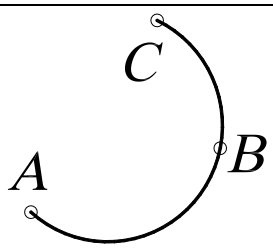
Опции команды ***Arc*** (Дуга):

- ***Center*** (Центр) – точка центра дуги;
- ***End*** (Конец) – конечная точка дуги;
- ***Angle*** (Угол) – величина угла;
- ***Chord Length*** (**Длина хорды**) – длина хорды;
- ***Direction*** (Направление) – направление касательной;
- ***Radius*** (Радиус) – радиус дуги.

Существует несколько способов построения дуги окружности по следующим трём параметрам:

1) ***3 Point*** (3 точки) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
2) ***St, C, End*** (Н, Ц, К) – по стартовой точке, центру и конечной точке дуги (положительным считается направление против часовой стрелки);
3) ***St, C, Ang*** (Н, Ц, Угол) – по стартовой точке, центру и углу;
4) ***St, C, Len*** (Н, Ц, Длин) – по стартовой точке, центру и длине хорды. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая из двух возможных дуг (та, что меньше 180^0). Если же вводится отрицательное значение длины хорды, будет построена большая дуга;
5) ***St, E, Ang*** (Н, К, Угол) – по стартовой точке, конечной точке и углу;
6) ***St, E, Dir*** (Н, К, Напр) – по стартовой точке, конечной точке и направлению – углу наклона касательной из начальной точки;
7) ***St, E, Rad*** (Н, К, Рад) – по стартовой точке, конечной точке и радиусу. Меньшая дуга строится против часовой стрелки;
8) ***Ce, S, End*** (Ц, Н, К) – построение дуги по центру, стартовой и конечной точке;
9) ***Ce, S, Ang*** (Ц, Н, Угол) – построение дуги по центру, стартовой точке и углу;
10) ***Ce, S, Len*** (Ц, Н, Длин) – построение дуги по центру, стартовой точке и длине хорды;
11) ***ArcCont*** (ПродДуг) – построение дуги как продолжение отрезка или дуги.

Выполнить упражнения № 29 – 33.

Построить дугу по трём точкам	***№ 29***
 ***Arc*** Падающее меню ***Draw*** → ***Arc (3 point)*** Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A Specify second point of arc or [Center/End]: 130, 260 точка B Specify start point of arc: 120,280 точка C	
	

Построить дугу по начальной точке, центру и величине угла	*№ 30*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Ang)***

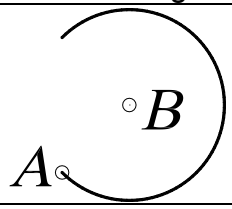
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 110, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify included angle: 270 угол



AutoCAD всегда проводит дугу от начальной точки в направлении против часовой стрелки. Две дуги, построенные одним и тем же способом, могут совершенно отличаться друг от друга. В следующих упражнениях показаны различия в построении одних и тех же дуг, но с противоположным значением длины хорды, размера радиуса. Необходимо помнить, что положительным считается направление против часовой стрелки.

Построить дугу по начальной точке, центру и длине хорды	*№ 31*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Len)***

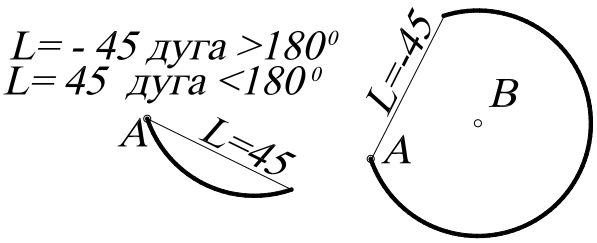
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 130, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: - 45 длина хорды



Построить дугу по двум точкам и радиусу	*№ 32*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Rad)***

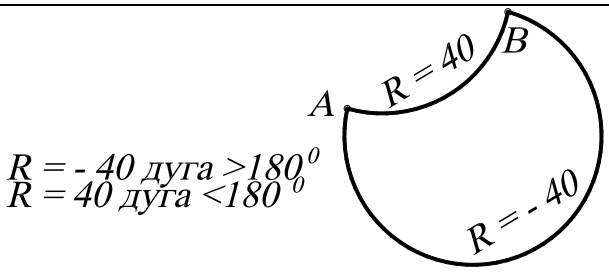
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: e

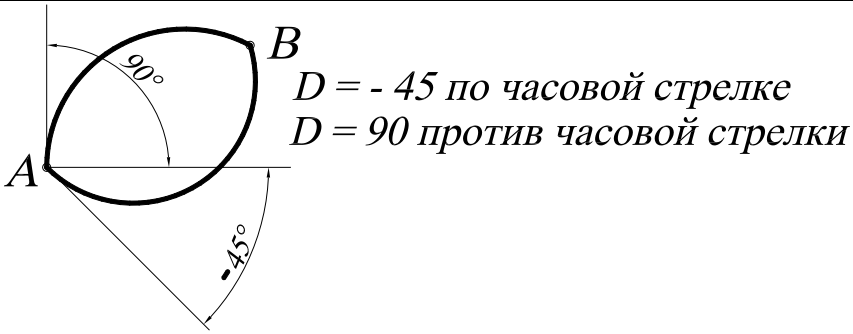
Specify end point of arc:150,280 конечная точка B

Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: r

Specify radius of arc: -40



Построить дугу по двум точкам и касательной		*№ 33*
Arc	Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Dir)***	
	Specify start point of arc or [Center]: 80,420	точка A
	Specify second point of arc or [Center/End]: e	
	Specify end point of arc: 130,450	точка B
	Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: d	
	Specify tangent direction for the start point of arc: -45	направление



13. ТЕКСТОВЫЕ СТИЛИ

При нанесении надписи в ***AutoCAD*** используется некоторый текстовый стиль, который задает высоту, угол поворота, ориентацию и др. В одном рисунке можно создавать и использовать несколько текстовых стилей.

Все текстовые стили, кроме STANDART, пользователь создает по своему желанию. Создание текста и команды его регенерации производятся в диалоговом окне ***Text Style*** (Текстовые стили) (рис. 35), вызываемом из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Text Style*** (Текстовые стили).

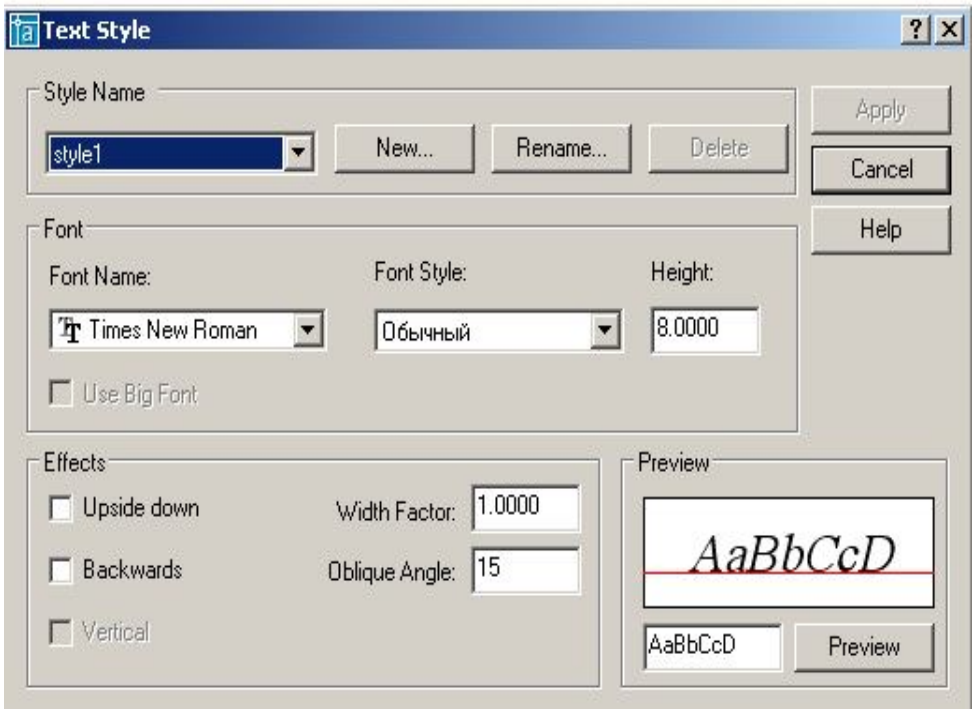


Рис. 35.

Для создания нового стиля необходимо щелкнуть мышью по кнопке ***New*** (Новый), при этом открывается диалоговое окно ***New Text Style*** (Новый текстовый стиль), в котором задается имя создаваемого стиля. Новому стилю присваиваются значения параметров, заданные первоначально в окне ***Text Style*** (**Текстовые стили**), которые, как правило, нуждаются в изменении.

В области ***Font*** (Шрифт) в раскрывающемся списке поля ***Font Name***: (Имя шрифта:) следует выбрать подходящий шрифт, например Times New Roman. Сделанные изменения для нового шрифта иллюстрируются в поле ***Preview*** (Образец).

Высота текста задается в поле ***Height:*** (Высота:) и определяет размер знаков используемого шрифта. Если в процессе описания стиля текста задана фиксированная высота текста, при создании однострочных надписей запрос ***Height:*** (Высота:) не выводится. При необходимости нанесения надписей разной высоты с использованием одного и того же текстового стиля следует при его создании указать высоту, равную 0.

Угол наклона текста задается в поле ***Oblique Angle*** (Угол наклона). Угол наклона текста задается от вертикальной линии по часовой стрелке.

13.1. ОДНОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Надписи на чертежах могут представлять собой сложные спецификации, элементы основной надписи, заголовки и т. п. Небольшие надписи, не требующие внутреннего форматирования, создаются в виде однострочных текстов при помощи команды ***TEXT*** (**ТЕКСТ**). Однострочные тексты удобно применять для заголовков.



– Команда ***TEXT*** (Текст) – формирование текста – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***TEXT*** (Текст) → ***Single Line Text*** (Однострочный) или щелчком мыши по пиктограмме ***TEXT*** (Текст) одноимённой панели инструментов.

Однострочный текст формируется по следующим опциям команды:

- ***Style*** (**Стиль**) – установление нового текстового стиля, путем выбора его из имеющихся стилей;
- ***Justify*** (**Выравнивание**) – выравнивание текстовой строки с использованием ключей выравнивания:

1. ***Align***, ***Fit*** – формируют вписанный текст между двумя введёнными точками:



– ***Align*** – высота и ширина каждого символа вычисляется автоматически;



– ***Fit –AutoCAD*** запрашивает высоту шрифта и автоматически подбирает ширину символа;

2.***Center***, ***Middle*** – центрирует текст относительно введенной точки:



– ***Center*** – центрирование текста по горизонтали;

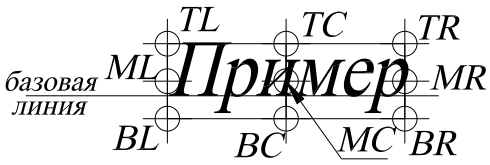


– ***Middle*** – центрирование текста по горизонтали и по вертикали;

3.***Right*** – выравнивание текста по правому краю:



4. Выравнивание текста относительно указанной точки, обозначаемой следующими символами – ***TL***, ***TC***, ***TR***, ***ML***, ***MC***, ***MR***, ***BL***, ***BC***, ***BR***, аббревиатуры слов:
T – ***Top*** (верхний), ***M*** – ***Middle*** (средний), ***B*** – ***Bottom*** (нижний), ***L*** – ***Left*** (левый), ***C***-***Center*** (центр), ***R*** – ***Right*** (правый).



Выполнить упражнения № 34 – 40.

Сформировать однострочный текст	***№ 34***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
Current text style:  "Standard"  Text height:  8.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: 100,500     начальная точка 1
                Specify height <8.0000>: 20                 высота текста
          Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                                Enter text: пример          формируемая надпись
                                Enter text: выполнения      формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

1 пример
выполнения

Для продолжения многострочных текстов команду ***Text*** повторяют обычным, принятым в системе способом, а затем на первый запрос отвечают нажатием клавиши ENTER. Тогда новая строка текста разместится под последней строкой вычерченного перед этим текста и будет иметь тот же текстовый стиль, высоту и угол поворота (см. упражнение 34).

Сформировать однострочный вписанный текст	***№ 35***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
                                Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
          Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Align            вписанный
       Specify first endpoint of text baseline: 150,490                      точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 240,490                            точка 2
                                Enter text: пример                  формируемая надпись
                                Enter text: вписанного текста       формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

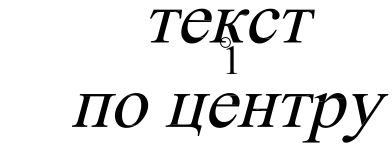
1 *пример* 2
вписанного текста

Сформировать текст, выровненный по центру	*№ 36*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
                    Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Center     по центру
                  Specify center point of text: 60,530                точка 1
                    Specify height <15.0000>: 10                      высота символа
                    Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                    Enter text: текст                                 формируемая надпись
                    Enter text:  по центру                            формируемая надпись
                    Enter text: <ENTER>
```



Первоначальное представление строки текста на экране дисплея не зависит от выбора параметра. Текст модифицируется в соответствии с указанным параметром в момент окончания работы команды.

Сформировать текст, выровненный по ширине	*№ 37*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
 Current text style:  "style2"  Text height:  10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Fit     по ширине
Specify first endpoint of text baseline: 10,610                    точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 70,610                   точка 2
Specify height <10.0000>: 10                                       высота символа
Enter text: Текст,                                                 формируемая надпись
Enter text: выровненный по ширине                                  формируемая надпись
Enter text: <ENTER>
```



Сформировать текст, выровненный по средней точке **№ 38**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Middle
— по средней точке
Specify middle point of text: 170,620 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота
Enter text: **Надпись,** — формируемая надпись
Enter text: **выровненная по средней точке** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Надпись,
выровненная по средней точке

Сформировать текст, выровненный вправо **№ 39**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Right — вправо
Specify right endpoint of text baseline: 240,680 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота строки
Enter text: **Текст**, — формируемая надпись
Enter text: **выровненный вправо** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Текст,
выровненный вправо

Создать новый наклонный стиль **№ 40**

Падающее меню ***Format*** → ***Text Style***
В диалоговом окне ***Text Style*** выбрать кнопку *New* (Новый)
В поле Style Name: указать новое любое имя стиля
В раскрывающемся списке названий шрифтов ***Font Name:*** выбрать arial
В поле Oblique Angle: (Угол наклона:) указать 10 градусов
В поле Height: (Высота:) указать 0
Используя команду  ***TEXT*** написать свое имя, фамилию

решение
новых вопросов

Использование специальных символов в однострочном тексте осуществляется с помощью управляющих кодов, которые вводятся в командную строку непосредственно перед вводом текста:

- %%o – включает или выключает режим надчеркивания символов;
- %%u - включает или выключает режим подчеркивания символов;
- %%d – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «градус» (°);
- %%p – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «плюс-минус» (±);
- %%c – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «диаметр окружности» (∅).

13.2. МНОГОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Многострочный текст используется для нанесения многострочных текстов на чертежах.



– Команда ***MTEXT*** (**МТЕКСТ**) – формирование многострочного текста - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Text*** (Текст) → ***Multiline Text*** (Многострочный текст) или щелчком мыши по пиктограмме ***Multiline Text*** (Многострочный текст) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

В ответ на команду система выдает в первой строке сообщение, а затем запрос: Current text style: "Standard" Text height: 8 (Текущий текстовый стиль).

Specify first corner: (Задайте первый угол:). Задать координаты первой точки рамки текстового окна (с помощью клавиатуры или графическим курсором).

Specify opposite corner or [Height/Justify/Line spacing/Rotation/Style/Width]: (Задайте противоположный угол или…)

- ***Height*** используется, если необходимо изменить высоту символов многострочного текста;
- ***Justify*** используется, если необходимо изменить способ выравнивания многострочного текста;
- ***Line spacing*** используется, если необходимо изменить расстояния между строками в текстовом окне;
- ***Rotation*** используется, если необходимо изменить угол поворота рамки текстового окна;
- ***Style*** используется, если необходимо изменить текстовый стиль;
- ***Width*** используется, если необходимо задать ширину рамки текстового окна.

После указания размеров абзаца загружается диалоговое окно ***Text Formatting*** (Форматирование текста) (рис. 36), которое содержит средства форматирования символов текста:

- Font – раскрывающийся список выбора шрифтов;
- Font Height – раскрывающийся список ввода высоты шрифта;
- Bold – кнопка установки полужирного начертания символов;
- Italic – кнопка начертания символа курсивом;
- Underline – кнопка установки начертания символа с подчеркиванием;
- Undo – кнопка отмены;
- Stack/Unstack – кнопка установки начертания дробей в одну или две строки;
- Text Color – раскрывающийся список выбора цвета символа.

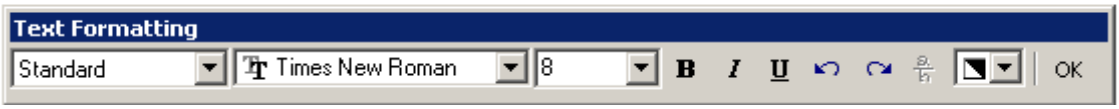


Рис. 36.

14. БЛОК

Пакет ***AutoCAD*** предоставляет пользователю различные способы работы с данными в чертежах. В том случае, когда часто встречается одна и та же группа объектов (крепежные изделия, подшипники, уплотнения и т. п.), целесообразно использовать блоки. *Блоки* – это именованные объекты, состоящие из любого количества примитивов системы ***AutoCAD***. Блоки можно вставлять в рисунок с масштабирование и поворотом, расчленять на составляющие объекты и редактировать. Блок может включать в себя другие блоки. При создании блока задается базовая точка и выбираются объекты, входящие в блок.

Возможны два типа блоков: *локальные* и *автономные*. Локальные блоки входят в состав того чертежа, в котором они были созданы, и не могут быть перенесены в другой чертеж. Автономные блоки хранятся в виде отдельного файла чертежа и могут быть использованы в других чертежах.

С каждым блоком можно связать *атрибуты*, то есть текстовую информацию для хранения вместе с блоком, которую допускается редактировать в процессе вставки блока. Распространенный пример использования атрибутов – заполнение основной надписи чертежа.

14.1. СОЗДАНИЕ БЛОКОВ



– Команда ***Block*** (Блок) – создание локального блока из объектов текущего чертежа - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Block*** (Блок) → ***Make*** (Создать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Make Block*** (Создать блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда раскрывает диалоговое окно ***Block Definition*** (Описание блока), представленное на рис. 37.

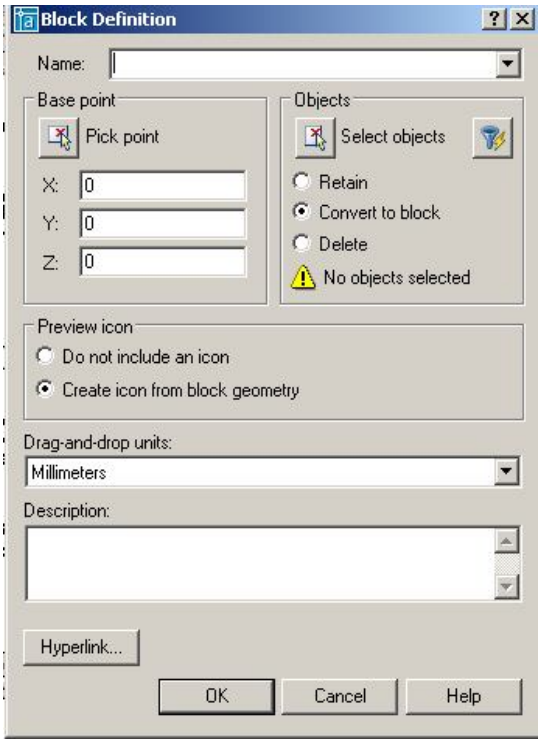


Рис. 37.

При создании блока в диалоговом окне ***Block Definition*** (Описание блока) следует:

- в поле ***Name:*** (Имя:) ввести имя создаваемого блока;
- в области ***Objects*** (Объекты) нажать кнопку ***Select objects*** (Выбрать объекты) и выбрать объекты на экране монитора, подлежащие включению в блок. При этом диалоговое окно временно закрывается. Затем следует нажать клавишу ***Enter*** после окончания выбора объектов и диалоговое окно снова откроется;
- в области ***Base point*** (Базовая точка) задать координаты базовой точки вставки или нажать на кнопку ***Pick point*** (Указать) для выбора базовой точки. После щелчка по этой кнопке диалоговое окно временно закрывается, и пользователь имеет возможность указать базовую точку на изображении блока;
- в поле ***Description*** (Пояснение) ввести текстовые пояснения для облегчения идентификации и поиска блока в дальнейшем;
- кнопка ***Hyperlink*** позволяет включить в описание создаваемого объекта гиперсвязь.

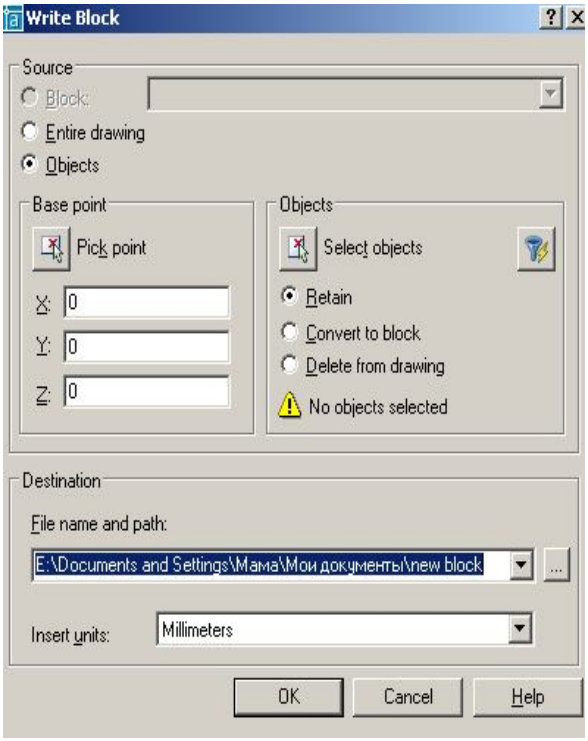
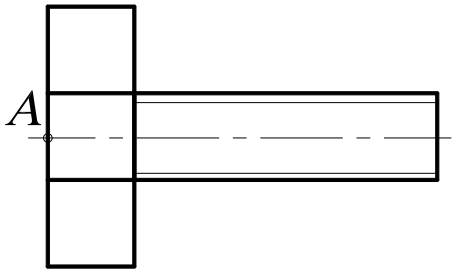


Рис. 38.

Для создания автономных блоков применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК), которая вызывается через командную строку: ***WBLOCK*** (***W***). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Write Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 38, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном чертеже.

Выполнить упражнение № 41 (для выполнения упражнения создайте чертёж, показанный в данном упражнении).

Создать локальный блок	***№ 41***
Block Падающее меню ***Draw*** → ***Block*** → ***Make*** В диалоговом окне ***Block Definition*** в поле Name: ввести произвольное имя создаваемого блока, например, BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***Pick point***. Specify insertion base point: указать точку A Щелкнуть мышью по кнопке ***Select objects*** Select objects: выбрать весь объект рамкой. Select objects: <ENTER> Щелкнуть мышью по кнопке OK.	
	

14.2. ВСТАВКА БЛОКА

– Команда ***Insert*** (Вставить) – служит для вставки ранее созданного блока или чертежа из файла в текущий чертёж. Вызывается из падающего меню ***Insert*** (Вставить) → ***Block*** (Блок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Insert*** (Вставить) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Insert*** (Вставить), представленное на рис. 39.

Раскрывающийся список ***Name:*** (Имя:) позволяет выбрать для вставки в текущий чертёж существующий локальный блок. Чтобы вставить в текущий чертёж автономный блок,

нужно нажать кнопку ***Browse***, а затем выбрать необходимый файл. Информационное поле ***Path*** содержит путь к отобранному файлу автономного блока. Флажок ***Explode*** (Взорвать) разрешает системе при вставке блока расчленить его на исходные данные.

Диалоговое окно ***Insert*** (Вставить) содержит три основные панели.

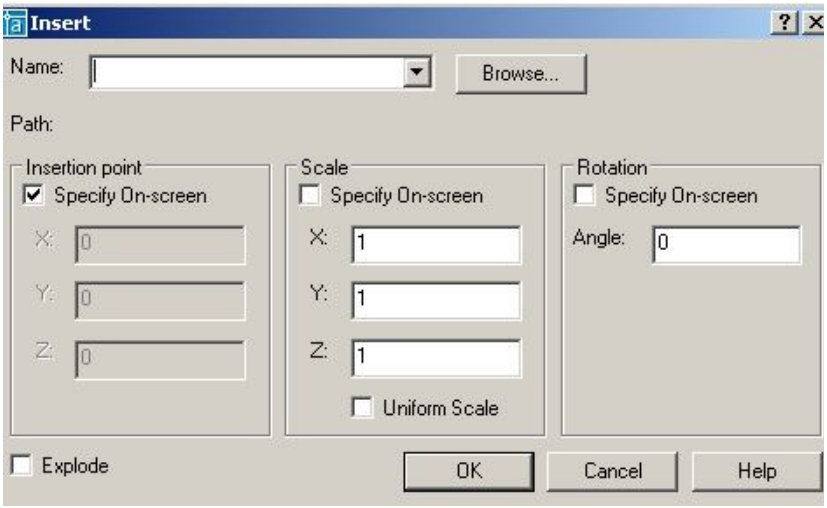


Рис. 39.

1. Панель ***Insertion point*** позволяет выбрать способ задания координат точки вставки блока (точки, с которой будет совмещена базовая точка, созданная при формировании блока): указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения координат точки вставки блока в текущей системе координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает указать нужную точку на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и пользователь имеет возможность указать точку вставки блока на чертеже.

2. Панель ***Scale*** (Масштаб) позволяет выбрать способ задания коэффициентов масштабирования при вставке блока: указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения масштабирования при вставке блока по осям координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать значения коэффициентов масштабирования на чертеже.

Флажок ***Uniform Scale*** устанавливает по осям координат одинаковые значения коэффициентов масштабирования.

3. Панель ***Rotation*** позволяет выбрать способ задания при вставке блока угла поворота относительно номинального его положения: указание на чертеже или ввод числового значения. Панель содержит кнопку-переключатель и поле ввода числового значения угла поворота. Поле ввода ***Angle*** позволяют задать числовые значения угла поворота при вставке блока. Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать числовые значения угла поворота на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и дальнейший диалог осуществляется в командной строке. Выполнить упражнение № 42.

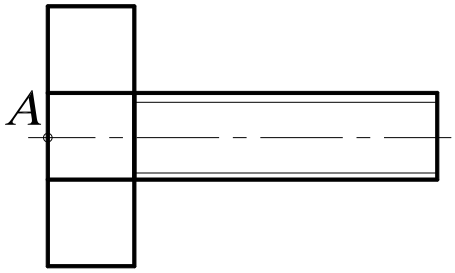


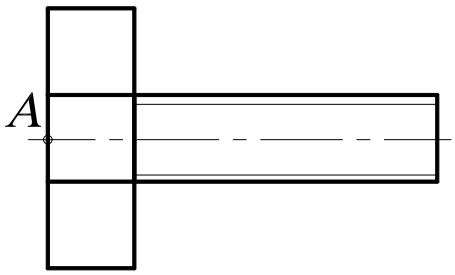
– Команда ***Explode*** (Взорвать) – расчленяет блок, размер, штриховку на отдельные составляющие объекты. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) или щелчком мыши по пиктограмме ***Explode*** (Взорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

При вставке блока в чертёж ***AutoCAD*** обрабатывает его как графический примитив, то есть единый объект, который нельзя изменять. Для обеспечения работы с отдельными составляющими блока его необходимо разбить или «взорвать». Это можно сделать и в момент вставки блока в чертёж, установив в диалоговом окне ***Insert*** (Вставить) флажок ***Explode*** (Взорвать).

Команда ***Explode*** (Взорвать) используется для расчленения объектов, созданных командой ***Region*** (Область) (см. далее в разделе «Создание замкнутых объектов»).

Выполнить упражнение № 43.

Вставить блок в чертёж	***№ 42***
 ***Insert*** Падающее меню ***Insert*** → ***Block*** В диалоговом окне ***Insert*** в поле Name: ввести имя вызываемого блока, которое можно указать из раскрывающегося списка, например: BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***OK*** Specify insertion point or [Scale/X/Y/Z/Rotate/PScale/PX/PY/PZ/PRotate]: указать точку вставки блока	
	

Взорвать (расчленить) блок	***№ 43***
 ***Explode*** Падающее меню ***Modify*** → ***Explode*** Select objects: указать блок в любой точке контура, например, точка А Select objects: <ENTER>	
	

15. СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕКТОВ

Для построения некоторых объектов, например трёхмерных объектов методом выдавливания или вращения, могут быть использованы замкнутые полилинии либо области. Разница между этими двумя типами объектов состоит в том, что объект *полилиния* представляет собой именно замкнутую линию, а объект *область* – часть плоскости, ограниченную замкнутой линией. Поэтому последний объект может характеризоваться массогабаритными параметрами вроде веса, положения центра тяжести, площади и т. д.

Массогабаритные параметры области вычисляются с помощью команды MASSPROP, которая запускается из меню ***Tools*** (Инструменты)→ ***Inquiry*** (Запрос).

Если исходный контур состоит из нескольких объектов (отрезков, дуг, эллиптических дуг и т. п.), его можно превратить в единый объект, используя команду ***Region*** (Область).



– Команда ***Region*** (Область) – создаёт замкнутую область из набора существующих объектов – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Region*** (Область) или щелчком мыши по пиктограмме ***Region*** (Область) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

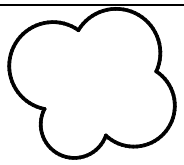
Выполнить упражнение № 44. Для выполнения этого упражнения вначале создайте произвольный объект, состоящий из нескольких элементов, например, из четырёх дуг, контур которых является замкнутым.

Создать замкнутую область	*№ 44*

Region Падающее меню ***Draw*** → ***Region***

Select objects: Specify opposite corner: 4 found выбрать графическим курсором все четыре дуги с помощью предполагаемой рамки, растягивая по диагонали.
Select objects: <ENTER>
Щелкните мышью на контур – создан единый объект

Разбейте данный объект на составляющие его четыре дуги с помощью команды *Explode*.



16. ШТРИХОВКА

– Команда ***Hatch*** (Штриховка) – выполнение штриховки замкнутой области – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Hatch*** (Штриховка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hatch*** (Штриховка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***Hatch*** (Штриховка) позволяет штриховать область, ограниченную замкнутой линией, как путём указания любой точки внутри контура, так и путём выбора объектов. Эта команда автоматически определяет контур и игнорирует любые целые примитивы и их составляющие, которые не являются частью контура. Текущим значением по умолчанию (в угловых скобках) может быть или имя одного из образцов штриховки, или по желанию пользователя (User). В первом случае в ответ на запрос системы необходимо указать имя одного из образцов, а во втором случае пользователь сообщает системе о намерении создать свой несложный топ штриховки, для чего отвечает символом ***U***.

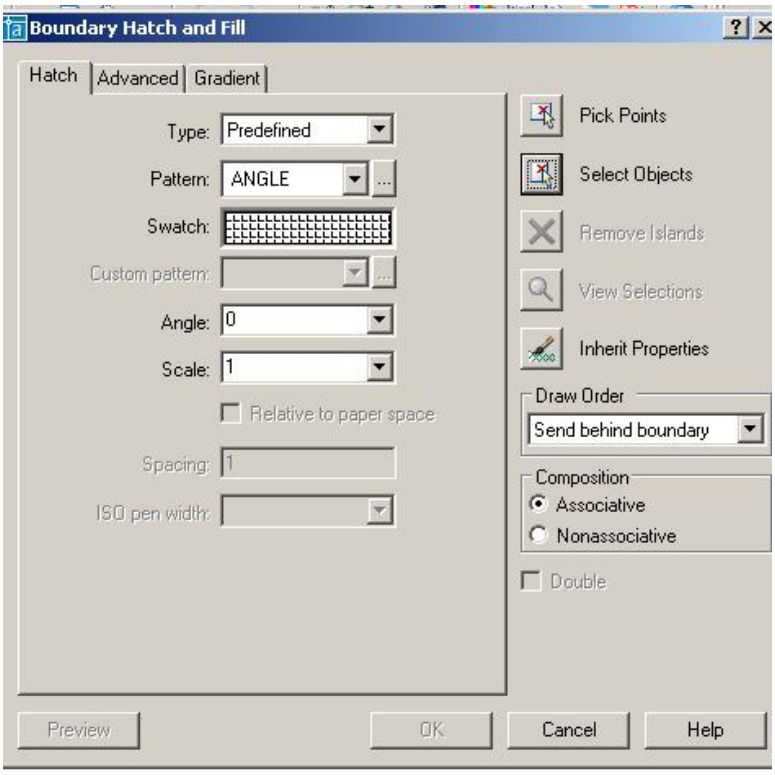


Рис. 40.

Обращение к команде ***Hatch*** (Штриховка) загружается диалоговое окно ***Boundary Hatch and Fill*** (Штриховка по контуру и заполнение), представленное на рис. 40.

1. Вкладка ***Hatch*** (Штриховка) позволяет выбирать образцы штриховки, которые имеются в области ***Pattern:*** (Образец:). Можно пользоваться как раскрывающимся списком, так и диалоговым окном ***Hatch Pattern Palette*** (Палитра образцов штриховки), содержащим пиктограммы с графическими образцами различных штриховок (рис. 41). Для выбора образца штриховки достаточно указать его изображение.

Для использования стандартных образцов штриховок необходимо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать

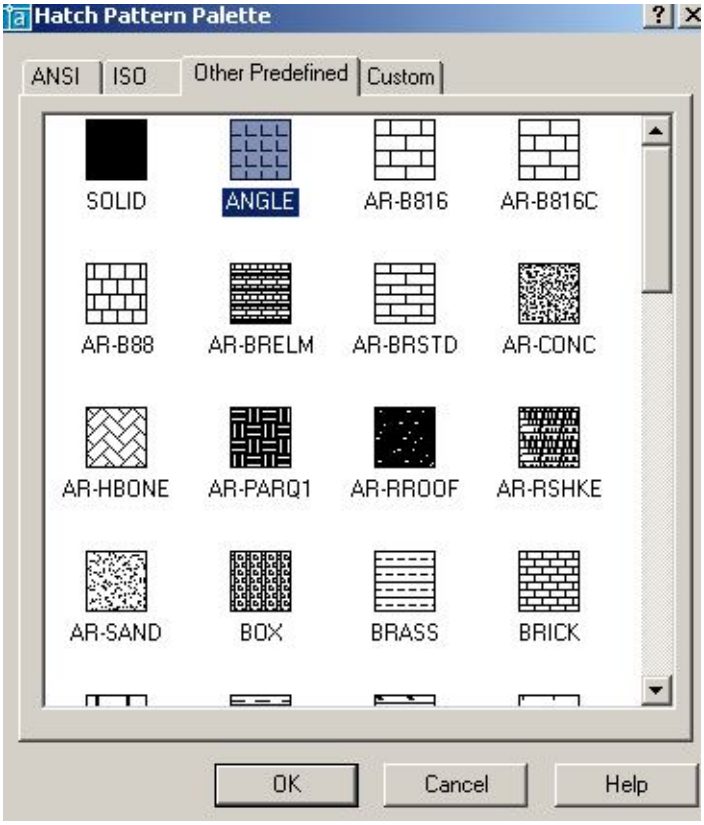


Рис. 41.

Predefined (Стандартный). Текстовые поля ***Scale:*** (Масштаб:) и ***Angle:*** (Угол:) позволяют задать масштабный коэффициент и угол наклона для выбранного образца штриховки.

Чтобы создать свой образец штриховки, надо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать ***User defined*** (**Пользовательский**). При использовании типа штриховки ***Custom*** (По типу линии) следует задать угол наклона в поле ***Angle:*** (Угол:), расстояние между линиями штриховки в поле ***Spacing:*** (Интервал:), если необходимо включить флажок ***Double*** (Крест-накрест) для вычерчивания дополнительных линий под углом 90^0 к основным линиям штриховки.

Для автоматического определения контура штриховки необходимо указать кнопку ***Pick Points*** (Указание точек). Это возможно в том случае, если на чертеже создана замкнутая область.

При определении нескольких контуров штриховки необходимо выбрать несколько внутренних точек, после чего нажать клавишу Enter. Если ***AutoCAD*** определяет, что контур не замкнут или что точка находится вне контура, на экране появляется сообщение об ошибке в диалоговом окне ***Boundary Definition Error*** (Ошибка определения контура).

Для выбора объектов в качестве контура штриховки любым из стандартных способов выбора необходимо указать кнопку ***Select objects*** (Выбор объектов).

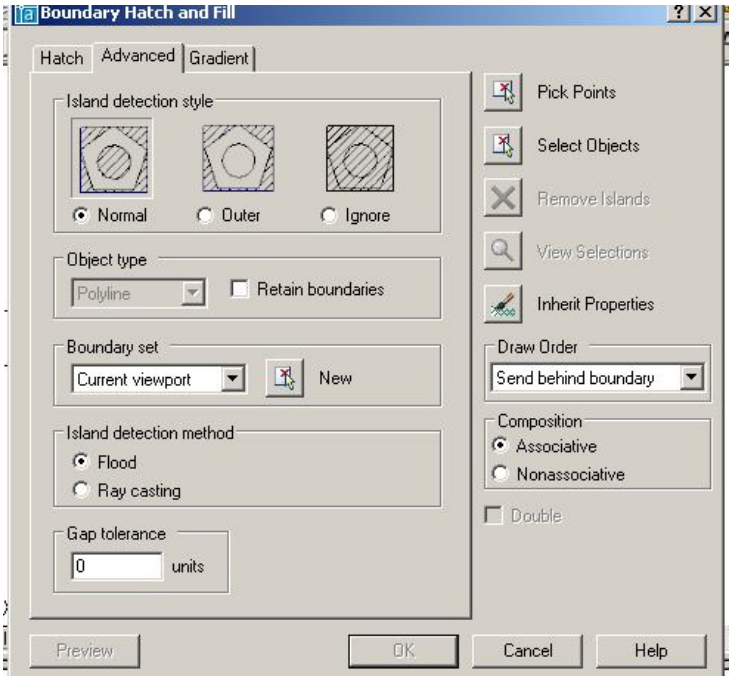


Рис. 42.

2. Вкладка ***Advanced*** (рис. 42) обеспечивает настройку параметров штриховки и содержит четыре панели.

Панель ***Island Direction Style*** содержит три кнопки выбора.

- ***Normal*** – устанавливает стиль штриховки, при котором режим штриховки изменяется при пересечении внутренних границ (используется по умолчанию).
- ***Outer*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка только внешней замкнутой области.
- ***Ignore*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка всей области внутри контура (внутренние границы игнорируются).

Панель ***Object Type*** содержит раскрывающийся список, который позволяет указать, в каком виде сохранять границу штриховки: как полилинию или как область. Кроме того, в этом поле размещена кнопка-переключатель ***Retain Boundaries*** – разрешает режим сохранения границ штриховки.

Панель ***Boundary Set*** – содержит раскрывающийся список, который определяет набор объектов для штрихуемой области.

Панель ***Island Direction Method*** – управляет методом поиска границ внутри выделенной области и содержит две кнопки выбора.

- ***Float*** – включать изолированные участки как граничные объекты.
- ***Ray Casting*** – исключать изолированные участки.

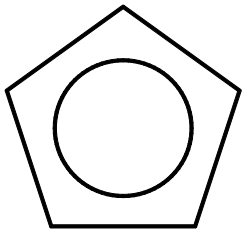
3. Вкладка ***Gradient*** позволяет заполнять замкнутые области градиентной заливкой. При этом можно выбирать угол заливки, количество цветов, центрировать.

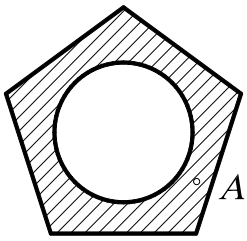
Выполнить упражнения № 45, 46. Для выполнения упражнений сначала создайте замкнутую область, показанную слева в этих упражнениях.

Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 45***

Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку ….
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку ANSI.
В закладке ANSI выбрать шаблон ANSI31.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать Pick Points, указать точку A внутри контура, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.



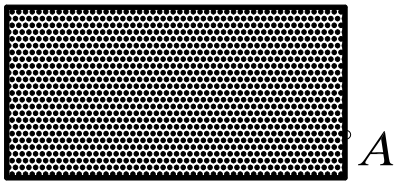


Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 46***

Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку ….
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку Other Predefined.
В закладке Other Predefined выбрать шаблон DOTS.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать Select Objects, указать точку A на контуре, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.





17. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Snap*
(Объектная привязка)

Объектная привязка (***Osnap***), панель которой показана на рис. 43, позволяет строить новые точки на чертеже, привязываясь к характерным точкам существующих объектов или относительно них, без необходимости знания её координат, а также для построения вспомогательных линий.



Рис. 43.

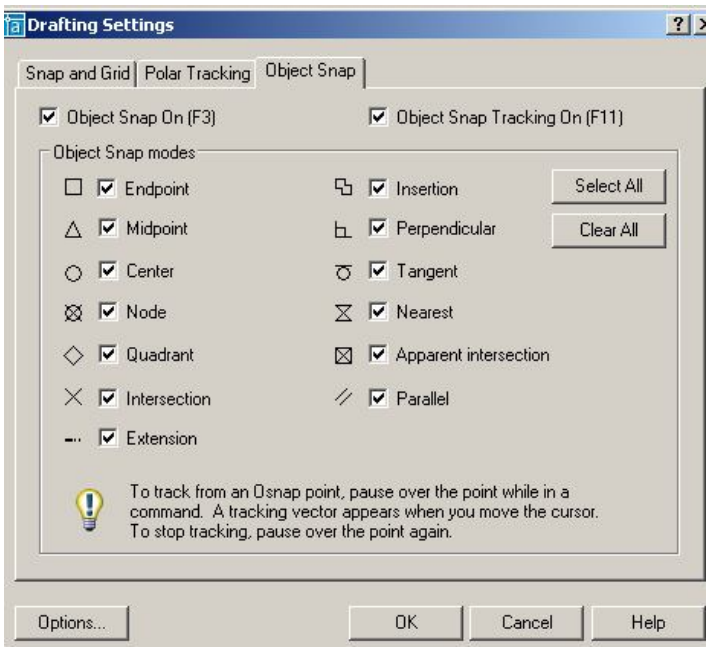
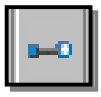


Рис. 44.

Перед применением этого способа необходимо настроить и включить режим ***Osnap***. Настройка осуществляется в диалоговом окне режимов черчения ***Drafting Settings*** (Настройки эскиза) выпадающего меню ***Tools*** (Инструменты), которое также может быть вызвано на экран командой ***OSNAP*** или нажатием правой кнопки мыши при указании на индикатор режима в строке состояния (рис. 44). В системе предусмотрена возможность временного отключения постоянного режима ***Osnap***, для чего достаточно щелкнуть на индикаторе ***Osnap*** в строке состояния.

Для одноразового использования какого-либо инструмента из набора объектных привязок в процессе выполнения команды используют контекстное меню, которое вызывают, удерживая клавишу ***SHIFT*** и нажимая правую кнопку мыши при нахождении графического курсора в рабочей зоне окна ***AutoCAD***.

Инструменты режима объектной привязки перечислены ниже:



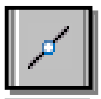
– ***Temporary Tracking Point*** (Точка отслеживания) – привязка к временной линии, проведённой через выбранную точку параллельно одной из осей координат;



– ***Snap From*** (Смещение) – привязка к точке, находящейся на заданном расстоянии от указанной точки (сначала выбирают любую точку, а затем вводят с клавиатуры расстояние или координаты точки, к которой нужна привязка);



– ***Snap to Endpoint*** (Привязка к конечной точке) – привязка к конечной точке линии, дуги, границы области, трёхмерного тела;



– ***Snap to Midpoint*** (Привязка к средней точке) – привязка к средним точкам объектов (отрезков, дуг и т. п.);



– ***Snap to Intersection*** (Привязка к пересечению) – привязка к точке пересечения двух объектов;



– ***Snap to Apparent Intersection*** (Привязка к предполагаемому пересечению) – привязка к воображаемой или предполагаемой точке пересечения линий или границ областей;



– ***Snap to Extension*** (Привязка к продолжению) - привязка к точке, лежащей на продолжении линии или дуги;



– ***Snap to Center*** (Привязка к центру) – привязка к центру окружности, дуги или эллипса (необходимо указывать на линию дуги или окружности или эллипса, а не на их центр);



– ***Snap to Quadrant*** (Привязка к квадранту) – привязка к ближайшему квадранту (точке, расположенной под углом 0^0, 90^0, 180^0 или 270^0 от центра) дуги, окружности или эллипса;



– ***Snap to Tangent*** (Привязка к касательной) – привязка к точке на дуге, окружности, эллипсе или сплайне, которая при соединении с последней точкой образует касательную к выбранному объекту;



– ***Snap to Perpendicular*** (Привязка к перпендикуляру) – привязка к точке на линии, окружности, эллипсе, сплайне или дуге, которая при соединении с последней точкой образует нормаль к выбранному объекту;



– ***Snap to Parallel*** (Привязка к параллели) – привязка объектов к точке на линии, которая при соединении с последней точкой образует линию, параллельную выбранному отрезку;



– ***Snap to Insert*** (Привязка к точке вставки) – привязка к точке вставки блока, формы, текста;



– ***Snap to Node*** (Привязка к узлу) – привязка к точке, сформированной командой ***Point*** (Точка);



– ***Snap to Nearest*** (Привязка к ближайшей) – привязка к произвольной точке примитива (на линии, дуге, окружности и др.), являющейся ближайшей к позиции перекрестия графического курсора;

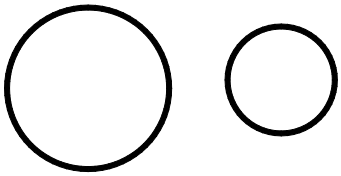
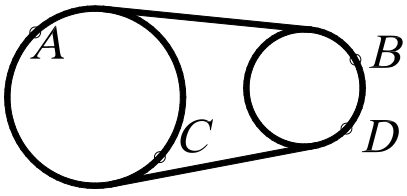


– ***None*** (Ничего) – этот режим отменяет на одну команду все текущие режимы объектных привязок;



– ***Object Snap Sitting*** (Установка объектных привязок) – установка режима объектной привязки.

Выполнить упражнения № 47, 48, 49, 50 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Построить касательные к окружностям	***№ 47***
 ***Line*** Падающее меню ***Draw → Line***	
Specify first point: объектная привязка tangent  указать A (или C)	
Specify next point or [Undo]: объектная привязка tangent  указать B (или D) Specify next point or [Undo]: <ENTER>.	
	

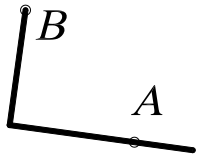
Восстановить перпендикуляр к концу отрезка	*№ 48*



Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: объектная привязка perpendicular  указать A
Specify next point or [Undo]: указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





Привязка к точке предполагаемого пересечения примитивов	*№ 49*

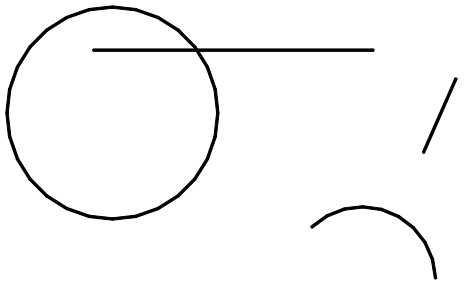


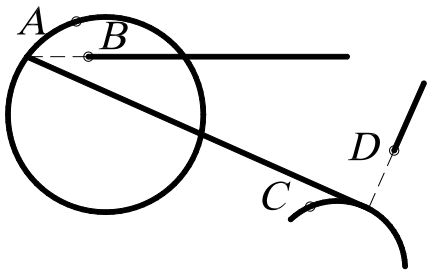
Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка Apparent Intersection  указать A, B

Specify next point or [Undo]: об. привязка Apparent Intersection  указать C, D

Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





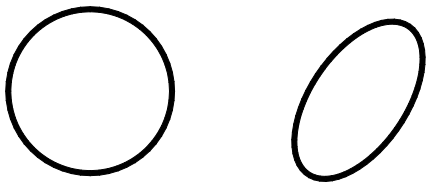
Привязка к центру окружности и эллипсу	*№ 50*

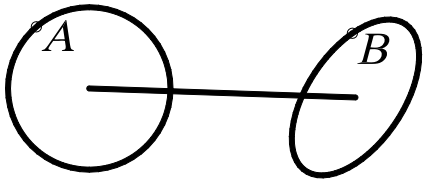


Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка  Center указать A

Specify next point or [Undo]: об. привязка  Center указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





18. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Modify*
(Изменить или редактировать)

Ни один чертёж не удается выполнить без корректировки. Вносить изменения в чертёж приходится по различным причинам. Некоторые процедуры редактирования являются частью процесса построения чертежа, например, копирование объекта вместо его повторного вычерчивания. Другие операции приводят к изменению большого количества объектов, на-

пример перенос целого фрагмента чертежа, если необходимо освободить место в графическом поле для новых объектов. Часто возникает потребность в удалении каких-то фрагментов, переносе повороте или изменении масштаба. Каждой из этих операций в наборе команд ***AutoCAD*** соответствует отдельная команда или набор команд, которые вызываются с помощью панели инструментов ***Modify*** (рис. 45) или с помощью падающего меню ***Modify*** (Редактировать).

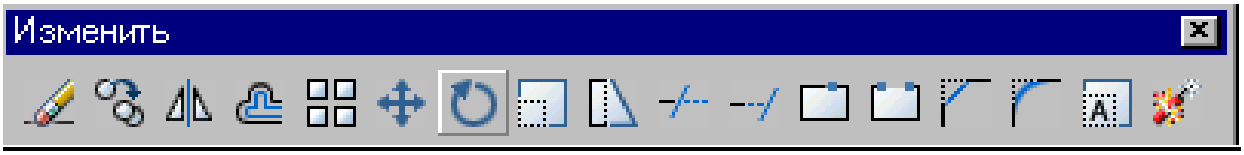


Рис. 45.

Для выполнения команд редактирования необходимо вначале выбрать эти объекты. Выбранная группа объектов называется *набором*, который состоит из одного или нескольких объектов. Набор объектов можно создавать как до, так и после вызова команды редактирования. Как только вызвана одна из команд редактирования, ***AutoCAD*** предлагает выбрать объекты. В командной строке появляется запрос ***Select objects:*** (Выберите объекты:). При этом перекрестье курсора заменяется прицелом выбора. Выбирать объекты можно с помощью предполагаемой рамки, с помощью курсора и др. Далее рассматриваются команды и примеры выполнения редактирования объектов. В примерах сначала создайте примитивы, показанные на рисунках слева, а затем редактируйте эти объекты.

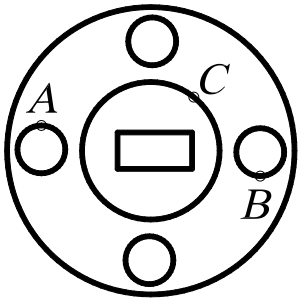
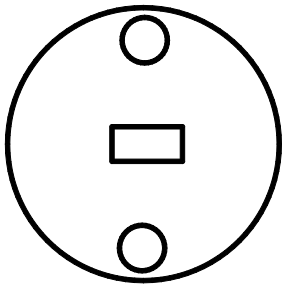
18.1. УДАЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



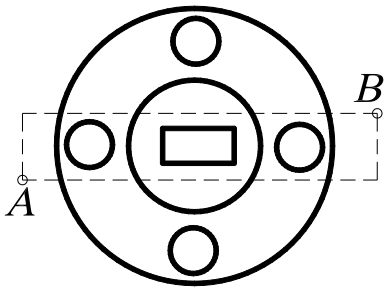
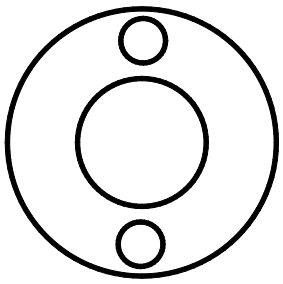
– Команда ***Erase*** (Стереть) – удаляет графический примитив и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Erase*** (Стереть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Erase*** (Стереть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

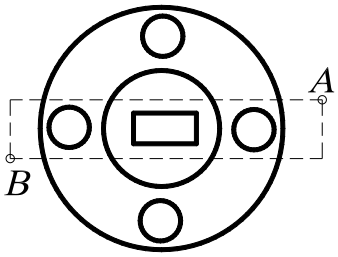
Для восстановления удаленных объектов последней командой ***Erase*** (Стереть) используется команда ***OOPS*** (Ой), название которой переводится на русский язык как «ой» и может пригодиться чересчур «активным» пользователям.

Выполнить упражнения № 51-53 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Удалить набор примитивов, используя точечный выбор	***№ 51***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать курсором объект A Select objects: указать курсором объект B Select objects: указать курсором объект C Select objects: <ENTER> *OOPS* - восстановить последний удаленный объект C.	
	

Выбор геометрических объектов может производиться с помощью рамки. Если указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении слева направо, то выбираются объекты, которые полностью попали в рамку. Если же указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении справа налево, то секущая рамка выбирает все объекты, которые находятся внутри или пересекают контур рамки.

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 52***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 53***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

18.2. КОПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Copy*** (Копировать) – копирует выбранные объекты и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Copy*** (Копировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Copy*** (Копировать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Команда позволяет создавать множество копий одного или нескольких объектов. При её применении последний запрос требует указания точки смещения (или расстояния) относительно базовой точки. После получения нужного числа копий в ответ на запрос нажать клавишу Enter.

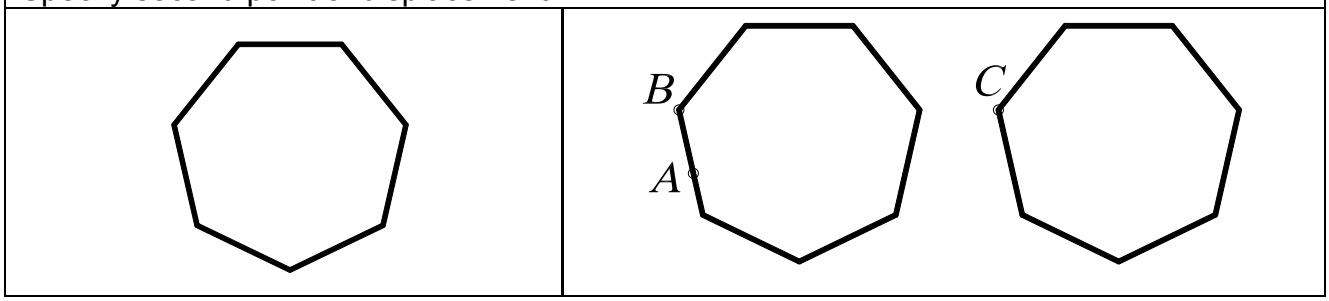
Выполнить упражнение № 54.

Скопировать объект	*№ 54*



Copy Падающее меню ***Modify*** → ***Copy***

Select objects: указать A
Select objects: ENTER
Specify base point or displacement: указать базовую точку B с использованием любой объектной привязки
Specify second point of displacement or
<use first point as displacement>: указать новое положение объекта – точку C
(или задавая расстояние BC с указанием направления курсора)
Specify second point of displacement: <ENTER>



18.3. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Mirror*** (Зеркало) – зеркально отображает выбранный объект или набор объектов, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Mirror*** (Зеркало) или щелчком мыши по пиктограмме ***Mirror*** (Зеркало) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Замечания:

1. Ось симметрии (отрезок, положение которого определяется первой и второй точками) может проходить под любым углом к горизонтальной линии.
2. Ось симметрии может быть предполагаемым отрезком, то есть не обязательно его вычерчивать.
3. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) рекомендуется в строке состояния установить режим ***Orto***, так как в большинстве случаев оси симметрии ортогональны.
4. При зеркальном отображении участков чертежа, содержащего текст, последний становится трудночитаемым. Чтобы устранить данный недостаток, необходимо предварительно установить значение системной переменной MIRRTEXT равным нулю (то есть в командной строке написать слово MIRRTEXT и затем в следующей строке на запрос Enter new value for MIRRTEXT <0>: установить значение 0).
5. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) можно исходные объекты (оригиналы) сохранять или удалять. При этом на запрос команды Delete source objects? [Yes/No] <N>: указать Yes.

Выполнить упражнение № 55.

Зеркально отобразить объект	*№ 55*



Mirror Падающее меню ***Modify*** → ***Mirror***

Select objects: выбрать объекты, показанные на рисунке толстыми линиями

Select objects: ENTER

Specify first point of mirror line: указать точку A,

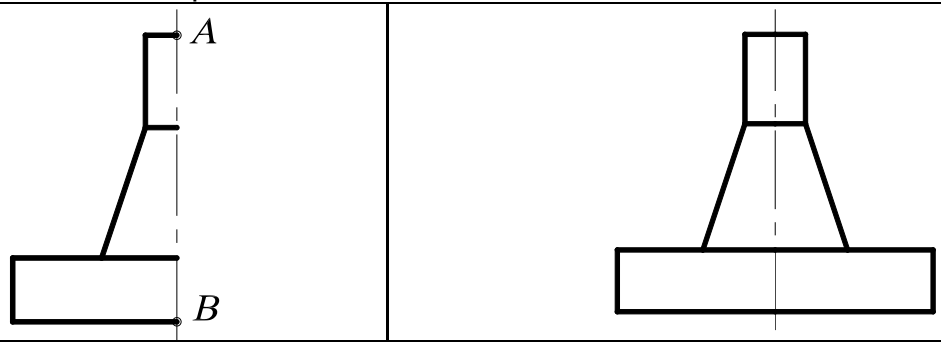
используя любой удобный режим об. привязки

Specify second point of mirror line: указать точку B,

используя любой удобный режим об. привязки

Delete source objects? [Yes/No] <N>: <ENTER>

Если на последний запрос команды ответить Y, то исходный объект не сохранится.



18.4. ПОСТРОЕНИЕ ПОДОБНЫХ ПРИМИТИВОВ



– Команда ***Offset*** (Подобие) – строит примитив, подобный другому графическому примитиву (строит эквидистантные линии); вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Offset*** (Подобие) или щелчком мыши по пиктограмме ***Offset*** (Подобие) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). Новый, подобный примитив проходит через заданную точку на чертеже или на заданном расстоянии от исходного.

Первый запрос системы в ответ на команду Specify offset distance or [Through] <Through>: (Задайте величину постоянного смещения каждого объекта или…<значение по умолчанию>)

Если выбрать режим Through, то подобный объект будет построен проходящим через заданную впоследствии точку на чертеже.

Если выбрать режим Offset, то системе необходимо указать величину смещения (ввести числовое значение с помощью клавиатуры) и позицию относительно примитива-оригинала. Подобный элемент будет построен на заданном смещении от оригинала и в нужную сторону от него. По умолчанию система всегда предлагает тот режим использования данной команды, который был применен в предыдущий раз.

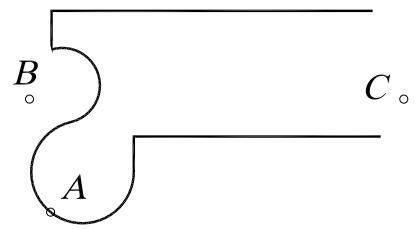
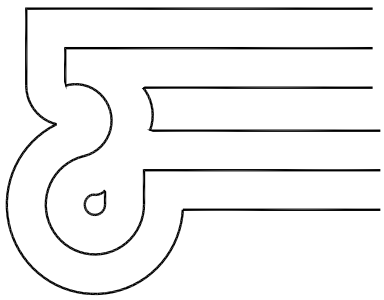
Замечания:

1. Для использования с командой ***Offset*** (Подобие) можно выбирать дуги, окружности, эллипсы, отрезки, лучи, прямые полилинии, сплайны, при этом указанные примитивы трансформируются следующим образом:
   - дуга – новая дуга имеет центральный угол и точку центра исходной дуги, однако длина дуги изменяется;
   - окружность, эллипс – новые объекты имеют центр исходных объектов, однако их радиусы изменяются;
   - отрезки, лучи, прямые – новые объекты являются дубликатами исходных;
   - полилинии – конечные точки новой полилинии размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим точкам исходной полилинии, в результате чего изменяются длины линейных и дуговых сегментов новой полилинии;

- сплайн – конечные точки нового сплайна размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим конечным точкам исходного сплайна, в результате чего изменяются длина и форма нового сплайна.

2. Для создания подобных объектов можно одновременно выбирать только один объект, причем разрешен только явный выбор.
3. Нельзя трансформировать объекты, находящиеся в плоскости, не параллельной текущей ПСК.

Выполнить упражнение № 56.

Построить эквидистанту полилинии	***№ 56***
Offset Падающее меню ***Modify*** → ***Offset*** Specify offset distance or [Through] <Through>: 10 величина смещения Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку B (сторону смещения) Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку C (сторону смещения) Select object to offset or <exit>:<ENTER>	
	

18.5. РАЗМНОЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МАССИВОМ

Команда ***Array*** (Массив) – тиражирует изображение графического примитива или их группы в заданной прямоугольной или круговой структуре, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Array*** (Массив) или щелчком мыши по пиктограмме ***Array*** (Массив) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

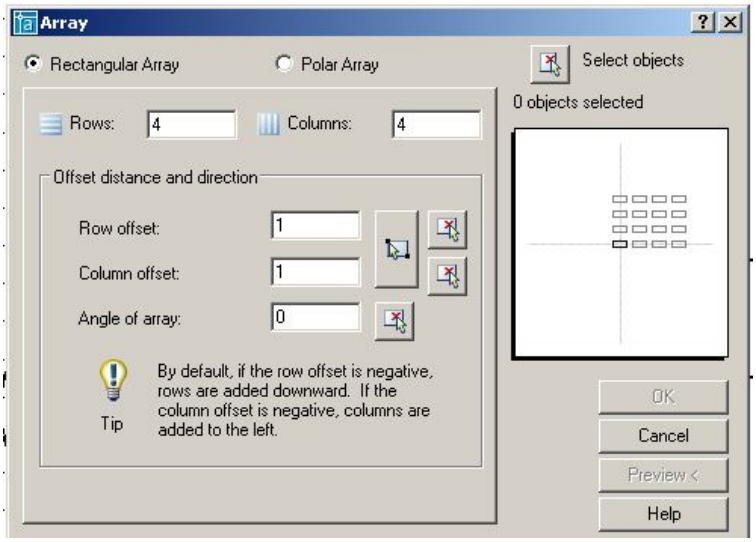


Рис. 46.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Array*** (рис. 46). Окно содержит две кнопки выбора, информационное поле, панель и кнопку.

- Кнопка выбора ***Rectangular Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде прямоугольного массива.
- Кнопка выбора ***Polar Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде кругового массива.
- Кнопка ***Select Object*** позволяет перейти в режим указания объектов, массив из которых необходимо создать.
- Информационное поле отображает вид создаваемого массива.

Панель служит для ввода параметров массива. В зависимости от выбора пользователя ***Rectangular Array*** или ***Polar Array*** состав компонентов панели изменяется. В режиме создания массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты.

- Поле ввода ***Rows*** служит для задания числа строк прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Columns*** служит для задания числа столбцов прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Rows offset*** служит для задания расстояния между строками массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Column offset*** служит для задания расстояния между столбцами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle of array*** служит для задания угла наклона осей, вдоль которых строится массив. Поле снабжено контекстным меню.
- Кнопка ***Pick Both Offset*** позволяет задать расстояния между строками и столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки. При этом расстояние между строками равно разности координат указанных точек вдоль оси ***x***, а расстояние между столбцами – разности координат указанных точек вдоль оси ***y***.
- Кнопка ***Pick Row Offset*** позволяет задать расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Column Offset*** позволяет задать расстояния между столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Angle of Array*** позволяет задать угол наклона осей массива, расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.

В режиме создания полярного массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты (рис. 47).

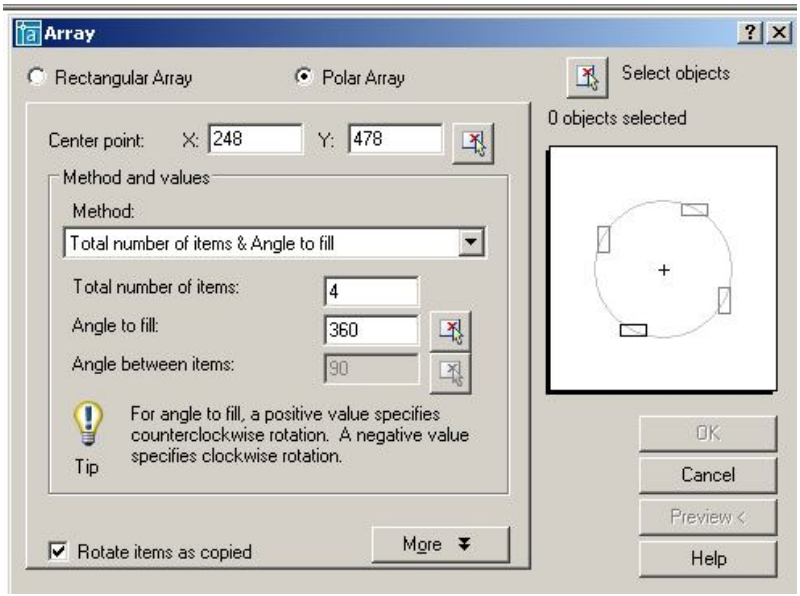


Рис. 47.

- Поля ***Center X:***, ***Y:*** служат для задания координат центра массива. Поля снабжены контекстным меню.
- Кнопка ***Center Pick Point*** позволяет задать центр массива, указав на графическом поле произвольную точку (можно использовать объектную привязку).

- Раскрывающийся список ***Method*** позволяет выбрать режим создания полярного массива:

  -***Total number of items & Angle to fill*** – создание массива с определённым числом элементов, равномерно распределённых в пределах заданного угла;

  -***Total number of items & Angle between items*** - создание массива с определенным числом элементов и заданным угловым шагом;

  -***Angle to fill & Angle between items*** – создание массива элементов, расположенных в пределах определённого угла с заданным угловым шагом.
- Поле ввода ***Total number of items*** служит для задания общего числа элементов массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle to fill*** служит для задания угла, в пределах которого размещаются элементы массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle between items*** служит для задания углового шага между элементами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Флажок ***Rotate items as copie***d разрешает режим, при котором объекты создаваемого массива поворачиваются на соответствующий угол.
- Кнопка ***More*** открывает дополнительную панель ***Object base point***, позволяющую задать положение базовой точки объекта (точки, расстояние до которой от центра массива остается постоянным).

Панель ***Object base point*** содержит следующие компоненты.

- Флажок ***Set to object's default*** разрешает использовать режим определения базовой точки, принятой для данного объекта по умолчанию:

  -точка центра для окружностей и эллипсов;

  -первый угол для многоугольников и прямоугольников;

  -начальная точка для линий, полилиний, сплайнов и лучей;

  -точка вставки для блоков и текста;

  -средняя точка для конструкционных линий.
- Поля ввода ***Base point X:***, ***Y:*** служат для задания координат базовой точки объекта, которая отличается от принятой по умолчанию.
- Кнопка ***Pick Base Point*** позволяет задать базовую точку объекта, указав на графическом поле произвольную точку.

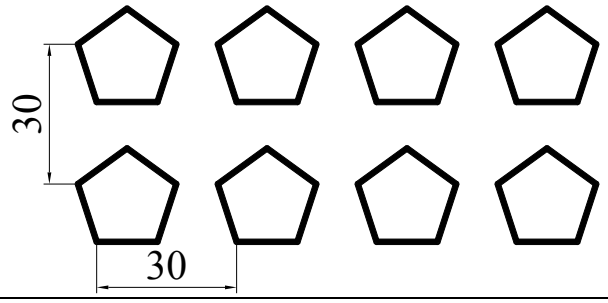
После задания всех необходимых параметров и выбора кнопки ***OK*** система производит построение массива элементов и завершает работу с командой. Кнопка ***Preview*** позволяет предварительный просмотр построенного массива, изображение которого можно редактировать или согласиться с тем, которое построено, нажав кнопку ***OK***.

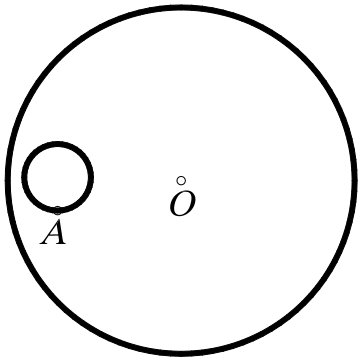
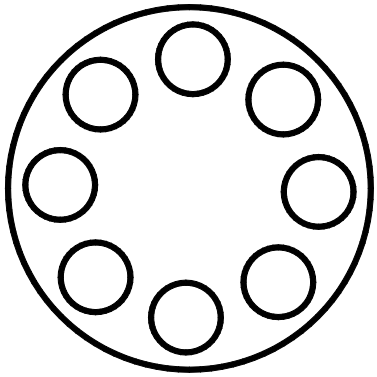
Замечания:

1. Команда позволяет выбрать объекты как после ее задания, так и до ее задания.
2. Каждый элемент массива можно редактировать независимо от других элементов.
3. Прямоугольные массивы выравниваются по осям ***X*** и ***Y*** текущей системы координат.

Для многих пользователей системы ***AutoCAD*** привычнее и удобнее работа с командной строкой. В этом случае команда ***Array*** (Массив) вводится с префиксом ***–ARRAY*** или ***(-AR)***.

Выполнить упражнение № 57, 58 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнений).

Размножить объект прямоугольным массивом	***№ 57***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY*** или ***-AR*** Select objects: выбрать объект (пятиугольник) Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: Enter выбрать прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 количество строк Enter the number of columns (|||) <1> 4 количество столбцов Enter the distance between rows or specify unit cell (---): 30 расстояние между строками Specify the distance between columns (|||): 30 расстояние между столбцами	
	

Размножить объект круговым массивом	***№ 58***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY (-AR)*** Select objects: выбрать объект A Select objects:Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: P круговой режим Specify center point of array or [Base]: указать центр окружности O Enter the number of items in the array: 8 количество элементов Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>:360 или Enter угол заполнения элементами массива Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: <ENTER>	
	

Параметры ввода массива в диалоговое окно для упражнения № 57 показаны на рис. 48, а для упражнения № 58 – на рис. 49.

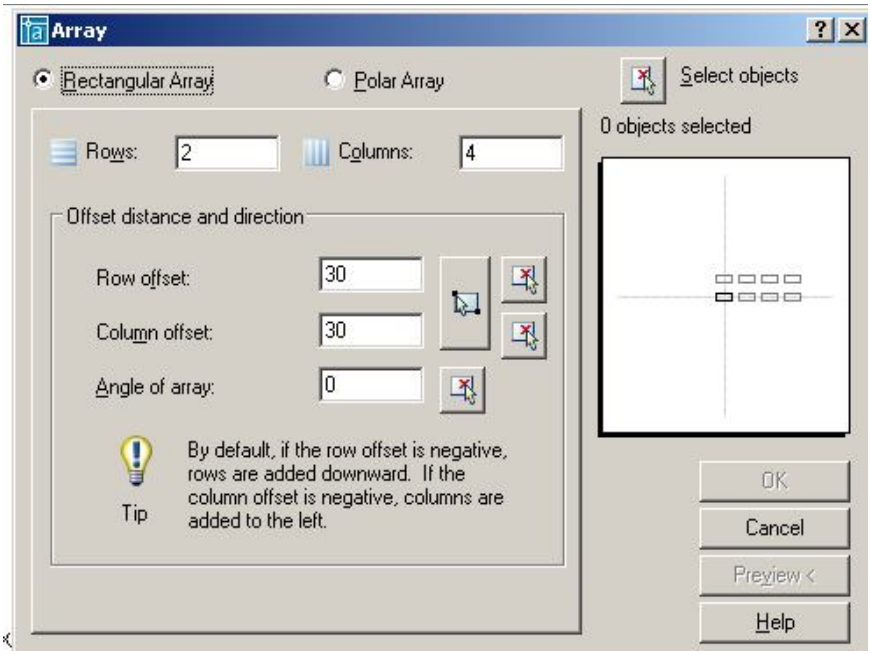


Рис. 48.

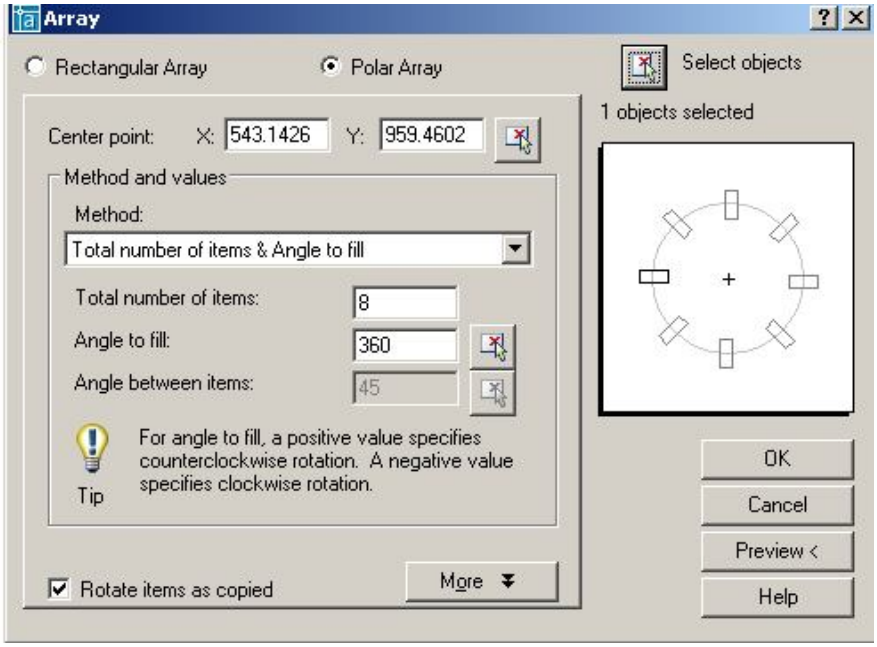


Рис. 49.

18.6. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



- Команда ***Move*** (Перемещение) – перемещает выбранные объекты, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Move*** (Перемещение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Move*** (Перемещение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Выполнить упражнение № 59.

Переместить окружности	*№ 59*



Move Падающее меню ***Modify*** → ***Move***

Select objects: указать A

Specify opposite corner: указать B

Select objects: Enter

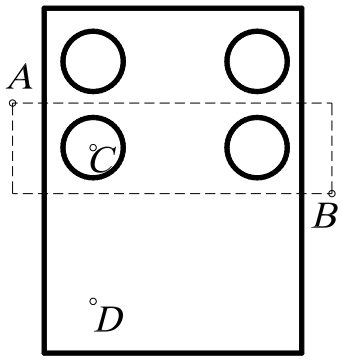
Specify base point or displacement: указать окружность в точке C с объектной привязкой Center

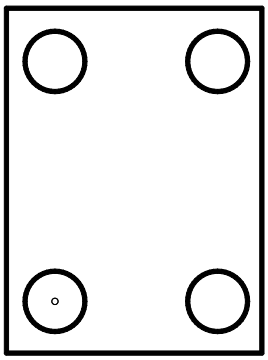


Specify second point of displacement or

<use first point as displacement>: указать точку D с объектной привязкой Node







18.7. ПОВОРОТ ОБЪЕКТОВ



- Команда ***Rotate*** (Повернуть) – поворачивает выбранные объекты вокруг указанной точки на заданный угол; вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Rotate*** (Повернуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rotate*** (Повернуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). По умолчанию отсчет значений углов ведется от положительного направления оси ***x***. Против часовой стрелки – положительное значение угла, по часовой стрелке – отрицательное.

Опция команды ***Reference*** (Опорный угол) используется, если необходимо повернуть объект относительно существующего угла. Для автоматического определения угла нужно указать на примитиве две точки с помощью объектной привязки.

Выполнить упражнения № 60, 61.

Повернуть объект	*№ 60*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

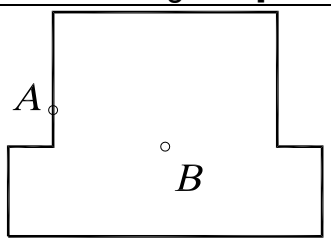
Select objects: указать объект A

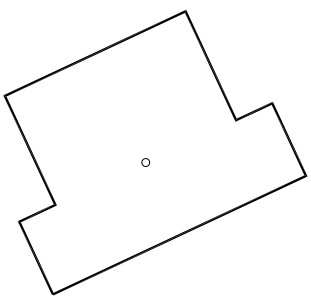
Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота – базовую точку B с объектной привязкой Node



Specify rotation angle or [Reference]: 25 угол поворота





Повернуть объект со ссылкой на известный угол	*№ 61*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: указать объект A

Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота точку B с объектной привязкой Intersection

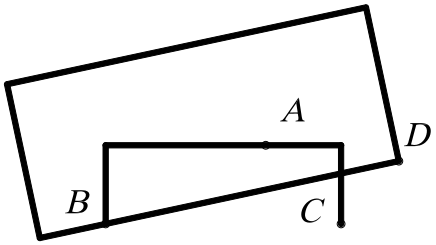


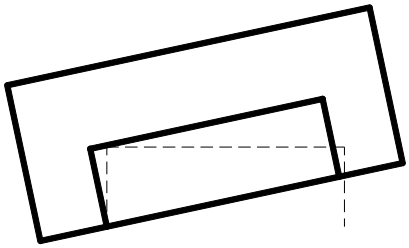
Specify rotation angle or [Reference]: R режим ссылки

Specify the reference angle <0>: указать точку B с объектной привязкой

Specify second point: указать точку C с объектной привязкой

Specify the new angle: указать точку D с объектной привязкой.





18.8. МАСШТАБИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Scale*** (Масштаб) – пропорционально изменяет размеры объекта относительно заданной точки, умножая их на заданный коэффициент масштаба, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Scale*** (Масштаб) или щелчком мыши по пиктограмме ***Scale*** (Масштаб) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

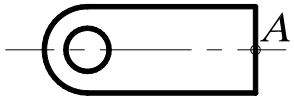
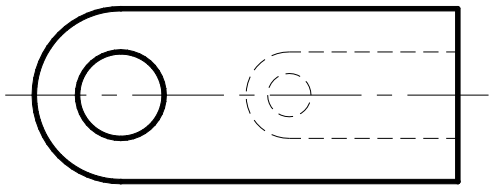
При масштабировании объектов масштабные коэффициенты по осям ***x*** и ***y*** одинаковы. Таким образом, можно делать объект больше или меньше, но нельзя изменять соотношение его размеров по этим осям. Масштабирование выполняется путем указания базовой точки и новой длины объекта, из которой выводится масштабный коэффициент для текущих единиц, или путем явного ввода коэффициента. Кроме того, коэффициент может определяться путем указания текущей длины и новой длины объекта.

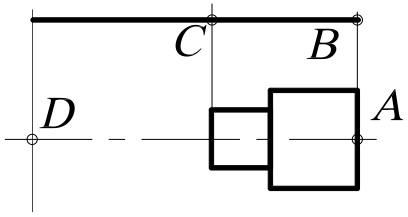
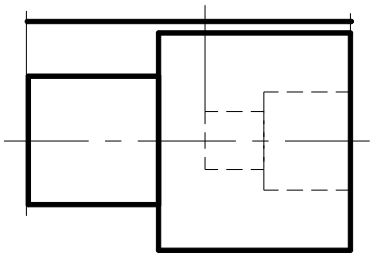
Опция ***Reference*** (Опорный отрезок) используется для определения коэффициента масштабирования с применением существующих объектов.

Одна из наиболее эффективных возможностей использования ***Reference*** (Опорный отрезок) – изменение масштаба всего рисунка. Если окажется, что выбранные единицы рисунка не соответствуют заданным требованиям, то для выбора всех объектов на рисунке (например, рамкой) можно сначала воспользоваться командой ***Scale*** (Масштаб), затем использовать опцию ***Reference*** (Опорный отрезок), указать два конца объекта, требуемая длина которого известна, и ввести эту длину. В результате масштаб всех объектов на рисунке пропорционально изменится соответствующим образом. Для автоматического определения исходной длины нужно указать на объекте с помощью объектной привязки две точки.

При использовании команды ***Scale*** (Масштаб) базовая точка не меняет своего положения при изменении размеров объекта.

Выполнить упражнения № 62, 63.

Масштабировать объект	*№ 62*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: 2 коэффициент	
	

Масштабировать объект со ссылкой на заданную длину	*№ 63*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект любым способом Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: R ссылка Specify reference length <1>: указать точку B Specify second point: указать точку C Specify new length: указать точку D	
	

18.9. РАСТЯГИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

 – Команда ***Stretch*** (Растянуть) – обеспечивает растягивание или сжатие объекта, не разрывая его, за счёт перемещения отдельных его частей, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Stretch*** (Растянуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Stretch*** (Растянуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

После запуска команды необходимо выбрать объекты. Выбор объектов осуществляется секущей рамкой, которая получается при движении курсора справа налево. При выполнении команды все объекты, которые попали внутрь секущей рамки, переносятся на одно и то же расстояние, а те, которые не попали, остаются на месте.

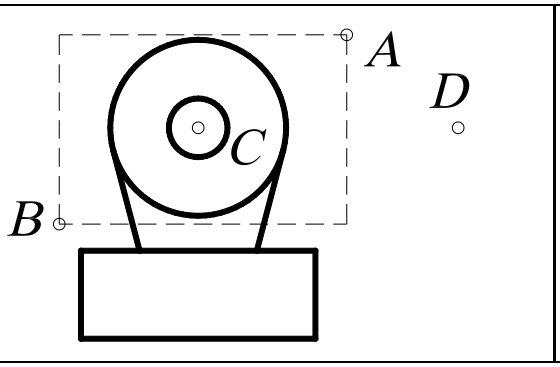
Под действие команды ***Stretch*** (Растянуть) попадают следующие типы объектов: отрезки, полилинии, дуги, лучи, сплайны, эллиптические дуги, размеры. Объекты – круг, текст, блок – растягивать нельзя.

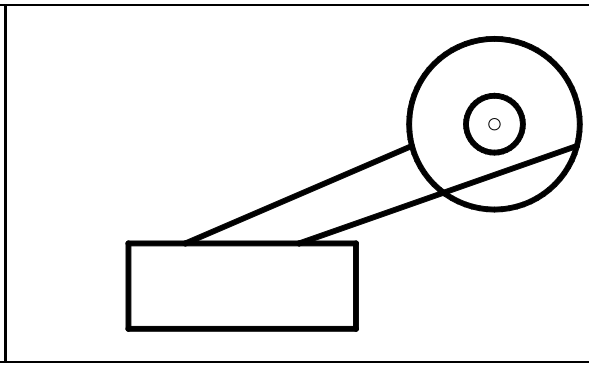
Выполнить упражнение № 64.

Растянуть объект со смещением вправо	*№ 64*

Stretch Падающее меню ***Modify*** → ***Stretch***

Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...
Select objects: выбрать объекты секущей рамкой
(растягивая её справа налево), указать точку A
Specify opposite corner: указать точку B
Select objects: Enter
Specify base point or displacement: указать точку C (применяя об. привязку к центру)
Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: указать точку D





18.10. ПОДРЕЗАНИЕ ОБЪЕКТОВ

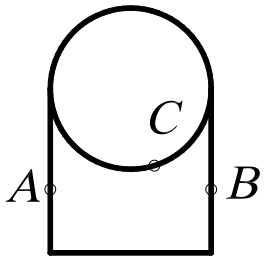
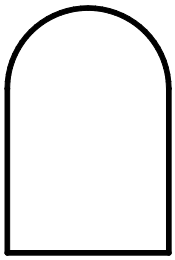
– Команда ***Trim*** (Обрезать) – удаляет часть графического объекта, обрезая его по заданной режущей кромке, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Trim*** (Обрезать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Trim*** (Обрезать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Прежде чем удалить лишние фрагменты – подрезать объект, необходимо определить *режущую кромку*. Режущей кромкой могут служить отрезки, дуги, окружности, двумерные полилинии, эллипсы, сплайны, прямые, лучи. Можно выбирать несколько режущих кромок и подрезать несколько объектов одновременно. В пространстве листа режущими кромками могут быть границы видовых экранов. После определения объектов, которые будут использованы в качестве режущих кромок, выбираются объекты для подрезания. При этом перечисляются следующие опции команды.

- ***Select object to trim*** (Выберите объекты для подрезания). Эта опция предлагается по умолчанию. Нужно выбрать любым известным способом те объекты, которые нужно откорректировать, при этом каждый объект должен быть указан с того конца, который нужно удалить.
- ***Project*** (Проекция). Эта опция определяет режим отсечения объектов по пересечению проекции объектов с границей в трехмерном пространстве:
  - ***None*** (Никакой) – режущая кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать корректируемый объект;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – режущая кромка и подрезаемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение режущей кромки до воображаемого пересечения с корректируемым объектом;

- ***No Extend*** (Не удлинять) – отсечение объектов по границе, с которой они имеют пересечение.

Выполнить упражнение № 65.

Отсечь часть окружности	***№ 65***
Trim Падающее меню ***Modify*** → ***Trim*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select cutting edges ... Select objects: указать режущую кромку, выбрав объекты A и B Select objects: Enter Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: указать объект C Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

18.11. УДЛИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

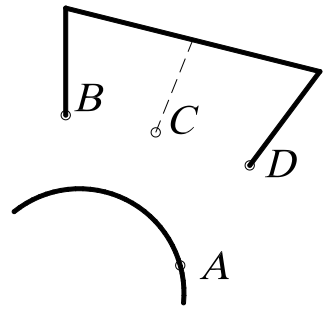
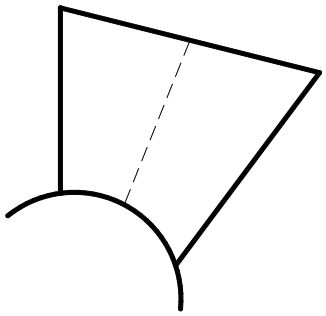
 – Команда ***Extend*** (Удлинить) – удлиняет объекты до пересечения с указанной линией, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Extend*** (Удлинить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extend*** (Удлинить) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Методика выполнения удлинения объектов мало отличается от подрезания. Разница только в том, что вместо режущей кромки задается *граничная кромка*. Удлинять командой ***Extend*** (Удлинить) можно отрезки, незамкнутые полилинии, дуги, лучи, эллиптические дуги. Граничными кромками могут служить отрезки, дуги, двумерные полилинии. Удлиняемые объекты выбираются, если указать на ту часть, которая должна удлиняться. Объекты нельзя выбирать рамкой.

В процессе выполнения команды ***Extend*** (Удлинить)используются те же приглашения, что и для ***Trim*** (Обрезать). Первое приглашение ***Select boundary edges*** касается выбора объектов, которые будут использованы в качестве граничной кромки. Для задания способа интерпретации граничных кромок предлагается использовать такие же опции, как и при выполнении подрезания.

- ***Project*** (Проекция). Эта опция позволяет определить, каким образом ***AutoCAD*** будет проектировать граничную кромку при выполнении операции на трехмерной модели:
  - ***None*** (Никакой) – граничная кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать продолжение корректируемого объекта;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – граничная кромка и удлиняемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение объекта до воображаемой продолженной границы;
  - ***No Extend*** (Не удлинять) – удлинение объектов до границы без её удлинения.

Выполнить упражнение № 66.

Удлинить отрезки до границы дуги	***№ 66***
Extend Падающее меню ***Modify*** → ***Extend*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select boundary edges ... Select objects: указать граничную кромку, выбрав объект A Select objects: Enter Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку B Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку C Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать тоску D Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

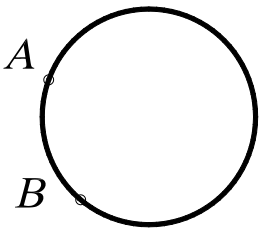
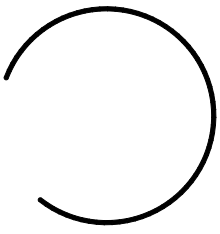
Если задано несколько граничных кромок, то объект удлиняется до тех пор, пока не достигнет первой граничной кромки. Этот объект можно выбрать вновь, чтобы удлинить его до следующей граничной кромки.

18.12. РАЗБИЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ЧАСТИ

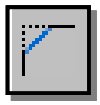
– Команда ***Break*** (Разорвать) – осуществляет разрыв отрезка, полилинии, дуги, окружности, эллипса, сплайна, прямой. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Break*** (Разорвать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Break*** (Разорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Для разбиения объекта на части можно выбрать объект в первой точке разрыва, а затем указать вторую точку разрыва.

Выполнить упражнение № 67.

Расчленить и удалить часть окружности	***№ 67***
Break Падающее меню ***Modify*** → ***Break*** Select object: указать точку разрыва A Specify second break point or [First point]: указать точку разрыва B	
	

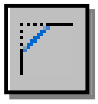
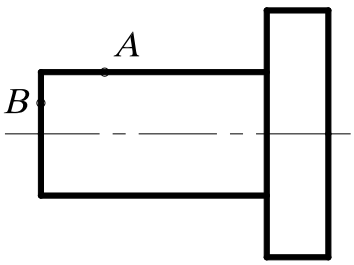
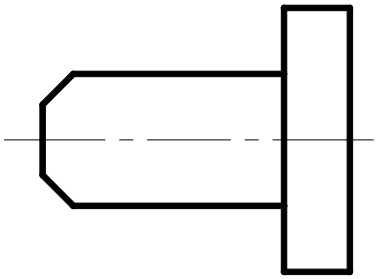
18.13. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК

 – Команда ***Chamfer*** (Фаска) – снимает фаску с угла, образованного полилинией, лучами или пересечением двух отрезков. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Эта команда может использоваться и для редактирования трехмерных тел. Если создается фаска, она определяется либо двумя катетами, либо одним катетом и углом фаски по отношению к одной из кромок.

Процесс создания фаски состоит из двух шагов. Сначала задаются параметры фаски. Это могут быть либо два катета, либо один катет и угол фаски. После ввода значений ***AutoCAD*** завершит команду ***Chamfer*** (Фаска). После этого нужно снова запустить эту команду и выбрать два отрезка, представляющие кромки, между которыми создается фаска. ***AutoCAD*** создаст фаску, используя полученную на предыдущем этапе информацию.

Выполнить упражнения № 68.

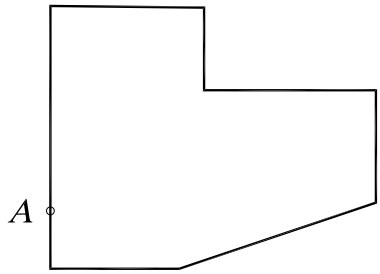
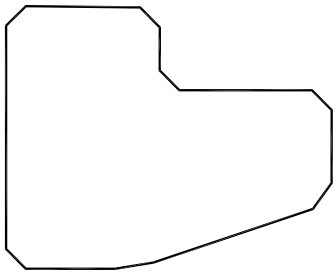
Построить фаски объекта	***№ 68***
 ***Chamfer*** Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 0.0000, Dist2 = 0.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: D режим задания фаски по двум катетам Specify first chamfer distance <0.0000>: 7 длина одного катета Specify second chamfer distance <7.0000>: Enter <по умолчанию> длина второго катета Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать отрезок A Select second line: указать отрезок B Аналогично построить фаску с другой стороны.	
	

Ниже описаны опции команды ***Chamfer*** (Фаска).

- ***Select first line*** (Выберите первую кромку). Указать первую из двух кромок. В плоских чертежах ею является линия, а в трехмерных моделях – ребро тела. После этого последует приглашение выбрать вторую кромку.
- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, на всех углах между последовательными сегментами будет вычерчена линия фаски. Построенные вдоль полилинии фаски становятся её новыми сегментами, даже если их длина равна нулю. Пример нанесения фасок на полилинию будет представлен ниже.
- ***Distance*** (Катет). Эта опция используется для формирования фаски по значениям длин двух катетов. В этом случае задается сначала длина одного катета, а затем другого.
- ***Angle*** (Угол). Позволяет задать длину одного катета и угла скоса между фаской и линией кромки.

- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до снятия фаски. Если нужно обрезать, то первая линия отсекает на величину первого расстояния, вторая – на величину второго. Если расстояние равно 0, то происходит подгонка в одну точку. По умолчанию соединяемые фаской объекты обрезаются.
- ***Method*** (Метод) – позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок: либо двумя расстояниями, либо расстоянием и углом.

Выполнить упражнения № 69.

Вычертить фаски на углах сегментов полилинии	***№ 69***
Chamfer Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 5.0000, Dist2 = 5.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: P режим полилинии Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A) 7 lines were chamfered	
	

18.14. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ УГЛОВ

 – Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

С помощью этой команды можно сопрягать объекты следующих типов: линия, полилиния, луч, конструкционная линия, которые на чертеже имеют вид прямых, причем сопрягаемые линии, которых могут быть и параллельными. Допускается сопрягать и криволинейные объекты типов дуга, окружность и эллипс.

Процесс сопряжения состоит из двух этапов. Сначала определяется радиус сопрягающей дуги. В качестве такового используется радиус последнего выполненного сопряжения. Если необходимо переназначить величину радиуса, выбирают опцию ***Radius*** и вводят новое значение. Затем выбирают два сопрягаемых отрезка. ***AutoCAD*** выполнит сопряжение отрезков в соответствии с имеющейся информацией.

Команда имеет четыре основанные опции.

- ***Select first object*** (выберите первый объект). Эта опция позволяет указать первый объект сопряжения, если выполняется редактирование плоских объектов, либо трёхмерное ребро, если выполняется плавное сопряжение на трёхмерной модели. После выбора первого объекта сопряжения выбирается второе. При работе с трехмерными моделями можно выбрать несколько ребер, которые будут сглажены поверхностью одного радиуса. В этом случае имеется еще три опции:

  - ***Select an edge*** (Выберите ребро). Эта опция позволяет выбрать дополнительно рабра трехмерной модели до тех пор, пока не будет нажата клавиша ***Enter***.

- ***Chain*** (Цепочка). Эта опция позволяет указать непрерывную последовательность ребер на одной грани, которые будут одинаково сглажены.
-***Radius*** (Радиус) – задание радиуса.

- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, все углы между последовательными сегментами будут сопряжены дугами одного радиуса.
- ***Radius*** (Радиус). Эта опция позволяет задать значение радиуса. Изменение радиуса действует только на выполняемые после этого сопряжения, оставляя неизменными существующие.
- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до выполнения сопряжения. По умолчанию сопрягаемые объекты обрезаются.

Выполнить упражнения № 70 - 72.

Построить сопряжение отрезков ***№ 70***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

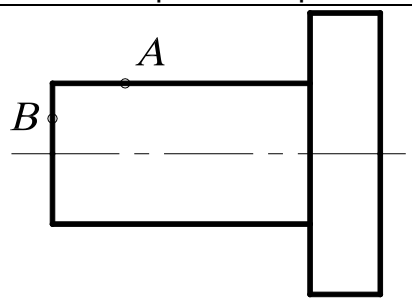
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

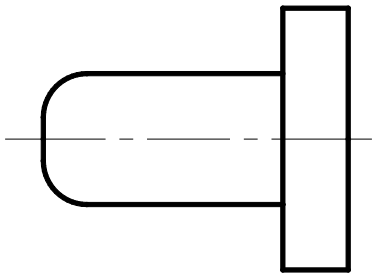
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать на отрезок в точке A

Select second object: указать на отрезок в точке B

Аналогично построить второе сопряжение.





Построить сопряжения на углах сегментов полилинии ***№ 71***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

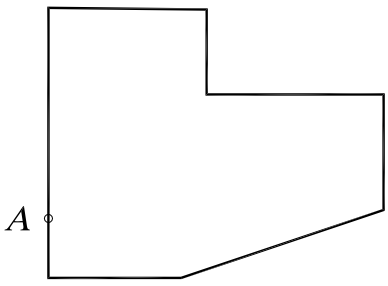
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

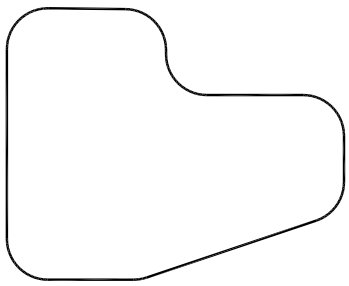
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: P режим полилинии

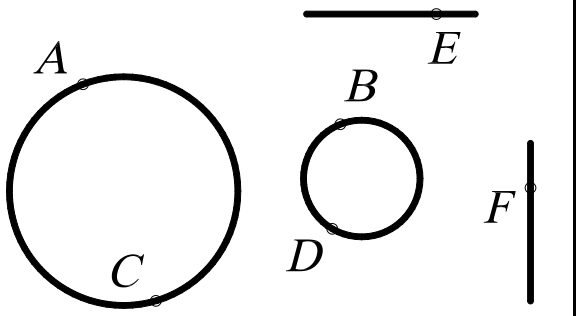
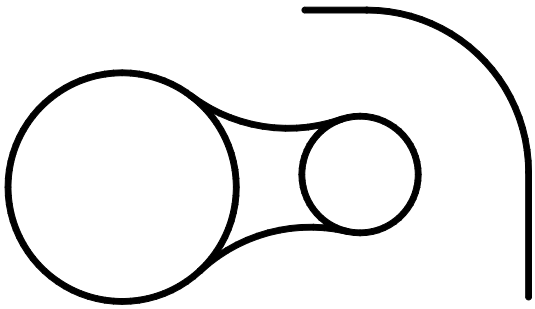
Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A)

7 lines were filleted





Замечание. Если два отрезка параллельны, то между их концами вычерчивается полукруг, при этом радиус сопряжения автоматически устанавливается равным половине расстояния между отрезками.

Построить сопряжения заданных объектов	***№ 72***
Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet*** Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса Specify fillet radius <10.0000>: 30 радиус скругления Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку A (или C) Select second object: указать точку B (или D) FILLET Current settings: Mode = TRIM, Radius = 30.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку E Select second object: указать точку F.	
	

Замечание. Если радиус сопряжения задан нулевым, то система просто соединяет два непараллельных отрезка.

19. РЕДАКТИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРОВ GRIPS («РУЧКИ»)

При выделении объекта на поле чертежа на нем появляются маркеры ***Grips*** (Ручки) – характерные точки объекта (маленькие синие квадраты), обычно определяемые с помощью режима объектной привязки. Использование ручек позволяет минимизировать обращения к меню. Редактирование при включенном режиме ручек выполняется с помощью графического курсора.

Средство редактирования объектов ***Grips*** объединяет наиболее часто используемые команды редактирования: ***Stretch*** (Растянуть), ***Move*** (Перемещение), ***Rotate*** (Повернуть), ***Scale*** (Масштаб), ***Mirror*** (Зеркало). По умолчанию вначале активизируется команда ***Stretch*** (Растянуть).

Первое действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

Выбирают объекты, воспользовавшись средствами выбора объектов до ввода команды: предполагаемой рамкой или явным указанием объектов. Система отметит маркеры ***Grips*** выбранных объектов маленькими синими квадратами. Если какой-либо объект выбран ошибочно, нажимают клавишу ***Shift*** и дважды щелкают на этом объекте мышью, чтобы отменить выбор и маркеры. Если весь набор выбран неудачно, нажимают дважды клавишу ***Esc***.

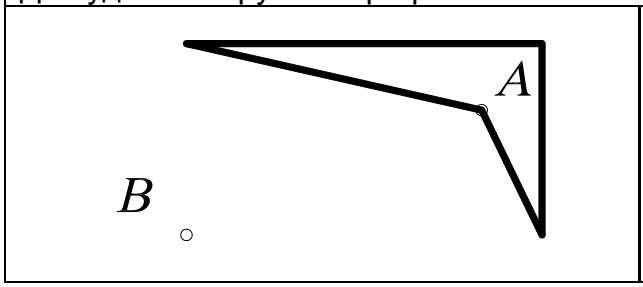
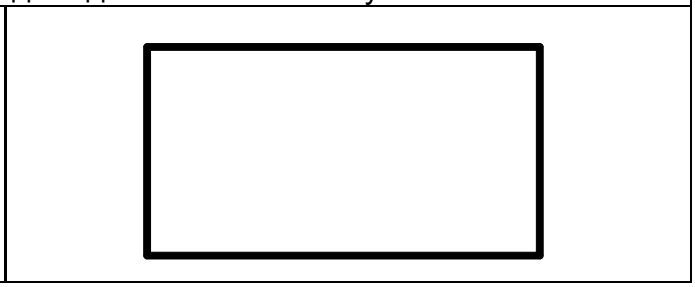
Второе действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

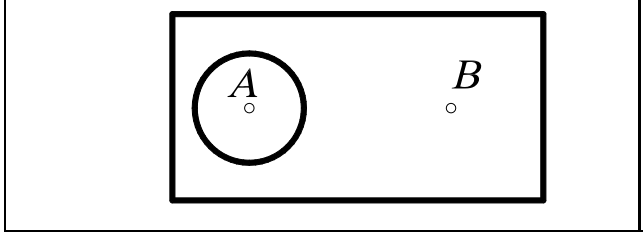
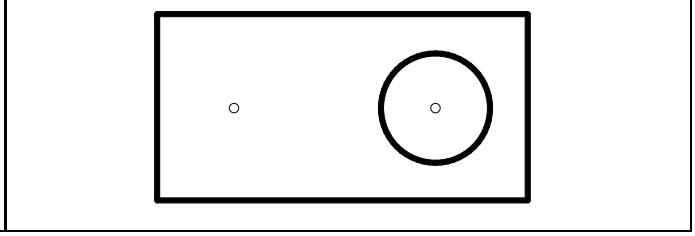
Активизируют режим редактирования, явно указав графическим курсором один из маркеров ***Grips***. Система отметит активный маркер ***Grips*** маленьким красным квадратом. Чтобы вернуть этот маркер в первоначальное состояние, щелкают на нем мышью. Если не-

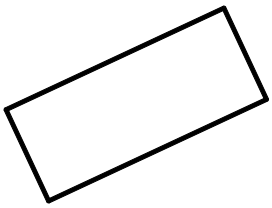
обходимо активизировать несколько маркеров ***Grips***, то в ходе их набора нажимают и удерживают клавишу ***Shift***. После отпускания клавиши ***Shift*** следует выбрать из набора активных маркеров ***Grips*** один, который будет рассматриваться системой как базовый. Если какой-либо маркер ***Grips*** из набора выбран ошибочно, то для его отмены нужно щелкнуть на нем мышью, удерживая нажатой клавишу ***Shift***. Точка, соответствующая выбранному маркеру ***Grips***, рассматривается системой в качестве базовой. После выбора маркера по умолчанию запускается команда ***Stretch*** (Растянуть).

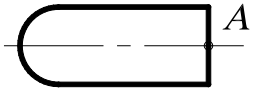
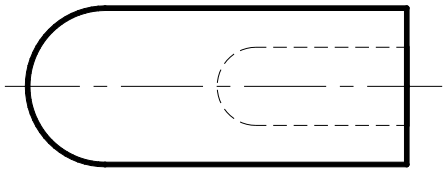
Для выбора остальных команд режима можно воспользоваться контекстным меню, вызываемым при нажатии правой кнопки мыши, последовательным нажатием клавиши ***Enter*** или непосредственным вводом с клавиатуры в командную строку начальной буквы команды.

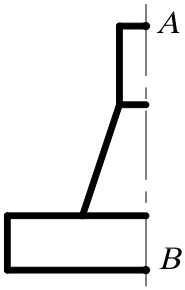
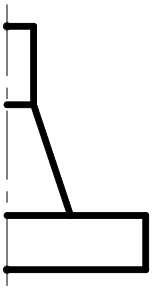
Выполнить упражнения № 73 – 77 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнения).

Растянуть объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 73***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать ту, за которую следует тянуть (точку A) ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение редактируемой вершины – точку B (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Переместить объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 74***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку A ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mo или Enter режим перемещения ** MOVE ** Specify move point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение центра окружности – точку B (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Повернуть объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 75*
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую (центр поворота), например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Ro режим поворота ** ROTATE ** Specify rotation angle or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 25 угол Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Масштабировать объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 76*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Sc режим масштабирования ** SCALE ** Specify scale factor or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 2 коэффициент Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Зеркально отобразить объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 77*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mi режим симметрии ** MIRROR ** Specify second point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать точку В Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

20. ДИСПЕТЧЕР СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ



Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** – это единый инструмент, управляющий всеми объектами рисунка. В диалоговом окне ***Property*** (Свойства), представленном на рис. 150, возможен просмотр и изменение практически всех свойств рисунка. Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств) либо из падающего меню ***Modify*** (Редактировать)→ ***Properties*** (Свойства), либо щелчком мыши по пиктограмме ***Properties*** (Свойства) стандартной панели инструментов.

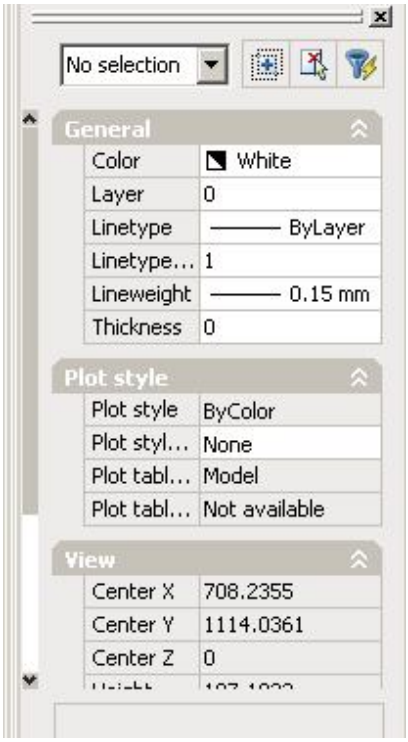


Рис. 150.

Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** позволяет выбирать объекты по их типу, предоставляя возможность редактировать свойства для каждого объекта. Если выбран один объект, отображается диалоговое окно со всеми доступными свойствами, характеризующими этот объект (слой, цвет, толщина линии, тип линии, высота текста и т. п.). При выборе нескольких объектов отображается окно с параметрами, которые характеризуют общие свойства этих объектов. Если не выбран ни один объект, диалоговое окно отображает общие характеристики чертежа.

Предусмотрены следующие способы изменения значений параметров:

- ввести новое значение параметра с помощью клавиатуры;
- явно указать новые координаты точки на экране монитора;
- выбрать новое значение параметра из раскрывающегося списка;
- выбрать новое значение параметра в диалоговом окне.

Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств), содержит две вкладки: раскрывающийся список выбранных объектов и три кнопки.

- Раскрывающийся список, расположенный в верхней части окна, содержит перечень выбранных объектов.
- Кнопка ***Toggle value of PICKADD Sysvar*** разрешает (на кнопке символ +) или запрещает (на кнопке символ 1) добавлять объекты в набор для редактирования.
- Кнопка ***Select Obje***ct позволяет явно указать объекты, свойства которых необходимо редактировать.
- Кнопка ***Quick Select*** открывает диалоговое окно с тем же именем, с помощью которого можно быстро выбрать объекты для редактирования.

При редактировании свойств объектов происходит их динамическое обновление.

21. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Dimension* *(Измерение)*

В ***AutoCAD*** используются размеры, которые можно разделить на три основные группы – линейные, радиальные и угловые. Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные, параллельные, повернутые, координатные, базовые и размерные цепи. Изображение размера: все линии, стрелки, дуги и элементы текста, составляющие размер, будут рас-

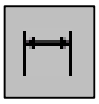
сматриваться как один размерный примитив. Команды простановки размеров находятся в падающем меню ***Dimension*** (Размеры) или на одноименной панели инструментов (рис. 151).



Рис. 151.

21.1. ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ

AutoCAD позволяет проставлять линейные размеры, отличающиеся углом, под которым проводится размерная линия.



– Команда ***Dimliner*** (Размер линейный) – позволяет создавать горизонтальный, вертикальный или повернутый размеры. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Linear*** (Линейный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Linear Dimension*** (Линейный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Используется для определения размеров отрезков прямых линий и прямолинейных сегментов полилиний или блоков; команду можно применить для нанесения линейного размера окружности или дуги.

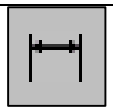
Для выбора точек начала выносных линий рекомендуется пользоваться режимами объектной привязки.

Опции команды ***Dimliner*** (Размер линейный):

- ***Mtext*** (Многострочный текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора многострочного текста. Можно полностью изменить текст или сохранить измеренное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, если необходимо, текст до и после скобок. Для определения диаметра окружности к размерному числу присоединяется символьная последовательность %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.
- ***Text*** (Текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора однострочного текста.
- ***Angle***(Угол) – позволяет задать угол поворота размерного текста.
- ***Horizontal*** (Горизонтальный) – задает горизонтальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***x***.
- ***Vertical*** (Вертикальный) – задает вертикальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***y***.
- ***Rotated*** (Повернутый) – осуществляет поворот размерной и выносных линий, отмеряет расстояние между двумя точками вдоль заданного направления в текущей ПСК (пользовательской системы координат).

Выполнить упражнения № 78 - 80.

Проставить вертикальный размер ***№ 78***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

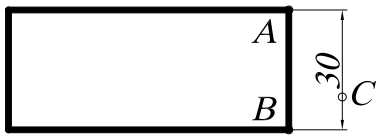
Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

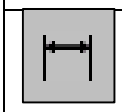
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





Проставить горизонтальный размер
с изменением размерного текста ***№ 79***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: T режим однострочного текста

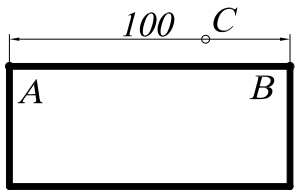
Enter dimension text <70>: 100 ввести новый размерный текст

Specify dimension line location or

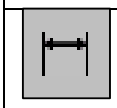
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 70





Проставить повернутый размер ***№ 80***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

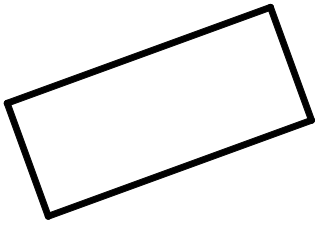
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: R режим повернутого размера

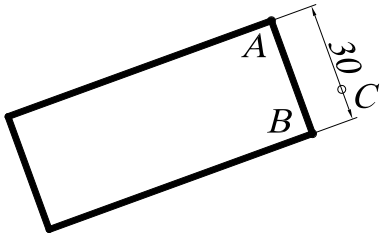
Specify angle of dimension line <0>: 20 угол поворота

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





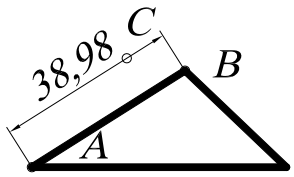
21.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



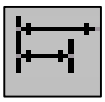
– Команда ***Dimaligned*** (Размер параллельный) – позволяет вычерчивать линейный размер, размерная линия которого параллельна отрезку, проведенному через начальные точки выносных линий. Создается подобно горизонтальным, вертикальным и повернутым размерам. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Aligned*** (Параллельный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Aligned Dimension*** (Параллельный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При автоматическом размещении выносных линий для окружности началом первой выносной линии будет точка, указанная при выборе окружности. После задания объекта пользователю предоставляется возможность выбора опций команды ***Mtext***, ***Text***, ***Angle***, позволяющих редактировать размерный текст.

Выполнить упражнение № 81.

Проставить параллельный размер	***№ 81***
 ***Dimaligned*** Падающее меню ***Dimension → Aligned*** Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A Specify second extension line origin: указать точку B Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 38.98	
	

21.3. БАЗОВЫЕ РАЗМЕРЫ



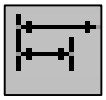
– Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) позволяет вычерчивать несколько размерных линий от одной выносной линии, которая принимается за базовую. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Basline*** (Базовый) или щелчком мыши по пиктограмме ***Basline Dimension*** (Базовый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Замечания:

1. Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) может применяться только после выполнения хотя бы одной из команд ***Dimliner*** (Размер линейный), ***Dimordinate*** (Размер координатный) или ***Dimangular*** (Размер угловой).
2. Базовой выносной линией является первая выносная линия предшествующей команды ***Dimbasline*** (Размер базовый).
3. Каждая новая размерная линия автоматически смещается относительно предыдущей на величину, задаваемую системной переменной DIMDLI (в командной строке с клавиатуры вводят DIMDLI и новую величину этой переменной: Enter new value for DIMDLI <6.0000>: 10). Длина базовой выносной линии при этом также увеличивается.

Выполнить упражнение № 82. Перед построением базового размера должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить базовые размеры	*№ 82*



Dimbaseline Падающее меню ***Dimension → Baseline***

Select base dimension: указать точку A

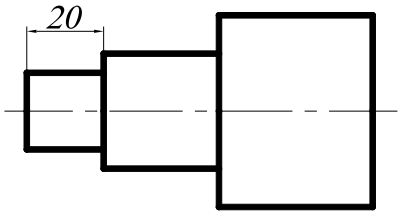
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

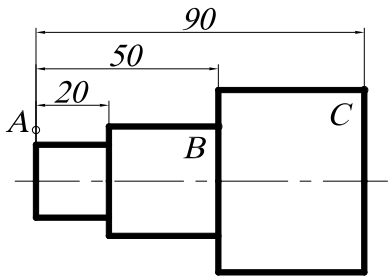
Dimension text = 50

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 90

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter





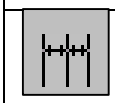
21.4. РАЗМЕРНАЯ ЦЕПЬ



– Команда ***Dimcontinue*** (Размерная цепь) позволяет вычерчивать цепочки размеров, используя вторую выносную линию предыдущего размера как первую выносную линию текущего размера. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Continue*** (Цепь) или щелчком мыши по пиктограмме ***Continue Dimension*** (Размерная цепь) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Выполнить упражнение № 83. Перед построением размерной цепи должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить размерную цепь	*№ 83*



Dimcontinue Падающее меню ***Dimension → Continue***

Select continued dimension: указать точку A

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

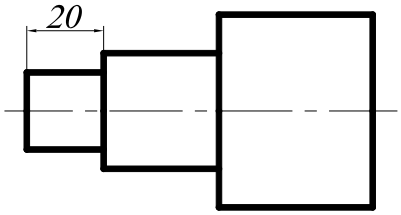
Dimension text = 30

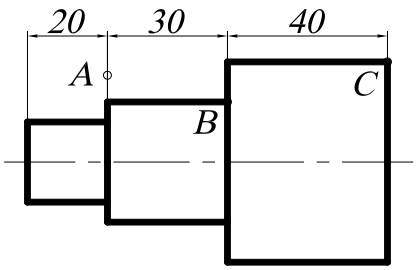
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 40

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter

Select continued dimension: Enter





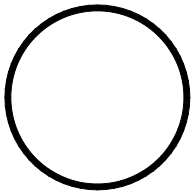
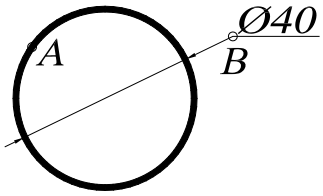
21.5. РАДИАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

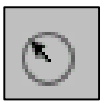


– Команда ***Dimdiameter*** (Размер диаметра) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера диаметров дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Diameter*** (Диаметр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Diameter*** (Диаметр) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При выполнении этой команды выносные линии не проводятся. Если размерный текст не изменялся, то по умолчанию размерному числу предшествует знак диаметра окружности. Нельзя изменить направление отрезка, который продолжает размерную линию диаметра за пределами окружности.

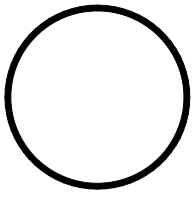
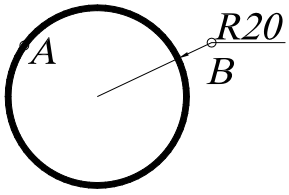
Выполнить упражнение № 84.

Проставить размер диаметра	***№ 84***
 ***Dimdiameter*** Падающее меню ***Dimension → Diameter*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 40 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	



– Команда ***Dimradius*** (Размер радиуса) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера радиуса дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Radius*** (Радиус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Radius*** (Радиус) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). При простановке радиуса текст по умолчанию начинается с символа ***R***.

Выполнить упражнение № 85.

Проставить размер радиуса	***№ 85***
 ***Dimradius*** Падающее меню ***Dimension → Radius*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 20 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	

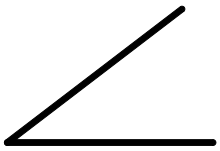
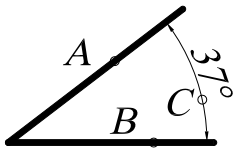
21.6. УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimangular*** (Размер угловой) позволяет вычерчивать размерную линию (дугу окружности) для обозначения угла между двумя непараллельными линиями, набором из трёх точек, дуги или окружности. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Angular*** (Угловой) или щелчком мыши по пиктограмме ***Angular Dimension*** (Угловой размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

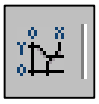
Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то угловой размер строится по трем точкам. При простановке углового размера текст по умолчанию завершается знаком «°».

Выполнить упражнение № 86.

Проставить угловой размер	***№ 86***
 ***Dimangular*** Падающее меню ***Dimension → Angular*** Select arc, circle, line, or <specify vertex>: указать точку A Select second line: указать точку B Specify dimension arc line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 37	
	

Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста. Если угол образован двумя непараллельными прямыми, размерная дуга стягивает угол между ними. Если размерная линия указана вне пределов линий, угол между которыми обозначается, то автоматически вычерчиваются выносные линии.

21.7. КООРДИНАТНЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimordinate*** (Размер координатный) позволяет вычерчивать размер, показывающий расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x*** или ***y***. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Ordinate*** (Координатный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ordinate Dimension*** (Координатный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Координатный размер состоит из значения координаты ***x*** или ***y*** и выноски. Координатный размер по ***x*** – это расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x***, а координатный размер по ***y*** – это расстояние вдоль оси ***y***. Если указана точка, ***AutoCAD*** автоматически определяет, по какой оси проставлять координатный размер. Текст координатного размера располагается вдоль выноски, независимо от ориентации текста, заданной текущим размерным стилем. Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста.

21.8. ВЫНОСКИ И ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖЕ



– Команда ***QLeader*** (Быстрая Выноска) обеспечивает вычерчивание линии-выноски и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Leader*** (Выноска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Leader*** (Быстрая выноска) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то система открывает диалоговое окно ***Leader Settings*** для настройки параметров линии-выноски (рис. 152). Это диалоговое окно содержит три вкладки. Вкладка ***Annotation*** позволяет управлять содержанием аннотации, добавляемой к линии выноски: это может быть многострочный текст, допуск формы и расположения поверхностей, блок или ничего.

Вкладка ***Leader & Arrow*** позволяет управлять внешним видом линии выноски и формой стрелки указателя линии выноски. Кнопка выбора ***Straight*** устанавливает линию выноски в виде ломаной линии с прямолинейными сегментами, а кнопка ***Spline*** – в виде гладкой кривой (сплайна).

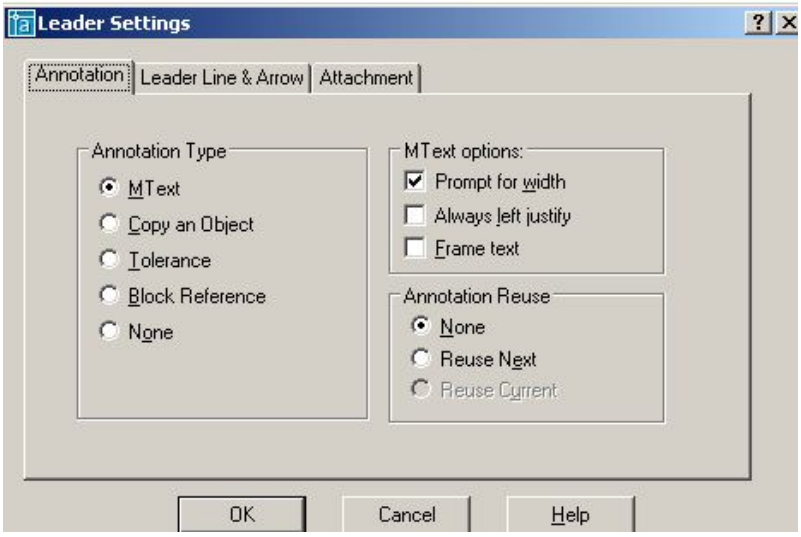
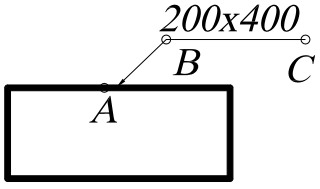


Рис.152.

Вкладка ***Attachment*** позволяет управлять положением полки линии выноски относительно поясняющей надписи. По умолчанию предлагается компоновка, когда полка линии выноски располагается в середине нижней строки многострочного текста. Предлагаемые способы выравнивания многострочного текста:

- ***Top of Top Line*** – по верху верхней строки;
- ***Middle of Top Line*** – по середине верхней строки;
- ***Middle of Multilane Text*** – по середине текста;
- ***Middle of Bottom Line*** – по середине нижней строки;
- ***Bottom of Bottom Line*** – по низу нижней строки;
- Флажок ***Underline Bottom Line*** отменяет все способы расположения надписи и разрешает ее подчеркивание полкой линии выноски.

Выполнить упражнение № 87.

Проставить размеры детали прямоугольного сечения на полке линии-выноски	***№ 87***
 ***Qleader*** Падающее меню ***Dimension → Leader*** Specify first leader point, or [Settings] <Settings>: указать точку A Specify next point: указать точку B Specify next point: указать точку C Specify text width <6>: Enter Enter first line of annotation text <Mtext>: 200x400 Enter next line of annotation text: Enter	
	

21.9. БЫСТРОЕ НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ



– Команда ***QDim*** (Быстрый Размер) используется для одновременного быстрого нанесения группы размеров и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Разме-

ры) → ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Команда ***QDim*** (БРазмер) запрашивает лишь контуры, на которые необходимо проставить размеры с указанием опции типа проставляемых размеров:

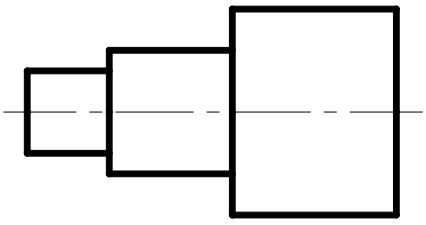
- ***Continuous*** (***C***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров в виде размерной цепочки;
- ***Staggered*** (***S***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу параллельных или концентрических размеров;
- ***Baseline*** (***B***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров от одной базы;
- ***Ordinate*** (***O***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу координатных размеров;
- ***Radius*** (***R***) - используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер радиуса;
- ***Diameter*** (***D***) – используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер диаметра;
- ***DatumPoint*** (***P***) – используется, если необходимо изменить базовую точку при нанесении группы базовых или координатных размеров;
- ***Edit*** (***E***) – используется, если необходимо редактировать набор характерных точек в выбранной группе объектов; разрешено удалять (***remove***) или добавлять (***Add***) точки в набор.

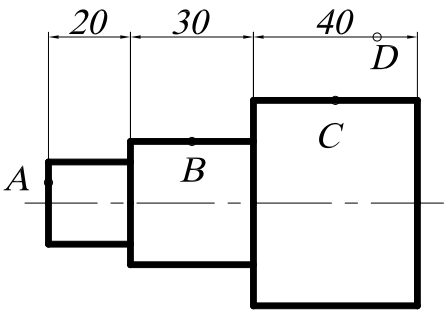
Выполнить упражнение № 88.

Быстрое нанесение размеров ***№ 88***

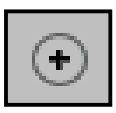


Qdim Падающее меню ***Dimension → Quick Dimension***
Associative dimension priority = Endpoint
Select geometry to dimension: указать точку A
Select geometry to dimension: указать точку B
Select geometry to dimension: указать точку C
Select geometry to dimension: Enter
Specify dimension line position, or
[Continuous/Staggered/Baseline/Ordinate/Radius/Diameter/datumPoint/Edit/seTtings
] <Continuous>: указать точку D





21.10. НАНЕСЕНИЕ МЕТОК ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ ИЛИ ДУГИ



– Команда ***Dimcenter*** (Центральная метка) используется для нанесения меток центра выбранной дуги или окружности и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Dimension center*** (Центральная метка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension center*** (Центральная метка) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

В ответ на запрос команды указать графическим курсором объект, для которого необходимо нанести метку.

21.11. РЕДАКТИРОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ СТИЛЕЙ



– Команда ***Dimstyle*** (Размерный стиль) обеспечивает работу с размерными стилями с помощью диалогового окна ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей), представленного на рис. 153. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Style…*** (Стиль…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Style*** (Размерный стиль) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

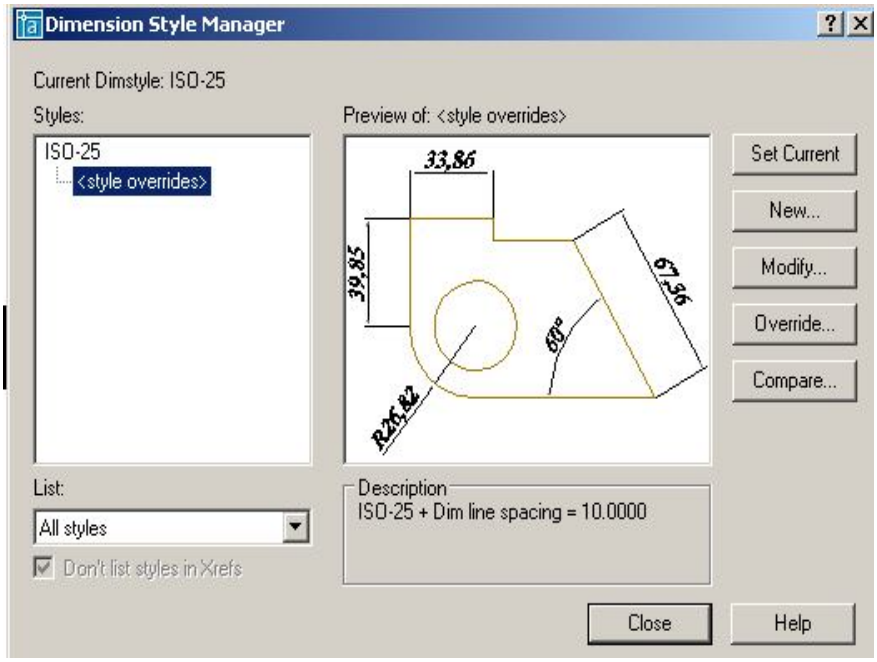


Рис. 153.

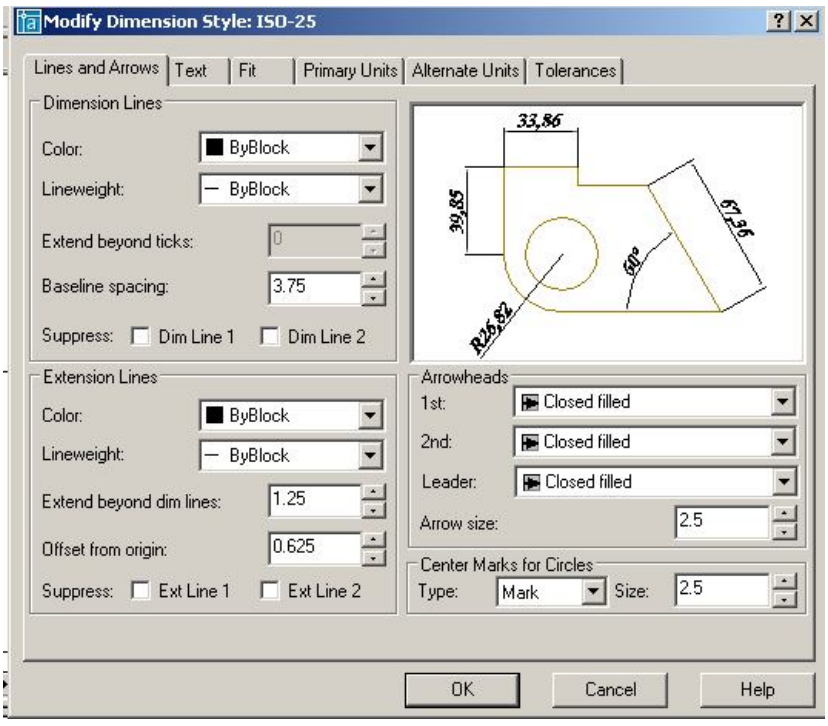


Рис. 154.

Изменение размерного блока происходит при редактировании (модифицировании) текущего размерного стиля или при замене текущего размерного стиля на новый размерный стиль.

Чтобы модифицировать текущий размерный стиль, необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей);
- щелкнуть в открывшемся диалоговом окне на кнопке ***Modify*** (Редактировать);
- заменить значения размерных переменных на новые, используя соответствующие вкладки диалогового окна ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля), представленного на рис. 154;
- щелкнуть на кнопке ОК;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.

После закрытия диалогового окна ***AutoCAD*** автоматически обновит на чертеже размерные блоки, использующие текущий стиль, в соответствии с новыми значениями размерных переменных.

Диалоговое окно ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля) содержит следующие вкладки.

1. ***Lines and Arrows*** (Линии и стрелки) – настройка параметров размерных, выносных, осевых линий и стрелок, содержит четыре поля настроек:

- Настройка размерных линий ***Dimension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond ticks*** (величина выступа размерной линии за выносные линии (в случае, когда вместо стрелок используются засечки), ***Base spacing*** (расстояние между размерными линиями при простановке размеров от одной базы), ***Suppress*** (подавление первой (***Dim Line 1***) или второй (***Dim Line 1***) частей размерной линии.
- Настройка выносных линий ***Extension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond dim lines*** (величина выступа выносных линий за размерную линию), ***Offset from origin*** (отступ начала выносной линии от объекта), ***Suppress*** (подавление первой (***Ext Line 1***) или второй (***Ext Line 1***) выносной линии.
- Настройка размерных стрелок ***Arrowheads*** – ***1 st*** (вид первой стрелки), ***2 nd*** (вид второй стрелки), ***Leader*** (вид стрелки для линии-выноски), ***Arrowsize*** (размер стрелки).
- Настройка маркеров для центра окружности или дуги ***Center Marcs for Circles*** – ***Type*** (тип маркера), ***Size*** (размер).

2. ***Text*** (Текст) – настройка размещения и формата размерных надписей содержит три поля настроек:

- Настройка внешнего вида текста ***Text Appearance*** – ***Text style*** (стиль текста), ***Text color*** (цвет текста), ***Text height*** (высота текста), ***Fraction height scale*** (определение масштаба чисел дробной части относительно размера основного текста при отображении простых дробей***), Draw frame around text*** (отрисовка рамки вокруг размерного текста).
- Расположение размерного текста относительно размерной линии ***Text Placement*** – ***Vertical*** (расположение текста при вертикальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии, разрывая его; ***Above*** – размещает текст над размерной линией; ***Outside*** – размещает текст под размерной линией; ***JIS*** – располагает текст в соответствии с Японским индустриальным стандартом). ***Horizontal*** (расположение текста при горизонтальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии; ***1nd Extention Line*** – размещает текст около первой выносной линии; ***2nd Extention Line*** – размещает текст около второй выносной линии; ***Over 1st Extention Line*** – размещает текст над первой выносной линией; ***Over 2nd Extention Line*** – размещает текст над второй выносной линией). ***Offset from dim line*** – расстояние между текстом и размерной линией.
- Ориентация текста ***Text Alingment*** – ***Horizontal*** (располагается вертикально), ***Alingment with dimension line*** (текст располагается параллельно размерной линии), ***ISO Standart*** (текст располагается параллельно размерной линии, когда он находится между выносными линиями, и горизонтально, когда он находится вне выносных линий).

3. Fit (Выравнивание) – настройка характера размещения стрелок и размерных надписей в стесненных местах чертежа. При нанесении размеров достаточно часто встречаются ситуации, когда не удается разместить размерный текст на обычном месте, поэтому в стиле должно быть определено поведение системы в подобных ситуациях.

- Расположение текста и стрелок при недостатке места для размещения их внутри выносных линий ***Fit Option*** (Вписывать) – ***Either the text or the arrows, whichever fits best*** (автоматически определяется, что лучше разместить внутри выносных линий – текст или стрелки), ***Arrows*** (внутри располагаются стрелки), ***Text*** (внутри располагается текст), ***Both text and arrows*** (внутри располагаются как текст, так и стрелки), ***Always keep text between ext lines*** (всегда размещает текст между выносными линиями), ***Sup-***

press arrows if they don't fit inside the extension lines (подавляет стрелки, если они не вписываются внутрь выносных линий).

- Расположение текста, когда он не может разместиться в месте, предусмотренном по умолчанию ***Text Placement*** (Размещение текста) – ***Beside the dimension line*** (около выносной линии), ***Over the dimension line, with a leader*** (на выноске, выше размерной линии), ***Over the dimension line, without a leader*** (выше размерной линии, без выноски).
- Масштаб для размерных элементов (***Scale for Dimension Features***) – ***Use overall scale off*** (использовать общий масштабный коэффициент для всех размерных элементов), ***Scale dimensions to layout (paperspace)*** (в пространстве листа масштабировать элементы в соответствии с масштабом чертежа в текущем видовом экране.
- Дополнительная настройка ***Fine Tuning*** – ***Place text manually when dimensioning*** (при простановке размеров местоположение текста определяется вручную), ***Always draw dim line between ext lines*** (всегда чертить размерную линию между выносными линиями, даже когда стрелки располагаются снаружи от выносных линий).

4. Вкладка ***Primary Units*** (Основные единицы) – настройка формата основных единиц для размеров, соответствующих линейным и угловым величинам.

- Линейные размеры (***Linear Dimensions***) – ***Unit format*** (единицы измерения), ***Precision*** (точность размерного стиля), ***Fraction format*** (формат дробной части при использовании дробей), ***Decimal separator*** (формат разделителя целой и десятичной части числа), ***Round off*** (округление размерных чисел (1 – округление до целых), ***Prefix*** (префикс, который будет отображаться перед размерным текстом), ***Suffix*** (суффикс, который будет отображаться после размерного текста).
- Масштабы (***Measurement Scale***) – ***Scale factor*** (масштаб значения размерного числа), ***Apply to layout dimensions only*** (масштаб учитывать только в пространстве листа).
- Подавление нуля (***Zero Suppression***) – ***Leading*** (подавление нуля перед запятой), ***Trailing*** (подавление последних нулей в десятичной части).

Настройка единиц угловых размеров ***Angular Dimensions*** (в правой части диалогового окна) производится аналогично.

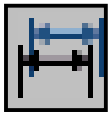
5. Вкладка ***Alternate Units*** (Альтернативные единицы) – параметры настройки в этой вкладке используются в том случае, если будет включен режим простановки размеров альтернативных единиц, то есть если используют метрическую систему и британскую на одном чертеже.

6. Вкладка ***Tolerances*** (Допуски) – настройка параметров формата представления допусков на чертеже.

Для замены текущего размерного стиля на новый размерный стиль необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***;
- выбрать нужный стиль в списке ***Styles***;
- сделать новый стиль текущим, щелкнув на кнопке ***Set Current***;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.





После закрытия диалогового окна все существующие на чертеже размерные блоки не изменятся, а новые будут вычерчиваться в соответствии с новым размерным стилем. Если необходимо заменить стиль существующих размерных блоков на установленный размерный стиль, следует воспользоваться командой выпадающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Update*** (Обновить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Update*** (Обновить размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Затем ввести в командную строку ***all*** и нажать клавишу ***Enter*** или воспользоваться секущей рамкой выбора и с её помощью выбрать все объекты размеров на чертеже. Когда все объекты размеров на экране выделены, нажать клавишу ***Enter***. Тем самым выполнение команды завершится.

22. ЗУМИРОВАНИЕ

В ***AutoCAD*** изменение масштаба выполняется всевозможными модификациями команды ***ZOOM*** (Покажи) из панели инструментов ***Zoom*** (рис. 155).



Рис. 155.

Выполнение этой команды производит тот же эффект, что и настройка объектива с переменным фокусным расстоянием, который используется в теле- и кинокамерах. При зуммировании размеры рисунка остаются прежними, изменяется лишь размер его части, видимой в графической области. Команды ***Zoom*** могут вызываться из падающего меню ***View*** (Вид) → ***ZOOM*** (Покажи) стандартной панели инструментов. Ниже приводится описание каждой команды.



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Zoom Window*** (Показать Рамка –указание области отображения с использованием рамки. Для этого следует задать два противоположных угла прямоугольной рамки.;



– ***Zoom Dinamic*** – динамическое задание области отображения. Отображает видимую часть чертежа в рамке, представляющего текущий вид. При нажатии клавиши ***Enter*** изображение, заключенное в видовом экране, выводится на видовой экран.



– ***Zoom Scale*** (Показать масштаб) – задание масштабного коэффициента. Используется, если изображение требуется уменьшить или увеличить на точно заданную величину. При этом необходимо задать коэффициент экранного увеличения.



– ***Zoom Center*** (Показать центр) – задание области изображения путем ввода точки центра и высоты в единицах рисунка;



– ***Zoom Object*** (Показать объект) – задание области отображения путем выбора объекта или группы объектов;



– ***Zoom In*** (Увеличить) – увеличение изображения;



– ***Zoom Out*** (Уменьшить) – уменьшение изображения;



– ***Zoom All*** (Показать все) – отображение всей области чертежа или области внутри границ, если заданы границы. Позволяет увидеть на экране весь чертёж;



– ***Zoom Extents*** (Показать границы) – отображение области, которая содержит все примитивы чертежа.

23. ПАНОРАМИРОВАНИЕ



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени. При перемещении курсора по видовому экрану происходит динамическое перемещение изображения. Для активизации команды можно щелкнуть мышью по кнопке ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) стандартной панели инструментов либо выбрать команду из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Pan*** (Панорамировать) → ***Real Time*** (В реальном времени).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Создать шаблон чертежа формата А4 и А3 с основной надписью (рис. 156).

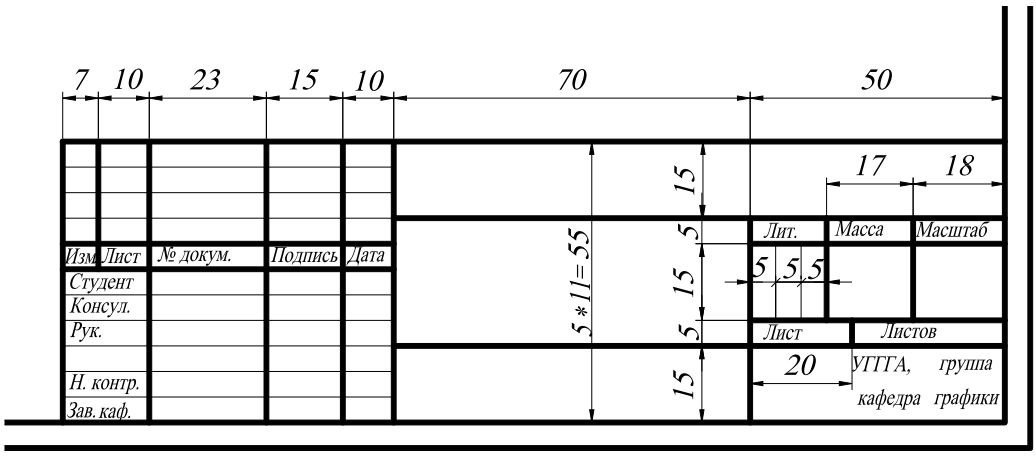


Рис. 156.

2. Выполнить чертёж детали (прил. 1) на формате А3 в масштабе 1:1.

3. По двум заданным изображениям детали (прил. 2) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

4. По двум заданным изображениям детали (прил. 3) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

5. По двум заданным изображениям детали (прил. 4) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

Глава 3
ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система ***AutoCAD*** включает в себя достаточно широкий спектр средств трёхмерного моделирования. Они позволяют работать как с простейшими примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Основные типы пространственных моделей, используемых в ***AutoCAD***, можно условно разделить на три группы:

- каркасные;
- модели поверхностей;
- твердотельные.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия – построить его каркас. Построение каркасных моделей в ***AutoCAD*** рассматривается как этап вспомогательных построений для трёхмерного проектирования более высокого уровня.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Создаваемые при этом объекты характеризуются лишь конфигурацией своей поверхности и поэтому не пригодны для решения таких задач, как определение инерционно-массовых характеристик изделия или получение изображений для оформления чертежей. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и др. В данном случае можно создавать линейчатые поверхности, поверхности Кунса, поверхности Безье.

Твердотельное моделирование является основным видом трехмерного проектирования изделий машиностроения. Создаваемые твердотельные модели воспринимаются системой как некие единые объекты, имеющие определенный объем. Твердотельное моделирование позволяет решать не только компоновочные задачи, но и определять инерционно-массовые характеристики, а также получать с пространственного объекта необходимые виды, разрезы и сечения для оформления рабочей документации.

В данном пособии рассматривается построение каркасных моделей и твердотельных. Кроме создания вышеперечисленных трехмерных моделей рассматриваются средства их редактирования, средства просмотра объемного изображения и визуализации.

2. ЗАДАНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ КООРДИНАТ

Задание координат точек при работе в трехмерном пространстве может производиться с помощью клавиатуры или с помощью графического курсора. При этом необходимо дополнительно указывать координату, определяющую положение точки вдоль оси ***Z***. Точка может быть задана:

- *абсолютными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические);*
- *относительными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические)*.

Цилиндрические и сферические координаты подобны полярным координатам в двумерном пространстве.

1. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x, y, z**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координат ***y*** и ***z***, а также направление (+ или -).

- *Цилиндрические координаты:* **…point: ρ < φ, z**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), специальный символ < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем через запятую – координату точки по оси ***Z***. За положительное направление отсчета угла поворота вектора в плоскости ***XY*** принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***X***.
- *Сферические координаты:* **…point: ρ < φ < ψ**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), а далее через специальные символы < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем угол наклона вектора относительно плоскости ***XY***.

2. Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***X***, ***Y*** и ***Z*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую, приращение по оси ординат ***y*** и приращение по оси ***z***.

- *Цилиндрические координаты*: **…point: @ρ<φ, Δ z**.
- *Сферические координаты*: **…point: @ρ < φ < ψ**.

Особенностью задания координат точек с помощью графического курсора при работе в трёхмерном пространстве является то, что по умолчанию все указываемые точки воспринимаются системой как лежащие в плоскости ***XY*** текущей системы координат. Поэтому при указании точек подобным образом следует использовать объектную привязку или соответствующим образом изменять систему координат.

Некоторые типы объектов, например окружности и плоские полилинии, могут создаваться только в плоскостях, параллельных плоскости ***XY*** текущей системы координат. При этом положение плоскости, в которой расположен такой объект, вдоль оси ***Z*** определяется положением первой указанной точки. Так, например, если при создании плоской полилинии в ответ на первый запрос была указана точка с координатой ***Z***, равной 20, то и все остальные точки полилинии будут иметь ту же координату вдоль оси ***Z*** независимо от способа ввода координат и использования режима объектной привязки.

3. ЗАДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

При создании двумерных объектов пользователь, как правило, работает в одной плоскости проекций – ***XY***, и ему зачастую бывает достаточно использовать одну, устанавливаемую по умолчанию, пользовательскую систему координат. Построение трехмерных объектов требует работы и с другими плоскостями проекций. Если учесть, что курсор в ***AutoCAD*** может перемещаться только в плоскости ***XY*** и ей параллельной, то становится понятно, что создание трехмерных моделей при использовании только одной системы координат является трудоемким.

В ***AutoCAD*** существуют две основные системы координат – мировая система координат ***Word Coordinate System WCS*** (МСК) и пользовательская система координат ***User Coordinate System UCS*** (ПСК). Ось ***X*** мировой системы координат направлена горизонтально, ось ***Y*** – вертикально, а ось ***Z*** – проходит перпендикулярно плоскости ***XY***. Основное отличие миро-

вой системы координат ***WCS*** (МСК) от пользовательской системы координат ***UCS*** (ПСК) заключается в том, что мировая система координат может быть только одна, и она неподвижна. В ***AutoCAD*** можно определять и использовать неограниченное количество пользовательских систем координат ***UCS*** (ПСК).

Вызвать команду ***UCS*** (ПСК) или варианты её исполнения можно из командной строки или из падающего меню ***Tools*** (Сервис). Наиболее удобным представляется вызов команды ***UCS*** (ПСК) из стандартной или плавающей панели инструментов (рис. 157).



Рис. 157.



- Команда ***UCS*** (ПСК) – определение новой пользовательской системы координат. Вызов команды ***USK*** (ПСК);



- ***Display UCS Dialog*** (Диалоговое окно ПСК) – управление имеющимися пользовательскими системами координат из диалогового окна ***UCS*** (рис. 158).

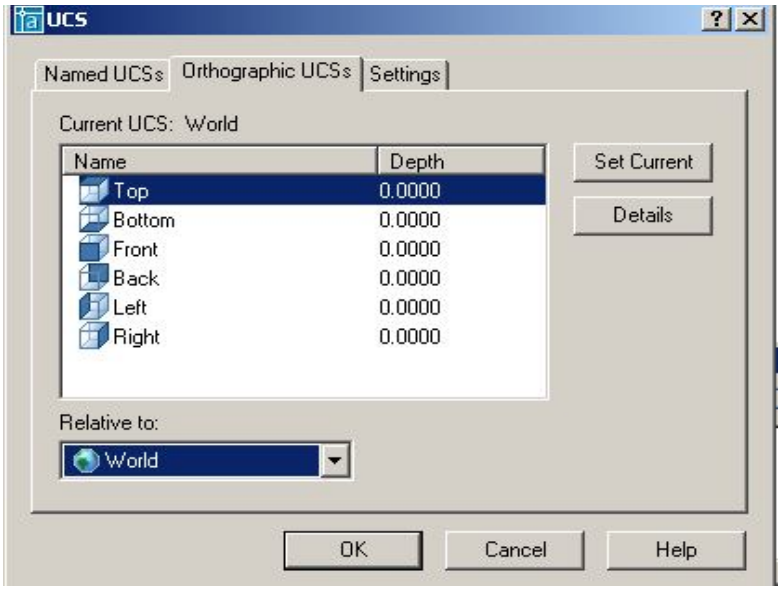


Рис. 158.



- ***UCS Previous*** (Предыдущая ПСК) – восстановление предыдущей ПСК. При этом сохраняется десять последних определенных ПСК.



- ***Word UCS*** (МСК) – переход в мировую систему координат;



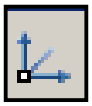
- ***Object UCS*** (ПСК объект) – выравнивание системы координат по существующему объекту, то есть совмещение плоскости ***XY*** новой системы координат с плоскостью существующего двумерного объекта;



- ***Face UCS*** (ПСК на грани) – создание новой ПСК путем указания грани;



- ***View UCS*** (ПСК вид) – создание новой ПСК параллельно текущему виду поворотом вокруг начальной точки ПСК, иначе говоря, параллельно экрану;



- ***Origin UCS*** (ПСК Начало) – создание новой ПСК заданием нового начала координат;



- ***ZAxis Vector UCS*** (ПСК Zось) – создание новой ПСК заданием нового начала координат и точки, определяющей положительное направление оси ***Z***;



- ***3Point UCS*** (ПСК 3 точки) – создание новой ПСК по 3 точкам, последовательно определяющим новое начало координат и направление осей ***X*** и ***Y***;



- ***XAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***X***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***X***;



- ***YAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Y***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Y***;



- ***ZAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Z***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Z***;



- ***Apply UCS*** (Применить ПСК) – применение текущей ПСК к выбранному видовому экрану.

При создании пользовательской системы координат направление её координатных осей удобно определять по правилу правой руки: большой палец показывает направление положительных значений по оси ***X***, указательный – по оси ***Y***, средний по оси ***Z*** (рис. 159). Для определения положительного направления угла поворота следует большой палец правой руки направить в положительном направлении координатной оси, вокруг которой осуществляется вращение. Тогда согнутые пальцы покажут положительное направление угла поворота системы координат (рис. 160).

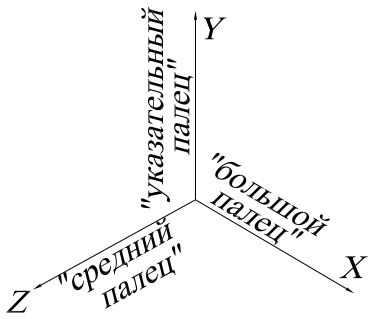


Рис. 159.

Изменение текущей ПСК не влияет на изображение чертежа на экране, если не включена системная переменная ***UCSFOLLOW***. Если ***UCSFOLLOW*** имеет значение 1, то при определении новой ПСК на экране изображается вид в плане новой ПСК.

Выполнить упражнения № 89, 90.

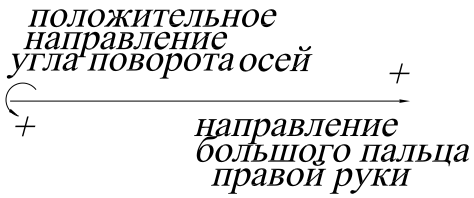
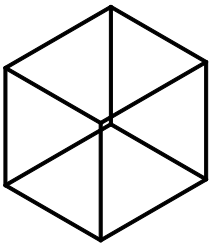
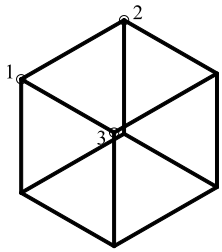
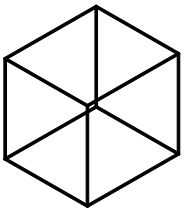
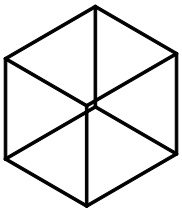


Рис. 160.

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 89
 ***3Point UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ 3 Point***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _3 режим задания ПСК по трём точкам   Specify new origin point <0,0,0>: указать центр ПСК – точку 1   Specify point on positive portion of X-axis <0,0>: указать точку 2 (направление оси 0X)   Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane <0,0>: указать точку 3 (направление оси 0Y)
 

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 90
 ***View UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ View***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _v режим, параллельный плоскости текущего вида (в этом режиме можно выполнять любые надписи, как и в двумерном моделировании).
 

4. ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИ И ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА

На нижней полке рамки графической зоны находятся корешки вкладок ***Model*** (Модель) и ***Layout*** (Компоновка). Последних может быть несколько, причем каждой очередной присваивается возрастающий номер. На вкладке ***Model*** (Модель) выполняется вся творческая часть работы конструктора. На вкладках ***Layout*** (Компоновка) компонуется представление разработанной модели на виртуальном листе чертежа в виде плоского рисунка, причем одна модель может быть представлена несколькими компоновками на разных вкладках. Переключаясь со вкладки ***Model*** (Модель) на вкладку ***Layout*** (Компоновка), пользователь фактически переходит из трехмерного пространства модели в двухмерное пространство листа, на котором представлена эта модель.

После перехода на очередную вкладку ***Layout*** (Компоновка) можно приступать к компоновке чертеже из элементов модели, созданных в пространстве модели. Компоновка выполняется активизацией команд контекстного меню, которое активизируется щелчком правой кнопки мыши на корешке вкладки ***Layout*** (Компоновка).

Переключаться между пространствами модели и листа можно также с помощью кнопки ***MODEL/PAPER*** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) в строке состояния.

5. ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ

Видовой экран (***Viewport***) – это участок графического экрана, на котором отображается часть пространства модели чертежа. Существует два типа видовых экранов – неперекрывающиеся и перекрывающиеся. Неперекрывающиеся видовые экраны располагаются на экране монитора подобно кафельным плиткам на стене. Они полностью заполняют графическую зону и не могут накладываться друг на друга. На плоттер неперекрывающиеся видовые экраны могут выводиться только по одному. Перекрывающиеся видовые экраны могут располагаться на экране и перемещаться по нему произвольным образом. Эти экраны могут накладываться друг на друга и печататься одновременно.

5.1. СОЗДАНИЕ НЕПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ВИДОВЫХ ЭКРАНОВ

Графическую область в пространстве модели можно разбить на несколько неперекрывающихся видовых экранов. В процессе рисования все изменения, производимые на одном видовом экране, отражаются на остальных. Переключиться с одного видового экрана на другой можно в любой момент, даже в ходе выполнения команды. Границы активного видового экрана выделяются более толстой линией. Активизировать видовые экраны по очереди можно, нажав комбинацию клавиш <Ctrl+R> или щелкнув мышью на поле видового экрана.

Для создания видовых экранов используется команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН), вызывающая диалоговое окно ***Viewports*** (Видовые экраны), показанное на рис. 161. С помощью этой команды графический экран разделяется на несколько неперекрывающихся видовых экранов, каждый из которых может содержать собственный вид чертежа.



- Команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны).

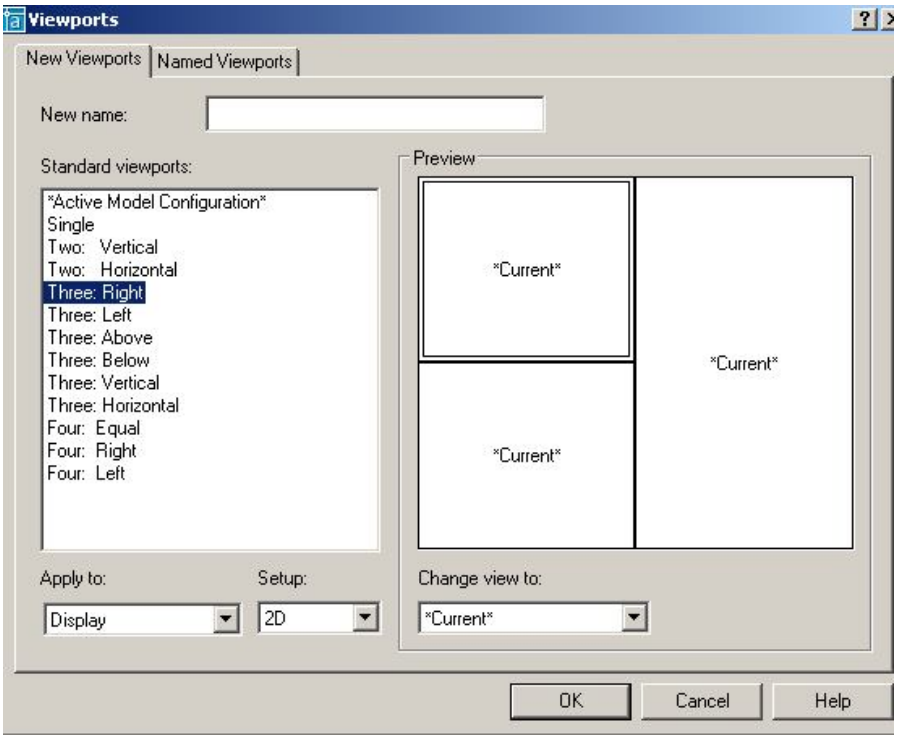
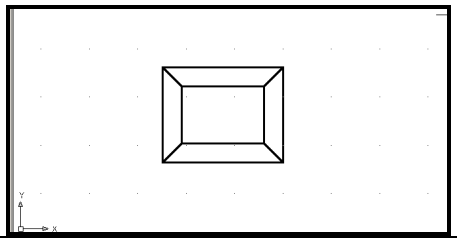
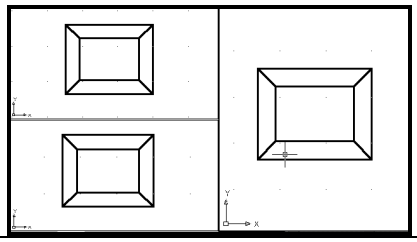


Рис. 161.

Выполнить упражнение № 91.

Создать три видовых экрана	*№ 91*
VPORTS Падающее меню ***View → Viewports → New Viewports…*** Enter an option [Save/Restore/Delete/Join/SIngle/?/2/3/4] <3>: _3 Enter a configuration option [Horizontal/Vertical/Above/Below/Left/Right] <Right>: Enter Regenerating model.	
	

6. УСТАНОВКА ВИДОВ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПОЛЕ

При построении трехмерной модели приходится работать более чем с одним видом объекта. Возможно, что изображение объекта будет достаточно информативным на одном виде и нечитаемым – на другом. В любом случае при работе с трехмерными объектами следует установить несколько видовых экранов, например, один – с видом в плане, другой – с видом слева, а третий – с аксонометрическим видом.

Установка направления взгляда производится в начале работы с моделью или в процессе создания модели. ***AutoCAD*** позволяет взглянуть на модель из любой точки пространства, даже изнутри изображаемого объекта. Установку нового вида в пространстве модели можно произвести с помощью команд:

1. ***VPOINT*** (Точка зрения) – позволяет вводить из командной строки точку зрения или угол поворота вида.
2. ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) – отображает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения).
3. ***PLAN*** (План) – отображает вид в плане пользовательской или мировой системы координат.
4. ***DVIEW*** (Динамический вид) – определяет параллельную проекцию или перспективные виды.
5. ***3DORBIT*** (3-Орбита) – интерактивное отображение видов.

6.1. УСТАНОВКА НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА

Команда ***VPOINT*** (Точка зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***VPOINT*** (Точка зрения) или вводом в командную строку слова ***VPOINT*** с клавиатуры.

В ответ на команду система сообщает справочную информацию:

Current view direction: VIEWDIR=1.0000,-1.0000,1.0000

Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>:

Возможные ответы:

- задать направление взгляда при определении вида, указав на графическом экране произвольную точку;
- нажать клавишу ***Enter***. На экране появляются компас и тройка осей, представляющие проекцию глобуса на плоскости. Центральная точка компаса совпадает с Северным

полюсом (0, 0, 1), внутренняя окружность – с экватором (n, n, 0), а внешняя – с Южным полюсом (0, 0, -1). Угол направления взгляда определяется указанием точки внутри компаса, а угол между направлением взгляда и плоскостью ***XY*** – ее расстоянием от центра компаса. В соответствии с точкой зрения на компасе изменяется ориентация тройки осей. Передвигая с помощью мыши перекрестие внутри окружностей и контролируя получившийся вид по тройке осей системы координат, можно получить требуемый вид.

- ***Rotate*** (Поворот) используется, если необходимо задать направление взгляда при определении вида путем указания.

Удобно также использовать плавающую панель инструментов ***View*** (Вид), содержащую ряд кнопок с типовыми видами объекта (рис. 162).



Рис. 162.

 — ***Named View*** (Именованные виды) – создание и сохранение видов;

 — ***Top View*** (Вид сверху) – установка точки зрения сверху (план, горизонтальная проекция);

 — ***Bottom View*** (Вид снизу) – установка точки зрения снизу;

 — ***Left View*** (Вид слева) – установка точки зрения слева (профильная проекция);

 — ***Right View*** (Вид справа) – установка точки зрения справа;

 — ***Front View*** (Вид спереди) – установка точки зрения спереди (фронтальная проекция);

 — ***Back View*** (Вид сзади) – установка точки зрения сзади;

 — ***SW Isometric View*** (ЮЗ изометрия) – установка юго-западного изометрического вида;

 — ***SE Isometric View*** (ЮВ изометрия) – установка юго-восточного изометрического вида;

 — ***NE Isometric View*** (СВ изометрия) – установка северо-восточного изометрического вида;



— ***NW Isometric View*** (СЗ изометрия) – установка северо-западного изометрического вида;



— ***Camera*** (Камера) – включение и установка положения камеры и цели.

Выполнить упражнение № 92.

Установить направление взгляда в трёх видовых окнах ***№ 92***

Падающее меню ***View → 3D Views***

В верхнем левом видовом окне установить Front (Вид спереди), вначале активизируйте это окно щелчком мыши на поле окна

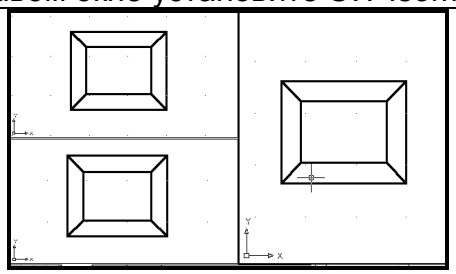


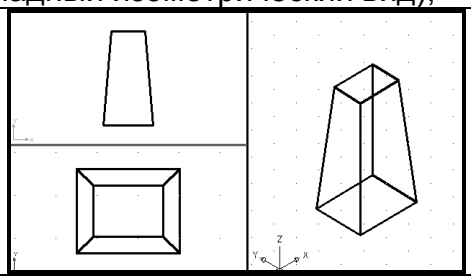
В нижнем левом видовом окне установить Top (Вид сверху), сделав это окно активным.





В правом окне установите SW Isometric (Юго-западный изометрический вид),





6.2. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА С ПОМОЩЬЮ ДИАЛОГОВОГО ОКНА

Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

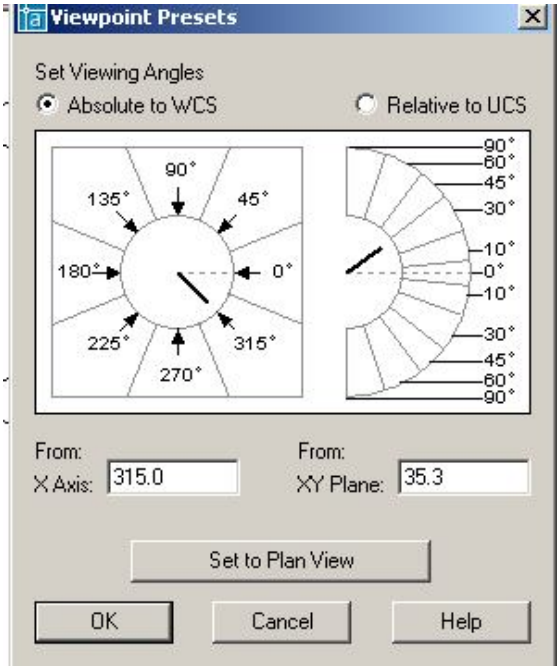


Рис. 163.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения), представленное на рис. 163. Окно содержит следующие элементы управления: две кнопки выбора, графическое поле, два поля ввода и кнопку ***Set to Plan View***.

- Кнопка выбора ***Absolute to WCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно мировой системы координат.
- Кнопка выбора ***Relative to UCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно текущей системы координат.
- Графическое поле позволяет задать направление взгляда при помощи графического курсора.
- Поле ввода ***X axis*** позволяет задать числовое значение угла в плоскости ***XY*** между направлением взгляда и осью ***X***.

- Поле ввода ***XY Plane*** позволяет задать числовое значение угла между направлением взгляда и плоскостью ***XY***.
- Кнопка ***Set to Plan View*** задает направление взгляда, перпендикулярное плоскости ***XY*** текущей системы координат.

Команда ***DVIEW*** (Динамический вид). Установить направление взгляда можно с помощью команды ***DVIEW*** (Динамический вид), предназначенной для получения динамических трехмерных и перспективных видов. Эта команда используется также для зуммирования, панорамирования и вращения видов. Кроме того, с её помощью можно удалять с экрана объекты, расположенные перед секущей плоскостью или позади нее, а также скрытые линии – при динамическом просмотре объектов. Команда действует по принципу камеры, направленной в сторону цели. Линия между камерой и целью – это линия взгляда или направление взгляда. Имеется возможность при моделировании изменять фокусное расстояние «объектива» камеры от широкоугольного до телеобъектива. После выполнения команды чертеж полностью регенерируется.

6.3. УСТАНОВКА ПЛАНА ИЗОБРАЖЕНИЯ

PLAN (План) – позволяет получить ортогональную проекцию объектов на плоскость ***XY*** текущей, мировой или пользовательской систем координат. Пользоваться этой командой в пространстве листа недопустимо.

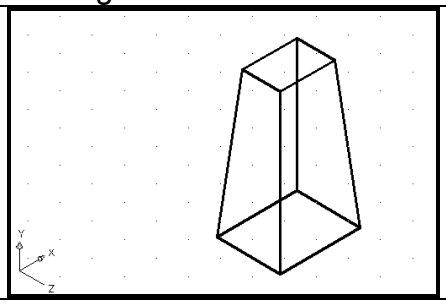
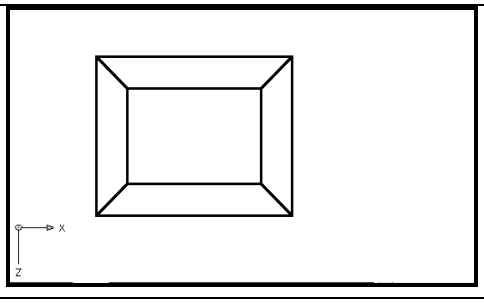
Команда ***PLAN*** (План) → ***Plan View*** (Вид в плане) соответственно пункты ***Current UCS*** (Текущая ПСК), ***World UCS*** (МСК) или ***Names UCS*** (По имени).

Опции команды:

- ***Current UCS*** (Текущая ПСК) – создает изображение текущей ПСК в плане на текущем видовом экране. Используется по умолчанию;
- ***UCS*** (ПСК) – переключает в план предварительно сохраненной ПСК и регенерирует изображение. ***AutoCAD*** запрашивает имя требуемой ПСК;
- ***World*** (Мир) – создает изображение в плане мировой системы координат.

Команда ***PLAN*** (План) изменяет направление взгляда и отключает перспективу, но не меняет текущей ПСК. Все координаты, вводимые или отображаемые после запуска этой команды, берутся относительно текущей ПСК.

Выполнить упражнения № 93.

Установить вид в плане	***№ 93***
Plan Падающее меню ***View → 3D Views → Plan View → World UCS*** Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>: _w Regenerating model.	
	

6.4. УСТАНОВКА ОРТОГОНАЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ВИДОВ



Для установки ортогональных и аксонометрических видов служит закладка ***Orthographic & Isometric Views*** (Ортогональные и изометрические виды) диалогового окна ***View*** (Вид), показанного на рис. 164. Это диалоговое окно вызывается вводом в командную строку слова ***VIEW*** с клавиатуры или из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View…*** (3М Виды…). Кроме этого, можно щелкнуть на пиктограмме ***Named Views*** (Именованные виды) плавающей панели инструментов ***View*** (Вид), представленной на рис. 162.

Ортогональный вид, помещаемый на видовой экран, базируется по умолчанию на мировой системе координат. Однако пользователь может установить в качестве базовой любую из имеющихся в диалоговом окне именованных пользовательских систем координат (ПСК). После выбора одной из ПСК необходимо сделать эту систему текущей, то есть нажать кнопку ***Set Current***, в подтверждении, что выбранная ПСК является текущей, рядом с её названием появляется маркер. Нажатием кнопки ***OK AutoCAD*** выводит на экран выбранную пользовательскую систему координат.

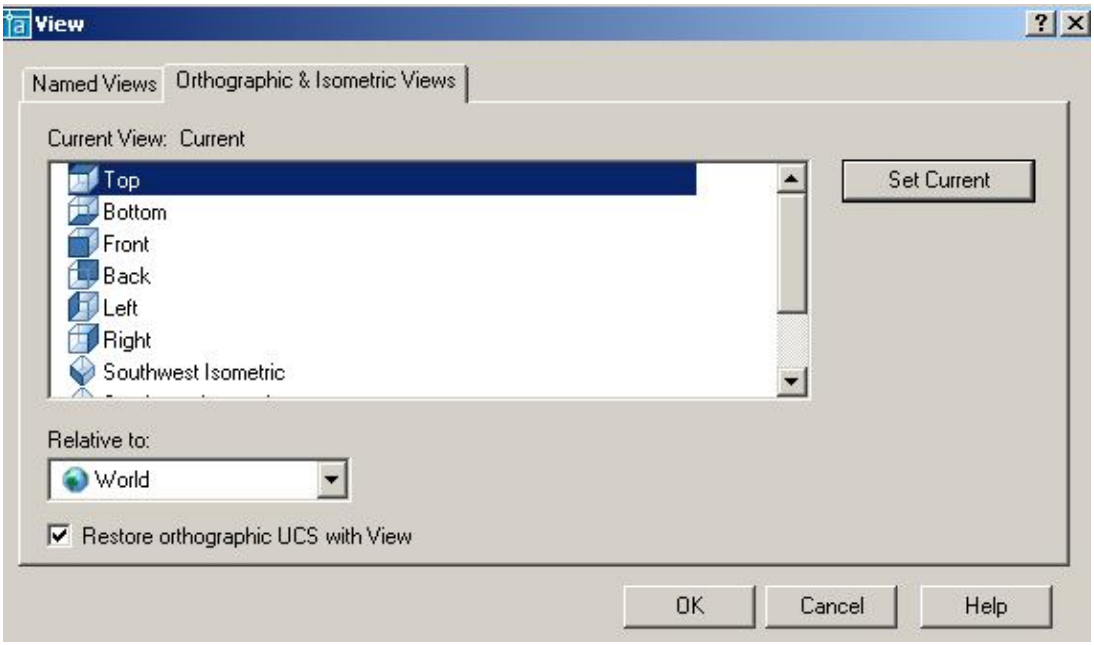


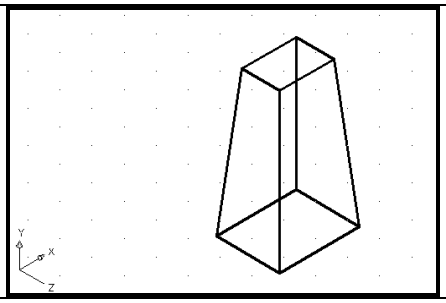
Рис. 164.

6.5. ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧКОЙ ВЗГЛЯДА



Команда ***3DORBIT*** (3-орбита) позволяет задать направление взгляда при определении вида и параметры отображения. Вид модели в это время управляется с помощью устройства указания, то есть изменение направления взгляда при определении вида производится путем перемещения мыши при нажатой левой кнопке. С орбиты могут рассматриваться как вся модель, так и её отдельные части. Команда вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D Orbit*** (3М Орбита) или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) стандартной панели инструментов, или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***, или вводом в командную строку слова ***3DORBIT*** с клавиатуры. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Выполнить упражнение № 94.

Установить точку зрения	*№ 94*
 ***3D Orbit*** Падающее меню ***View → 3D Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, установить желаемую точку зрения Для выхода из команды нажать Enter.	
	

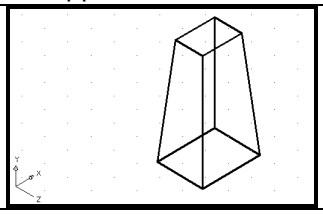
6.6. ДИНАМИЧЕСКОЕ ВРАЩЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ



Команда ***3DCORBIT*** (3МД Орбита) позволяет просматривать вращающееся изображение объектов в режиме реального времени. Команда вызывается вводом в командную строку слова ***3DCORBIT*** с клавиатуры или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Continuous Orbit*** (3МД Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Вращение изображения объектов задается путем перемещения курсора по графическому полю экрана при нажатой левой кнопке мыши. При этом направление вращения определяется направлением перемещения курсора, а скорость вращения – скоростью перемещения курсора. Вращение изображения начинается после того, как будет отпущена левая кнопка мыши.

Выполнить упражнение № 95.

Установить точку зрения	*№ 95*
 ***3DC Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, задать вращательный момент детали и отпустить кнопку. Для фиксации точки зрения сделать щелчок мышью. Для выхода из команды нажать Enter.	
	

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРКАСОВ

Элементарными трехмерными объектами системы ***AutoCAD*****,** предназначенными, прежде всего для каркасного моделирования, являются отрезки, сплайны и полилинии. Первые два типа объектов создаются при помощи тех же команд ***LINE*** и ***SPLINE***, которые используются при плоском черчении. Особенностью при их использовании в трёхмерном пространстве является то, что при задании координат точек следует указывать и координату по оси ***Z*** (при плоском черчении эта координата опускается). При указании точек графическим курсором следует пользоваться объектной привязкой, так как в противном случае система воспринимает указанные точки как лежащие на плоскости ***XY*** текущей системы координат. Трех-

мерные полилинии создаются при помощи специальной команды ***3DPOLY***. Эта команда позволяет создавать полилинию, состоящую только из прямолинейных сегментов, поэтому для создания сглаженных линий используют команду ***REDIT*** (Редактирование трехмерных полилиний).

7.1. ТРЕХМЕРНАЯ ПОЛИЛИНИЯ

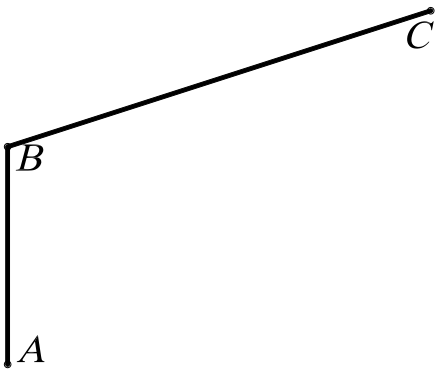


Команда ***3DPOLY*** (3М ПЛиния) – построение трехмерной полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***3Dpoly*** (3М ПЛиния), щелчком мыши по пиктограмме ***3Dpoly*** (3М ПЛиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать) или вводом в командную строку слова ***3DPOLY*** с клавиатуры

Опции команды:

- ***Undo*** (Отмена) – используется для отмены создания последнего отрезка;
- ***Close*** (Замкнуть) – используется для замыкания построенной полилинии и завершения работы с командой.

Выполнить упражнение № 96.

Построить трехмерную полилинию	***№ 96***
 ***3D Polyline*** Падающее меню ***Draw*** → ***3D Polyline*** Specify start point of polyline: 100,100,0 Specify endpoint of line or [Undo]: @0,0,80 Specify endpoint of line or [Undo]: @90,90,50 Specify endpoint of line or [Close/Undo]:	
	

7.2. СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПОЛИЛИНИИ



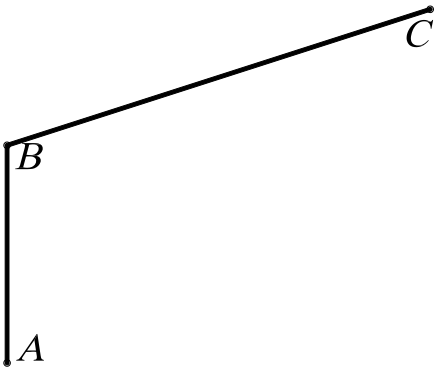
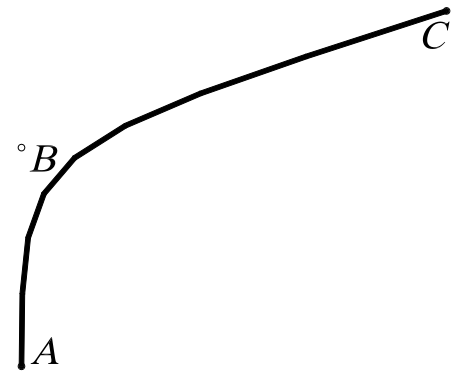
- ***PEDIT*** (Изменить полилинию) позволяет редактировать трехмерные полилинии и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Object*** (Объект) →***Polyline*** (Полилиния), щелчком мыши по пиктограмме ***Pedit*** (Изменить полилинию) панели инструментов ***Modify II*** (Редактировать II) или вводом в командную строку слова ***PEDIT*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Multiple*** (Много) – используется, если необходимо одинаковым образом отредактировать несколько полилиний; в этом случае система потребует указать эти полилинии;

- ***Close*** (Замкнуть) – используется, если необходимо замкнуть полилинию, при этом система добавляет сегмент, соединяющий начальную и конечную точки полилинии; если выбранная полилиния замкнута, то в списке параметров вариант ***Close*** заменяется вариантом ***Open***;
- ***Open*** (Разомкнуть) – используется, если необходимо разомкнуть полилинию, при этом система удаляет сегмент, соединяющий конечную и начальную точки;
- ***Edit vertex*** (Редактировать вершину) – используется для редактирования вершин полилинии. Дальнейшая работа в режиме редактирования вершин производится так же, как и в случае редактирования плоской полилинии;
- ***Spline curve*** (Сгладить) – используется для преобразования полилинии в гладкую с использованием аппарата B-сплайнов, при этом данная кривая в общем случае не приходит через вершины исходной полилинии;
- ***Decurve*** (Отменить сглаживание) – используется для отмены преобразования полилинии в гладкую кривую;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего изменения.

Выполнить упражнение № 97

Сгладить трехмерную полилинию	***№ 97***
	***PEDIT*** Падающее меню ***Modify → Object→ Polyline*** Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: s режим сглаживания полилинии Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: Enter
	

8. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Команды построения твердотельных объектов (примитивов) запускаются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) или из плавающей панели инструментов ***Solids*** (Тела), представленной на рис. 165.

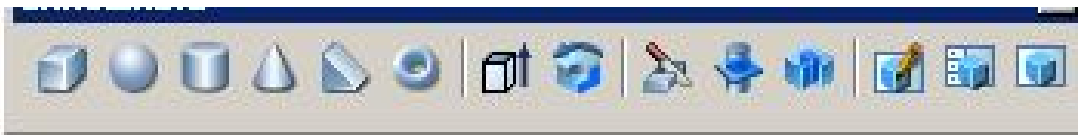


Рис. 165.

При создании твердотельных примитивов используется три основных способа:

1. Стандартные библиотечные тела: ***Box*** (Ящик), ***Wedge*** (Клин), ***Cone*** (Конус), ***Cylinder*** (Цилиндр), ***Sphere*** (Шар), ***Torus*** (Тор). Задание количества изолиний при создании стандартных (библиотечных) тел вращения выполняется системной переменной ***ISOLINES*** (по умолчанию количество изолиний равно четырем). Для увеличения количества в командную строку вводится слово ***ISOLINES*** с клавиатуры, а затем нужное количество.

2. Тела пользователя (примитивы заданной формы) создаются путем выдавливания, осуществляемого командой ***Extrude*** (Выдавить), или вращения – командой ***Revolve*** (Вращать) – двумерного объекта (плоского контура) ***Region***.

3. Тела, созданные комбинированием нескольких тел, с использованием команд ***Union*** (Объединение), ***Subtract*** (Вычитание), ***Intersect*** (Пересечение), которые запускаются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) или из плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

9. СТАНДАРТНЫЕ ТЕЛА

9.1. ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕД

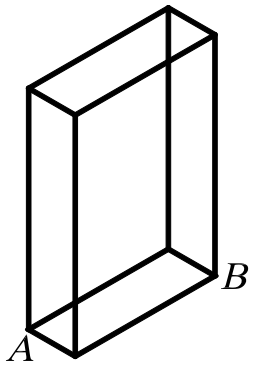


– Команда ***Box*** (Ящик) – формирование твердотельного параллелепипеда (ящика, куба) с ребрами, параллельными осям текущей системы координат, то есть основание параллелепипеда всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей ПСК. Команда ***Box*** (Ящик) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Box*** (Ящик) или щелчком мыши по пиктограмме ***Box*** (Ящик) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Center*** (Центр) – определяет параллелепипед с помощью указания его центральной точки;
- ***Cube*** (Куб) – создает куб, то есть параллелепипед, у которого все ребра равны;
- ***Length*** (Длина) – создает параллелепипед с заданными длиной (по оси X), шириной (по оси Y) и высотой (по оси Z) текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 98.

Построить параллелепипед	***№ 98***
 ***Box*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Box*** Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: 100,100 указать первый угол A основания параллелепипеда Specify corner or [Cube/Length]: 120,160 указать второй угол B основания параллелепипеда Specify height: 90 высота параллелепипеда	
	

9.2. КЛИН



– Команда ***Wedge*** (Клин) – построение прямой призмы («клина») с основанием в виде прямоугольного треугольника, параллельным плоскости ***XY*** текущей системы координат. Команда ***Wedge*** (Клин) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Wedge*** (Клин) или щелчком мыши по пиктограмме ***Wedge*** (Клин) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

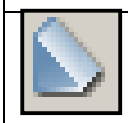
Основание клина всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей системы координат, при этом наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания. Высота клина может быть как положительной, так и отрицательной.

Опции команды:

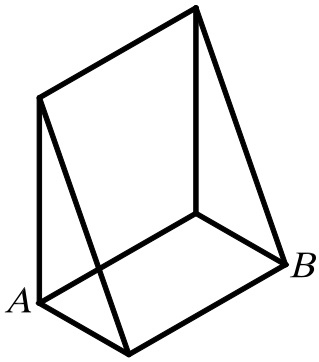
- ***CEnter*** (Центр клина) – точка пересечения диагоналей наклонной грани клина;
- ***Cube*** (Куб) – используется для построения призмы, вписанной в куб;
- ***Length*** (Длина) – используется для задания длин сторон нижней грани клина.

Выполнить упражнение № 99.

Построить клин (призму)	***№ 99***



Wedge Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Wedge***
Specify first corner of wedge or [Center] <0,0,0>: 150,130 указать точку A
Specify corner or [Cube/Length]: 190,200 указать точку B
Specify height: 80 высота.



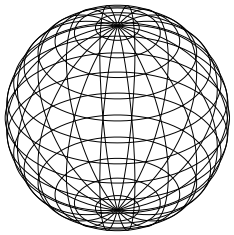
9.3. СФЕРА



– Команда ***Sphere*** (Сфера) – построение твердотельного шара (сферы), вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Sphere*** (Сфера) или щелчком мыши по пиктограмме ***Sphere*** (Сфера) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Сфера задается центром и радиусом (или диаметром), то есть при необходимости задания сферы центром и диаметром в командную строку ввести ***D*** (***Diameter)***. Ось вращения шара параллельна оси ***Z*** текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 100. Перед построением сферы, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить сферу	*№ 100*
	***Sphere*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Sphere*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of sphere <0,0,0>: 100,100,70 указать центр сферы Specify radius of sphere or [Diameter]: 50 величина радиуса
	

9.4. КОНУС



– Команда ***Cone*** (Конус) – построение твердотельного конуса, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Cone*** (Конус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cone*** (Конус) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Eliptical*** (Эллиптический) – используется для построения эллиптического конуса;
- ***Axis endpoint*** (Конечная точка оси) – создает эллиптическое основание конуса, для чего нужно указать точками длину одной оси и половину другой оси, как при построении эллипса. Выбор этой опции осуществляется автоматически при указании координат точки;
- ***Center*** (Центр) – позволяет задать эллиптическое основание конуса, для чего следует указать координаты его центральной точки и значение радиуса по каждой из осей эллипса;
- ***Apex*** (Вершина) – определяет высоту и ориентацию конуса, для этого нужно любым известным способом задать положение вершины конуса;
- ***Height*** (Высота) – устанавливает только высоту конуса, но не ориентацию. Ориентация определяется знаком, стоящим перед значением высоты: при знаке «+» высота откладывается в сторону положительного значения оси ***Z***, при знаке «-» - в сторону отрицательного значения оси ***Z***, то есть строится нижняя или верхняя полупола конуса;
- ***Center point*** (Центральная точка) – создает круговое основание;
- ***Radius*** (Радиус) – позволяет задать круговое основание конуса, для чего нужно ввести центр и радиус основания;
- ***Diameter*** (Диаметр) – используется, если необходимо задать диаметр основания конуса.

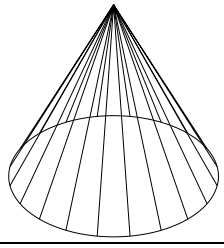
Выполнить упражнения № 101, 102.

Перед построением конуса, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить круговой конус ***№ 101***



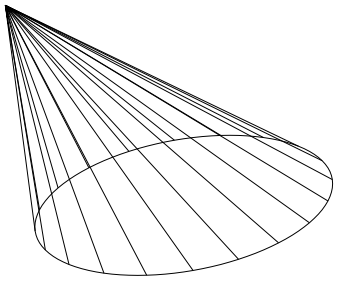
Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания
Specify radius for base of cone or [Diameter]: 45 радиус основания
Specify height of cone or [Apex]: 90 высота



Построить эллиптический конус ***№ 102***



Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: E
режим эллиптического конуса
Specify axis endpoint of ellipse for base of cone or [Center]: 100,100 указать первую точку первой оси эллипса (основания).
Specify second axis endpoint of ellipse for base of cone: 190,200 указать вторую точку первой оси эллипса (основания).
Specify length of other axis for base of cone: 30 указать длину половины второй оси эллипса (основания).
Specify height of cone or [Apex]: A режим для задания вершины конуса
Specify apex point: 110,100,90 координаты вершины конуса



9.5. ЦИЛИНДР



– Команда ***Cylinder*** (Цилиндр) – построение твердотельного цилиндра, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Cylinder*** (Цилиндр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cylinder*** (Цилиндр) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды ***Cylinder*** (Цилиндр) аналогичны опциям команды ***Cone*** (Конус). Ось цилиндра параллельна оси ***Z*** текущей системы координат. В данной команде опция ***Apex*** (Вершина) называется ***Center of other end*** (центр другого основания).

Выполнить упражнение № 103.

Построить цилиндр	***№ 103***

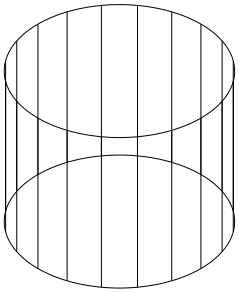
Cylinder Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cylinder***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 50 радиус основания

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 80 высота



9.6. ТОР

– Команда ***Torus*** (Тор) – построение твердотельного тора, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Torus*** (Тор) или щелчком мыши по пиктограмме ***Torus*** (Тор) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Тор (круговое кольцо) или открытый тор образуется при вращении окружности вокруг оси, лежащей в ее плоскости, но не проходящей через ее центр. У открытого тора различают внутреннюю часть – глобоид и внешнюю. Если окружность пересекает ось тора, то дуга окружности описывает поверхность, напоминающую форму мяча для регби, которая называется закрытым тором. У закрытого тора различают: тор-«яблоко» и тор-«веретено».

Для построения тора необходимо ввести значения двух радиусов: радиуса образующей окружности-трубы (***Tube***) и радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра образующей окружности-трубы (***Tube***).

Выполнить упражнения № 104 - 106.

Построить открытый тор	***№ 104***

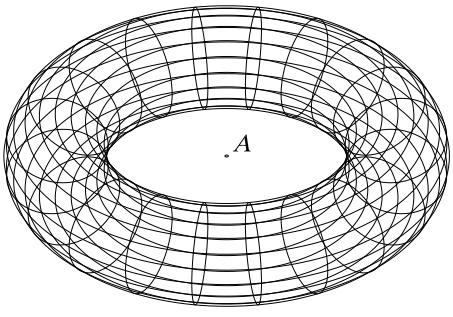
Torus Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus***

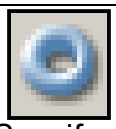
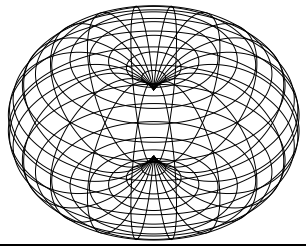
Current wire frame density: ISOLINES=20

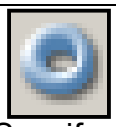
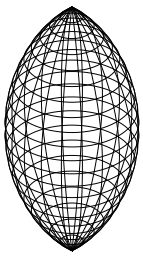
Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора – точка А

Specify radius of torus or [Diameter]: 100 указать радиус тора

Specify radius of tube or [Diameter]: 30 указать радиус образующей окружности-трубы



Построить тор-«яблоко»	*№ 105*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: 60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 70 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Построить тор-«веретено»	*№ 106*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: -60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 90 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Радиус тора можно задавать отрицательным значением, но тогда значение радиуса образующей окружности должно быть положительным и превосходить абсолютное значение радиуса тора, то есть в этом случае получается закрытый тор. Данное условие необходимо соблюдать, чтобы не получить в итоге пустое тело (тело без объема).

10. ТЕЛА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

10.1. ВЫДАВЛЕННОЕ ТЕЛО

 – Команда ***Extrude*** (Выдавить) – позволяет создавать твердотельные объекты путем «выдавливания» плоского контура (добавляя высоту). Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опция команды:

- ***Path*** (Траектория) – используется для «выдавливания» объекта вдоль направляющей траектории.
- ***Taper angle*** (Угол конусности) – используется для задания угла конусности создаваемого тела, то есть угла между направлением выдавливания и образующими боковых поверхностей тела.

Исходными объектами для «выдавливания» могут являться плоские грани (примитивы ***3D Faces***), замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). «Выдавливание» объекта происходит перпендикулярно плос-

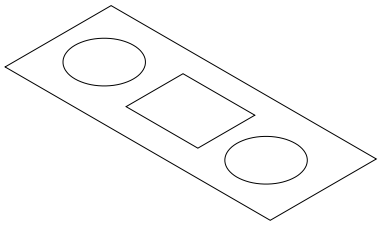
кости ***XY*** текущей системы координат. Объектами-направляющими, вдоль которых может производиться «выдавливание», могут служить отрезки, окружности, дуги окружностей, эллипсы, дуги эллипсов, полилинии или сплайны. При «выдавливании» контура вдоль направляющей угол его наклона относительно направляющей остается постоянным. При создании твердых тел исходные контуры удаляются.

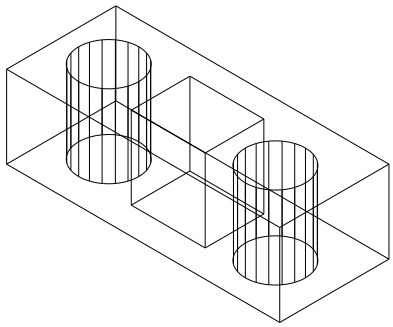
Выполнить упражнения № 107 – 110. Перед выполнением упражнений создайте плоские контуры типа ***Region*** или ***Pline***, ***3D Polyline***.

Построить выдавленное тело ***№ 107***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: Enter угол конусности равен нулю.

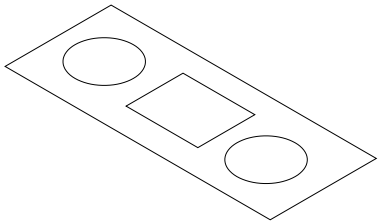


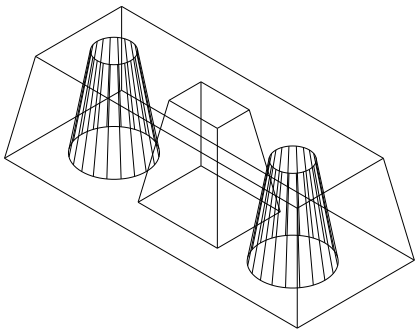


Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности ***№ 108***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: 10 угол конусности.





Значение угла конусности «выдавливаемого» тела должно лежать в пределах от -90^0 до $+90^0$, причем это значение не должно задавать создание самопересекающегося тела.

Построить выдавленное тело вдоль траектории полилинии ***№ 109***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

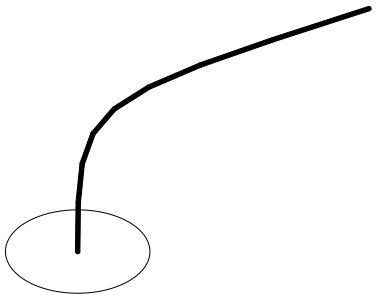
Current wire frame density: ISOLINES=20

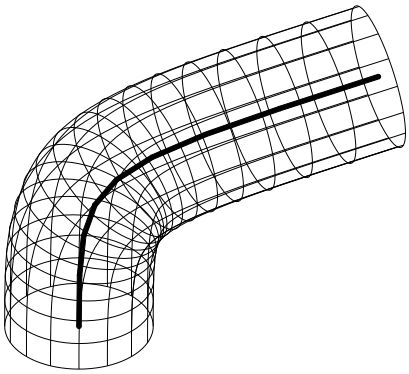
Select objects: указать на окружность

Select objects: Enter

Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: указать на полилинию





Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности, вдоль траектории полилинии ***№ 110***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Select objects: указать на окружность

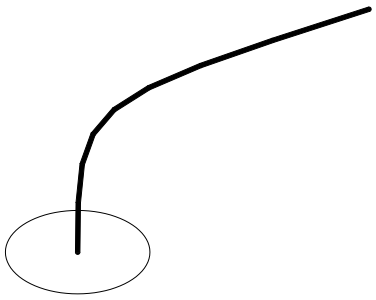
Select objects: Enter

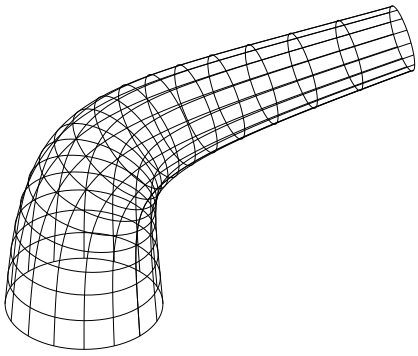
Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: T задать угол конусности

Specify angle of taper for extrusion <0>: 5 значение угла конусности

Select extrusion path: указать на полилинию.





10.2. ТЕЛО ВРАЩЕНИЯ



– Команда ***Revolve*** (Вращать) – позволяет создавать твердотельные объекты путем вращения плоского контура. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Revolve*** (Вращать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Revolve*** (Вращать) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

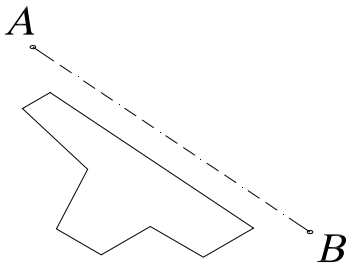
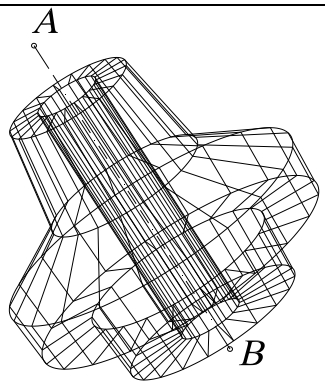
Исходными объектами для вращения могут служить замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). Объектами, задающими направление оси вращения, могут служить отрезки и плоские полилинии. В

последнем случае за ось вращения принимается линия, проходящая через начальную и конечную точки полилинии. При создании твердых тел вращения исходные контуры удаляются.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания оси, определяемой некоторым объектом, то есть необходимо указать объект, который определяет ось вращения;
- ***X (axis)*** (X ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью X текущей системы координат;
- ***Y (axis)*** (Y ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью Y текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 111.

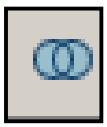
Построить тело вращения	***№ 111***
 ***Revolve*** Падающее меню ***Draw → Solids → Revolve*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Select objects: указать плоский контур Select objects: Enter Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: указать точку A на оси вращения Specify endpoint of axis: указать точку B на оси вращения Specify angle of revolution <360>: Enter угол поворота контура на 360^0. Установить точку зрения командой 3D Orbit.	
	

11. ТЕЛА, СОЗДАННЫЕ КОМБИНИРОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Для создания тел из базовых твердотельных примитивов в ***AutoCAD*** имеются команды, осуществляющие операции теории множеств:

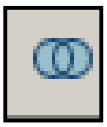
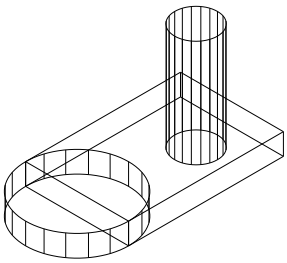
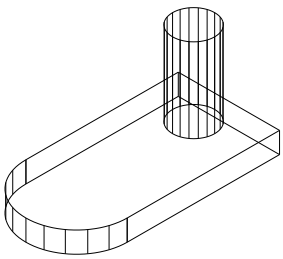
1. ***Union*** (Объединение) – создает сложный твердотельный объект путем объединения нескольких объектов;
2. ***Subtract*** (Вычитание) – позволяет создать новые область или твердотельный объект путем исключения (вычитания) аналогичных объектов. Например, эту команду можно использовать для получения сквозных цилиндрических отверстий в деталях путем вычитания цилиндров;
3. ***Intersect*** (Пересечение) – позволяет создать новый твердотельный объект, который является общей частью всех указанных объектов.

11.1. ОБЪЕДИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Union*** (Объединение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

Выполнить упражнение № 112.

Построить тело путем объединения заданных тел	***№ 112***
 ***Union*** Падающее меню ***Modify → Solids Editing → Union*** Select objects: указать точку на одном цилиндре Select objects: указать точку на втором цилиндре Select objects: указать точку на параллелепипеде Select objects: Enter	
	

Если указанные пользователем твердотельные объекты не пересекаются и не касаются друг друга, то система выполнит формальное объединение этих тел. При этом вновь созданный объект будет восприниматься системой как единое целое, хотя в физическом смысле такой объект будет являться набором отдельных невзаимосвязанных тел.

11.2. ВЫЧИТАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

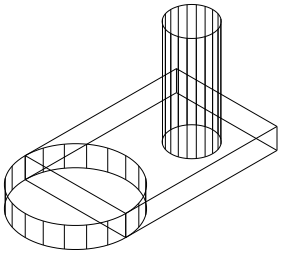
Вычитаемые объекты после выполнения команды удаляются. Если исходное и вычитаемое тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Subtract*** (Вычитание) будет просто удалено вычитаемое тело. Необходимо помнить, что после завершения указания исходных объектов, из которых необходимо исключить другие объекты, нужно нажать клавишу ***Enter***.

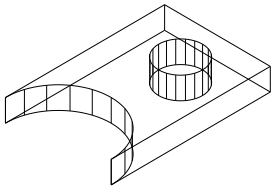
Выполнить упражнение № 113.

Построить тело путем вычитания заданных тел	*№ 113*

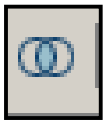


Subtract Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Subtract***
Select solids and regions to subtract from ..
Select objects: указать точку на параллелепипеде
Select objects: Enter
Select solids and regions to subtract ..
Select objects: указать один цилиндр
Select objects: указать второй цилиндр
Select objects: Enter





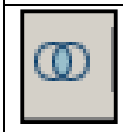
11.3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



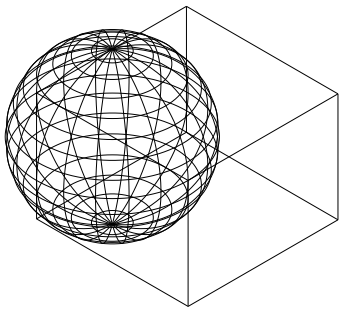
– Команда ***Intersect*** (Пересечение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Intersect*** (Пересечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Intersect*** (Пересечение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

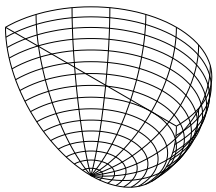
Выполнить упражнение № 114.

Построить тело путем пересечения заданных тел	*№ 114*



Intersect
Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Intersect***
Select objects: выбрать сферу, указав на её любую точку
Select objects: выбрать параллелепипед, указав на любую его точку
Select objects: Enter





Все исходные тела, на основе которых создается новый объект, удаляются. Если исходные тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Intersect*** (Пересечение) эти тела будут просто удалены.

12. ОБЩИЕ СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для редактирования любых трехмерных объектов могут применяться такие универсальные команды, как ***Properties*** (Свойства), ***Copy*** (Копировать), ***Erase*** (Удалить), ***Explode*** (Взорвать), ***Move*** (Переместить), ***OOPS*** (Восстанавливает уничтоженные командой ***Erase*** объекты), ***Redo*** (Отменяет действие одной предыдущей команды: ***Undo*** или ***U***), ***Scale*** (Масштабировать), ***Undo*** (Отменяет действие нескольких команд), а также средство редактирования ***Grips*** («Ручки»). Работа со всеми этими средствами ведется так же, как и при плоском черчении. Кроме того, существуют команды редактирования только в трехмерном пространстве, например, команды поворота, создания массива объектов, зеркальное отображение, снятие фаски, скругления, которые имеют рад особенностей в трехмерном моделировании. Ниже рассматриваются эти команды.

12.1. ПОВОРОТ ВОКРУГ ОСИ

В двумерном пространстве команда ***Rotate*** (Повернуть) производит поворот объекта вокруг указанной точки, при этом направление поворота определяется текущей пользовательской системой координат.

При использовании этой команды применительно к трехмерным объектам производится их поворот относительно оси, проходящей через заданную точку и перпендикулярной плоскости ***XY*** текущей системы координат. Ось поворота может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (***X***, ***Y***, ***Z***), текущего направления взгляда.

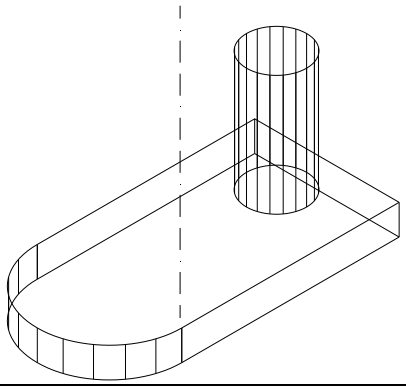
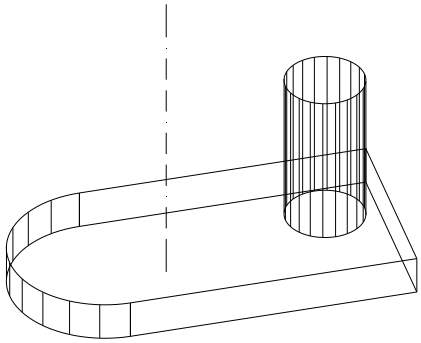
Команда ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) поворачивает объекты относительно произвольно направленной оси. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Rotate3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – поворот вокруг выбранного объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***View*** (Вид) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового экрана и проходящей через заданною точку, то есть ось перпендикулярна плоскости экрана;
- ***Xaxis*** (X ось), ***Yaxis*** (Y ось), ***Zaxis*** (Z ось) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления соответственно осей ***X***, ***Y***, ***Z*** и проходящей через заданную точку;
- ***2point*** (2 точки) – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки;
- ***Reference*** (Относительно) – используется для задания относительного угла поворота.

Для определения положительного направления вращения следует ориентировать большой палец правой руки в положительном направлении оси и согнуть остальные пальцы. Положительное направление вращения будет совпадать с направлением, указываемым согнутыми пальцами. Если ось задается двумя точками, то вторая точка указывает положительное направление оси.

Выполнить упражнение № 115.

Повернуть тело вокруг оси	***№ 115***
Rotate3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Rotate3D*** Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 Select objects: выбрать объект, который нужно повернуть Select objects: Enter Specify first point on axis or define axis by [Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: указать верхнюю точку на оси (начало оси) Specify second point on axis: указать нижнюю точку на оси (направление «+» оси) Specify rotation angle or [Reference]: 30 угол положительный, так как положительное направление оси вниз, а положительный угол определяется по правилу правой руки.	
	

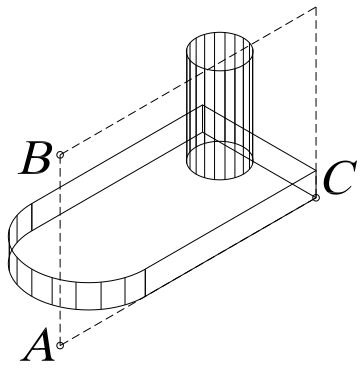
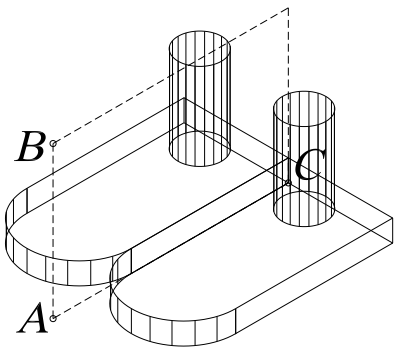
12.2. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТИ (ПЛОСКОСТНАЯ СИММЕТРИЯ)

Команда ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) позволяет создать зеркальную копию объектов относительно произвольно расположенной плоскости. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Mirror3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – отображение относительно выбранного плоского объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***Zaxis*** (Z ось) – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – отображение относительно плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – отображение относительно плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

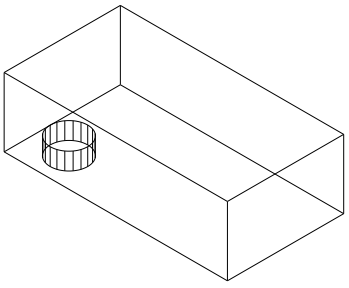
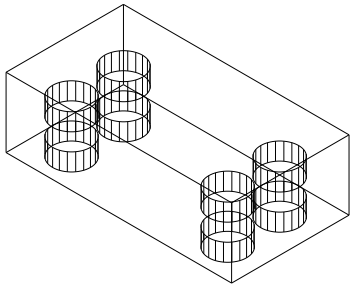
Выполнить упражнение № 116.

Построить плоскостную симметрию объекта	***№ 116***
Mirror3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Mirror3D*** Select objects: выбрать объект Select objects: Enter Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on mirror plane: указать точку B Specify third point on mirror plane: указать точку C Delete source objects? [Yes/No] <N>: не удалять исходный объект, если нужно удалить, то выбрать <Y>.	
	

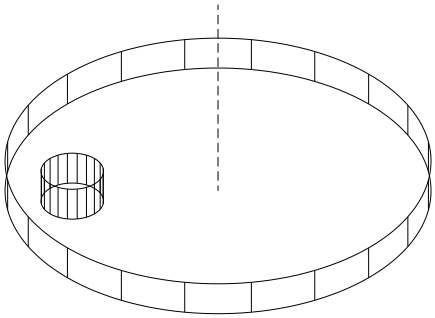
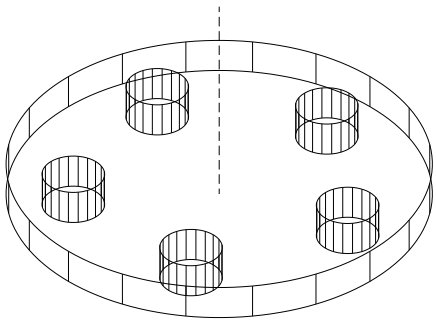
12.3. РАЗМНОЖЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫМ МАССИВОМ

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) создает в пространстве копии объектов в виде прямоугольного или полярного массива. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) **→** ***3D Operation*** (3М операции) **→** ***3DAarray*** (3М Массив) или вводом в командную строку слова ***3DAarray*** с клавиатуры.

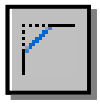
Выполнить упражнения № 117, 118.

Создать прямоугольный массив	***№ 117***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 ввести число рядов (вдоль оси Y) Enter the number of columns (|||) <1>: 2 ввести число столбцов (вдоль оси X) Enter the number of levels (...) <1>: 2 ввести число уровней (вдоль оси Z) Specify the distance between rows (---): 30 расстояние между рядами Specify the distance between columns (|||): 90 расстояние между столбцами Specify the distance between levels (...): 20 расстояние между уровнями	
	

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) отличается от аналогичной команды, применяемой в двухмерном моделировании, тем, что при создании прямоугольного массива объектов, кроме количества столбцов и строк, запрашивается количество уровней (задается вдоль оси ***Z*** от плоскости ***XY***), а при создании кругового (полярного) массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальная и конечная точки которой задаются в ответ на запросы команды.

Создать полярный массив	***№ 118***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>:P полярный массив Enter the number of items in the array: 5 число элементов массива Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: задать угол для построения Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: поворачивать элементы массива вокруг оси Specify center point of array: указать первую точку, лежащую на оси массива Specify second point on axis of rotation: указать вторую точку, лежащую на оси массива	
	

12.4. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛ



— Команда ***Chamfer*** (Фаска) позволяет создавать фаску (скошенную часть кромки) на пересечениях граней твердого тела, как и в двумерном пространстве. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

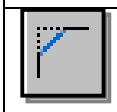
Опции команды:

- ***OK (current)*** (Да (текущая)) – используется для задания в качестве базовой текущей гран тела (при выборе, подсвеченной на графическом экране);
- ***Next*** (Следующая) – используется для выбора в качестве текущей соседней грани тела;
- ***Loop*** (Петля) – используется для задания создания фасок по всем ребрам базовой грани;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер.

При создании фасок между гранями твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

Выполнить упражнения № 119, 120. При выполнении упражнения № 119 создать тело, используя команду ***Subtract*** (Вычитание).

Снять фаску с ребра параллелепипеда ***№ 119***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(NOTRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A

Base surface selection... для выбора базовой поверхности

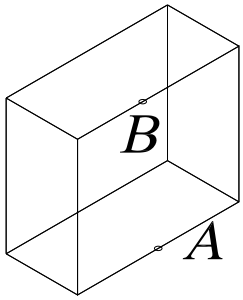
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

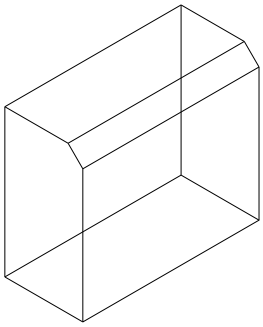
Specify base surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на другой поверхности

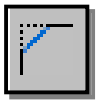
Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





Снять фаску с ребра трехмерного тела ***№ 120***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 40.0000, Dist2 = 40.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A верхней грани объекта

Base surface selection...

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: N режим выбора соседней грани (если на графическом экране при выборе подсвечивается другая грань)

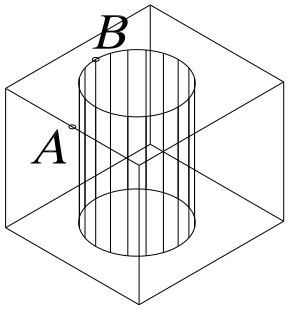
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

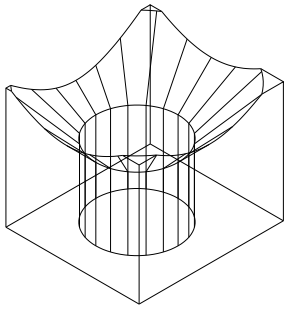
Specify base surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на другой поверхности

Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





12.5. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ ГРАНЕЙ



— Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Опции команды ***Fillet*** (Сопряжение):

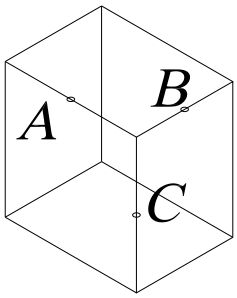
- ***Chain*** (Цепь) – используется для задания скруглений ребер, образующих цепочку;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер;
- ***Radius*** (Радиус) – используется для задания нового радиуса скругления.

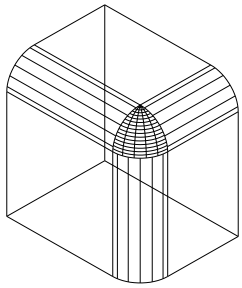
Выполнить упражнения № 121, 122.

Построить сопряжения граней трехмерного тела ***№ 121***

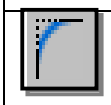


Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее скругляемое ребро – точка A
Enter fillet radius: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка B
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка C
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter
3 edge(s) selected for fillet.

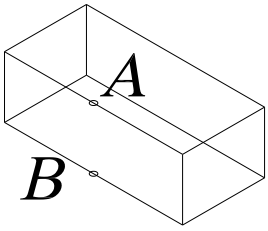


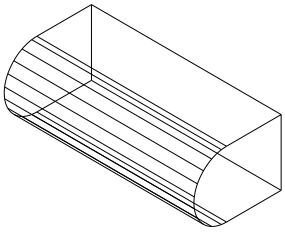


Построить сопряжение грани трехмерного тела ***№ 122***



Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее ребро (точка A)
Enter fillet radius <10.0000>: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать верхнее ребро (точка B)
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter





При создании скруглений ребер твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

12.6. ПОСТРОЕНИЕ СЕЧЕНИЙ



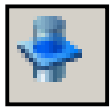
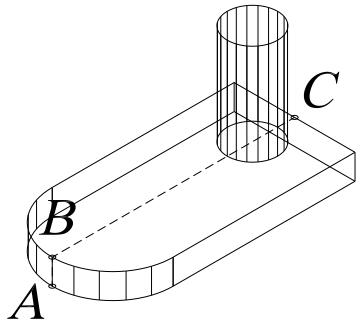
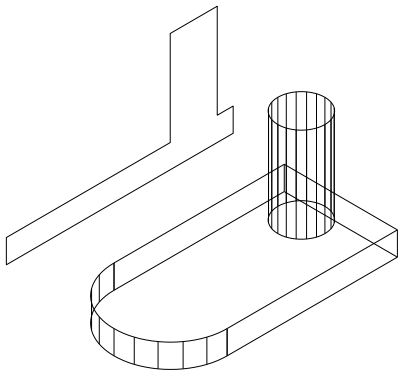
– Команда ***Section*** (Сечение) – позволяет построить сечения (в виде замкнутых областей) твердотельных объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Section*** (Сечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Section*** (Сечение) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – сечение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

В результате выполнения команды создаются объекты типа ***Region***. При применении к этим объектам команды ***Explode*** они разбиваются на отдельные линии, дуги или окружности.

Выполнить упражнение № 123.

Построить сечение трехмерного тела	***№ 123***
 ***Section*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Section*** Select objects: указать объект Select objects: Enter Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on plane: указать точку B Specify third point on plane: указать точку C Переместить полученное сечение.	
	

12.7. ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ



– Команда ***Slice*** (Разрез) – позволяет разрезать набор тел плоскостью и при необходимости удалить отсеченные части объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Slice*** (Разрез) или щелчком мыши по пиктограмме

Slice (Разрез) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – разрез относительно плоскости, проходящей через три заданные точки;
- ***keep Both sides*** (сохранить Обе стороны) – оставляет обе части разрезанного тела.

Выполнить упражнение № 124.

Построить разрез трехмерного тела ***№ 124***



Slice Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Slice***

Select objects: указать объект

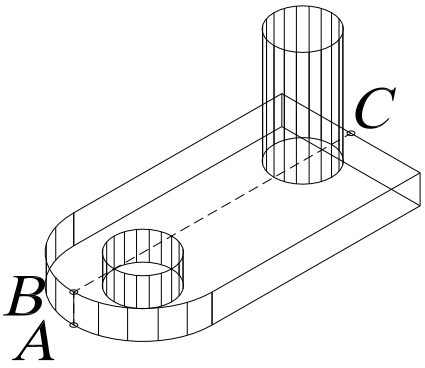
Select objects: Enter

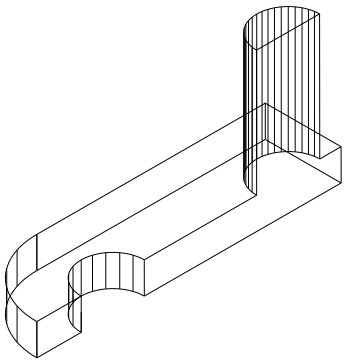
Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A

Specify second point on plane: указать точку B

Specify third point on plane: указать точку C

Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]: указать курсором точку той части тела, которую надо оставить.





13. РЕДАКТИРОВАНИЕ ГРАНЕЙ, РЕБЕР, ТЕЛ

Команда ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов) используется для выполнения следующих возможных действий: выдавливание, перенос, поворот, смещение, изменение формы тела путем наклона, удаление, копирование, изменение цвета. Команды вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

При вызове команды на первый запрос необходимо ввести опцию редактирования тел:

- ***Face*** (Грань) – используется для перехода в режим редактирования граней твердого тела;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для перехода в режим редактирования ребер твердого тела;
- ***Body*** (Тело) – используется для редактирования общих свойств тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего результата редактирования;
- ***eXit*** (Выход) – используется для завершения работы с командой.

13.1. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГРАНЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Face*** (Грань), которая вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Extrude*** (Выдавить) – используется для изменения формы тела путем «выдавливания» одной из граней;
- ***Move*** (Переместить) – используется для изменения формы тела путем переноса его граней;
- ***Rotate*** (Поворот) – используется для изменения формы тела путем поворота его граней;
- ***Offset*** (Сместить) – используется для изменения формы тела путем эквидистантного смещения его граней на определенное расстояние;
- ***Taper*** (Сузить) – используется для изменения формы тела путем наклона его граней;
- ***Delete*** (Удалить) – используется для изменения формы тела путем удаления его отдельных граней;
- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания поверхности, повторяющей конфигурацию граней тела;
- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета граней тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования граней;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов).

Выполнить упражнения № 125- 132.

Выдавить грань трехмерного тела ***№ 125***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A (R используется для исключения грани из набора выбранных граней)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

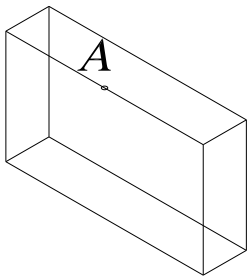
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

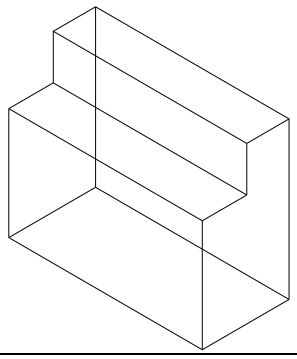
Specify angle of taper for extrusion <0>: угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Enter

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Выдавить грань трехмерного тела ***№ 126***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A на передней грани параллелепипеда

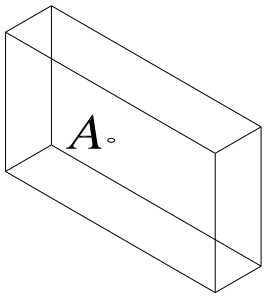
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

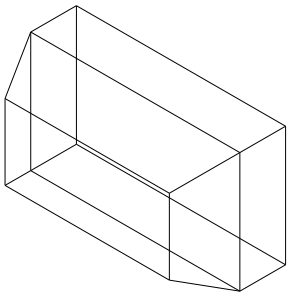
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

Specify angle of taper for extrusion <0>: 25 угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Переместить грань трехмерного тела	*№ 127*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Move faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face грань

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _move

Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)

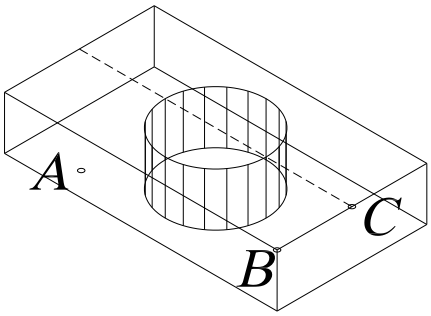
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

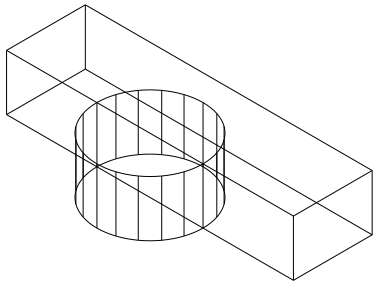
Specify a base point or displacement: указать точку B

Specify a second point of displacement: указать точку C

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Повернуть грань трехмерного тела	*№ 128*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Rotate faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _rotate

Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

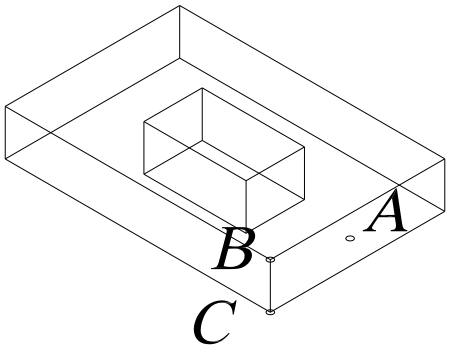
Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>: точка B

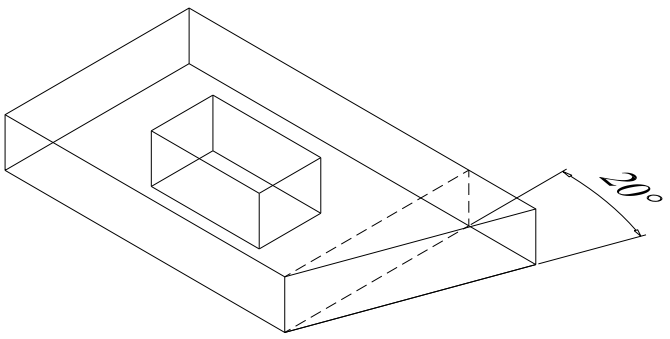
Specify the second point on the rotation axis: точка C на оси поворота

Specify a rotation angle or [Reference]: 20 угол поворота

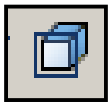
Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



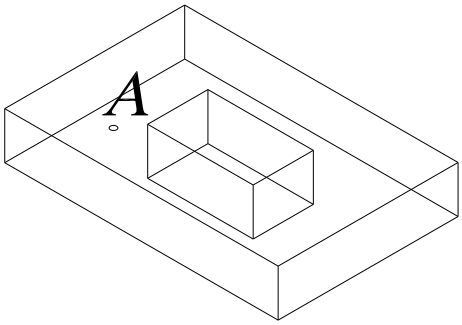


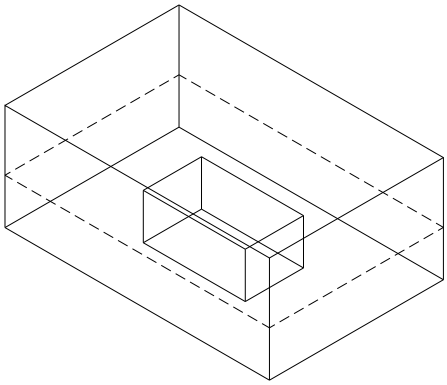
Сместить грань трехмерного тела *№ 129*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Offset faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _offset
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the offset distance: 20 величина смещения
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



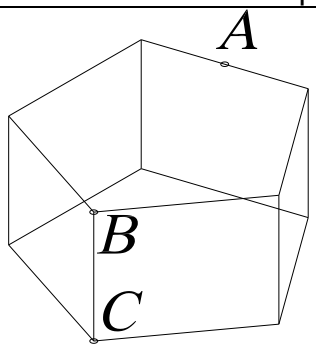


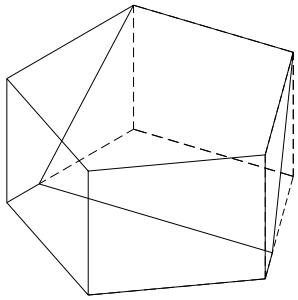
Наклонить грань трехмерного тела *№ 130*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Taper faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _taper
Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the base point: указать базовую точку B
Specify another point along the axis of tapering: указать точку C на оси
Specify the taper angle: 40 угол наклона грани
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

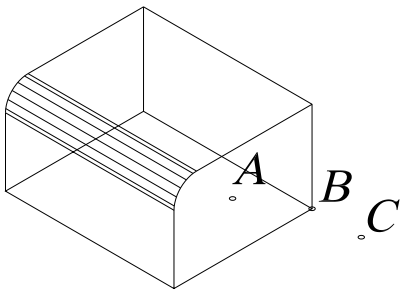


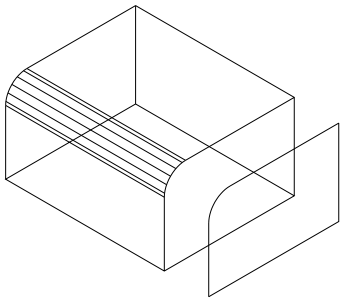


Скопировать грань трехмерного тела	*№ 131*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Copy faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _copy
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать базовую точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

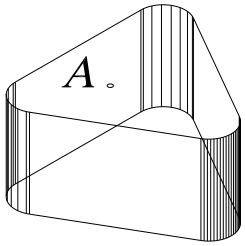


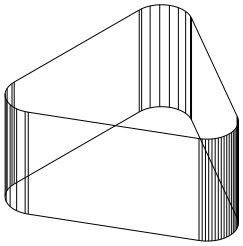


Изменить цвет грани трехмерного тела	*№ 132*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ CoLor faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _color
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





13.2. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ РЕБЕР ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Edge*** (Ребро), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:



- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания объектов, повторяющих конфигурацию ребер тела (дальнейшие действия аналогичны выполнению команды ***Copy*** в двумерном пространстве);



- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета ребер тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования ребер;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

13.3. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ОБЩИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Body*** (Тело), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Imprint*** (Вписать 0 – используется для построения линий пересечения тела с другими объектами (Yes (Да) – используется, если после построения линии пересечения объект, которому эта линия соответствует, должен быть удален; No (Нет) – используется, если удалять объект не надо);
- ***seParate solids*** (или ***P***) (Разделить) – используется для разделения на самостоятельные тела объектов, которые воспринимаются системой как единые тела, но физически ими на являются (например, тела, полученные в результате действия команды ***Subtract*** (Вычитание) или ***Union*** (Объединение);
- ***Shell*** (Оболочка) – используется для формирования твердотельной оболочки на основе указанного тела, то есть создает эквидистантные поверхности;
- ***cLean*** (или ***L***) (Очистить) – используется для удаления с поверхности тела, указанного пользователем, всех линий пересечения этого тела с другими объектами;
- ***Check*** (Проверить) – используется для перевода твердотельного объекта, указанного пользователем, в формат ***ACIS***, имеющий более широкие возможности по вычислению формы тел сложной конфигурации;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования свойств тела;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

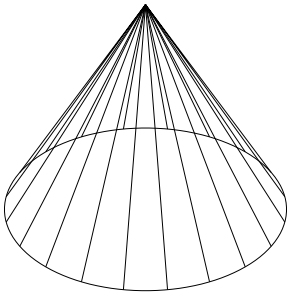
Выполнить упражнение № 133.

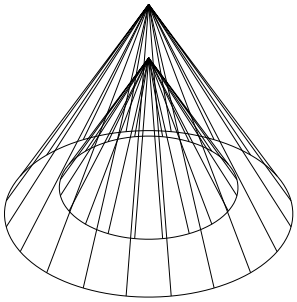
Создать оболочку трехмерного тела	*№ 133*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Shall***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _body
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: _shell
Select a 3D solid: указать тело (указать на теле произвольную точку)
Remove faces or [Undo/Add/ALL]: Enter
Enter the shell offset distance: 10 толщина оболочки
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: Esc





14. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Рассмотрим построение на примере создания трехмерной модели детали, чертеж которой представлен на рис. 166. Ниже описана лишь одна из возможных последовательностей моделирования данного изделия.

1. Создать новый рисунок с помощью команды ***NEW*** (НОВЫЙ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл) → ***New***…(Новый…), или щелчком по пиктограмме ***New*** (Новый) стандартной панели инструментов.

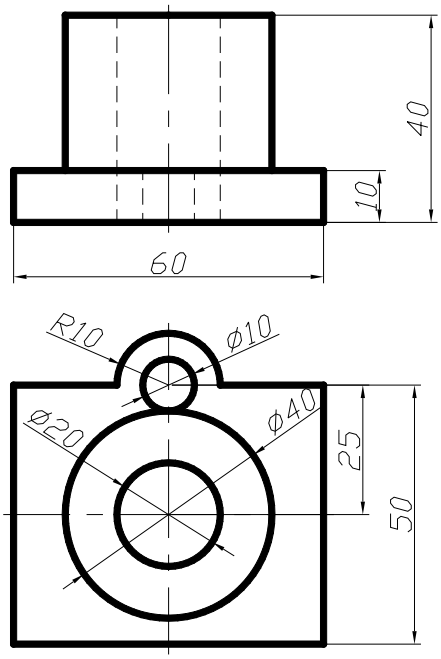


Рис. 166.

2. Для вызова мастера подготовки в диалоговом окне ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка) выбрать пиктограмму ***Use a Wizard*** (Вызов мастера). Далее в списке ***Select a Wizard:*** (Выберите Мастера:) выбрать ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка).

3. В диалоговом окне ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка) при определении области черчения ***Area*** (Площадь) установить размеры чертежа 210x297 (формат А4).

4. Щелчком мыши на кнопке ***GRID*** (Сетка) в строке состояния (или клавишей ***F7***) включить отображение сетки на графическом экране.

5. Отобразить всю область чертежа на экране командой ***Zoom*** (Показать), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Zoom*** (Показать) → ***All*** (Все), или щелчком по пиктограмме ***Zoom All*** (Показать все) стандартной панели инструментов.

6. Сохранить рисунок с помощью команды

QSAVE (БСОХРАНИТЬ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл)→***Save*** (Сохранить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Save*** (Сохранить) стандартной панели инструментов.

7. Установить значение системной переменной ***ISOLINES***, равное 10, что соответствует количеству образующих линий, отображаемых на кривых поверхностях.
8. Создать три видовых экрана с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны), см. упражнение № 90.
9. Установить направление взгляда в трех видовых экранах, см. упражнение 91. Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.
10. С помощью команд ***Pline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность) создать горизонтальную проекцию детали.
11. Используя команду ***Extrude*** (Выдавить), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела), «выдавить» полученную горизонтальную проекцию на соответствующие величины.
12. Выполнить логические преобразования. Объединить параллелепипед и внешний большой цилиндр с помощью команды ***Union*** (Объединение), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел). Затем из полученного тела вычесть внутренний большой и маленький цилиндры с помощью команды ***Subtract*** (Вычитание). Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).
13. Подавить невидимые линии командой ***HIDE*** (СКРЫТЬ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)→***Hide*** (Скрыть линии) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть линии) плавающей панели инструментов ***Render*** (Тонировать).
14. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
15. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа)→***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
16. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
17. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка)→***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).

Для получения блока, которым можно воспользоваться при создании любых чертежей в ***AutoCAD***, применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК). Она загружает окно ***White Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 167, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном рисунке.

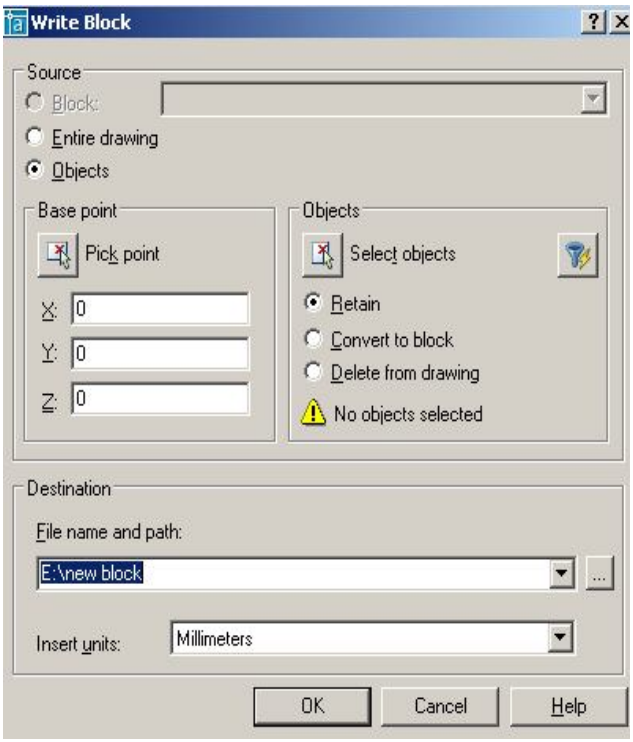


Рис. 167.

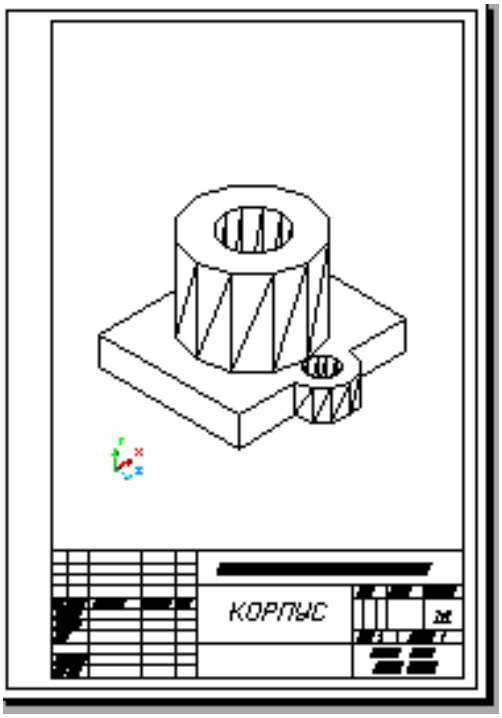


Рис. 168.

18. Создать на листе видовой экран с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***Single*** (1 Вид), а затем указать мышью на графическом экране первый угол видового экрана и второй угол видового экрана.

19. Установить изометрический вид, для чего нужно «войти» в пространство модели (щелкнув два раза клавишей внутри полученной рамки). Затем отредактировать вид, используя команду ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

20. Удалить рамку видового экрана, для этого необходимо выделить рамку, щелкнув клавишей на ней, и «заморозить» слой ***VPORTS*** (этот слой автоматически создается при работе с видовыми окнами).

21. В пространстве листа заполнить основную надпись. Для выхода в пространство листа нужно щелкнуть два раза клавишей за пределами видового окна. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 168.

15. ПЕРЕКРЫВАЮЩИЕСЯ ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ. СОЗДАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ



Команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) автоматизирует процесс создания *перекрывающихся видовых экранов* и ортогональных проекций – проекций на взаимно перпендикулярные плоскости. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***UCS*** (ПСК – пользовательская система координат) – создает вид, параллельный плоскости ***XY*** пользовательской системы координат, которую требуется указать в последующем запросе.

- ***Ortho*** (Ортогональный) – создает вид, перпендикулярный существующему виду, то есть создает ортогональные проекции;
- ***Auxiliary*** (Вспомогательный) – создает дополнительный наклонный вид относительно существующего вида, то есть получаемый на плоскости, непараллельный основным плоскостям проекций;
- ***Section*** (Сечение) – служит для формирования разрезов.

Для каждого создаваемого командой ***SOLVIEW*** (Настройка вида) видового экрана автоматически создается несколько новых слоев. Эти слои имеют имя, совпадающее с именем видового экрана, к которому добавляются расширения, состоящие из трех букв:

- ***DIM*** – слой для размеров;
- ***HAT*** – слой штриховки (только при построении разрезов);
- ***HID*** – слой невидимых линий;
- ***VIS*** – слой видимых линий.

Эти слои можно использовать только для работы с видами, созданными системой ***AutoCAD***. Помимо указанных слоев команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) создает слой VPORTS, на котором размещается общая информация о всех видовых экранах, созданных командой, например, рамки, ограничивающие видовые экраны (если этот слой заморозить, то рамки станут невидимыми).

Замечания:

- Задачи моделирования, такие, как создание и редактирование геометрических объектов, обычно выполняются на вкладке графического поля экрана ***Model*** (Модель). Задачи оформления чертежа, такие, как создание и размещение проекций, проведение осей симметрии, нанесение условных обозначений, выполняются на вкладке графического поля экрана ***Layout*** (Лист). Размеры обычно проставляются на вкладке ***Model*** (Модель).
- На вкладке ***Layout*** (Лист) можно работать как в пространстве модели, так и в пространстве листа. Для того чтобы сделать текущим пространство модели, необходимо поместить курсор мыши в нужный видовой экран и дважды щелкнуть левой клавишей. Для перехода в пространство листа надо переместить указатель за границы видовых экранов и дважды щелкнуть левой клавишей мыши. Можно также переключаться из пространства модели в пространство листа при помощи кнопки в строке состояния.

После созданных плавающих видовых экранов выполняется команда ***SOLDRAW*** (Настройка рисования), которая формирует плоские изображения видов и разрезов в плавающих видовых экранах. При этом строятся видимые и невидимые линии, создающие очерки и ребра тела, а в разрезах выполняется штриховка по установленному шаблону. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку. В ответ на последовательность запросов ***Select object:*** следует указать рамки всех видовых экранов.



ПРИМЕР. Построить твердотельную модель и создать на основании построенной твердотельной модели детали (рис. 166) следующие проекции: фронтальный вид, горизонтальный и профильный разрез.

Создается твердотельная модель (описание построения см. в предыдущем параграфе). Затем используют следующий алгоритм.

1. Установить пользовательскую систему координат (ПСК) параллельно главному виду детали. Для этого необходимо воспользоваться командой ***UCS*** (ПСК), вызвав её из падающего меню ***Tools*** (Сервис) → ***New UCS*** (Новая ПСК) → ***3 Point*** (3 Точки) или из стандартной панели инструментов ***UCS*** (ПСК).

2. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
3. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа) → ***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
4. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
5. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка) → ***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).
6. Создать на чертеже видовые экраны со следующими видами: видом спереди, видом сверху и профильным разрезом, используя команду ***SOLVIEW*** (Настройка вида), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

1) *Получение главного вида – фронтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: U
Enter an option [Named/World/?/Current] <Current>: Enter
Enter view scale <1>: указать масштаб
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Front – ввести имя формируемого вида

2) *Получение вида сверху – горизонтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: O ортогональный режим
Specify side of viewport to project: указать верхнюю границу видового экрана главного вида
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Top – ввести имя формируемого вида

3) *Получение профильного разреза:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: S – сечение
Specify first point of cutting plane: _cen – указать на горизонтальной проекции первую точку режущей плоскости при помощи объектной привязки – центр окружности
Specify second point of cutting plane: @0,0,60 – указать на главном виде вторую точку режущей плоскости при помощи относительных координат
Specify side to view from: указать на виде сверху сторону, которая остается на изображении.
Enter view scale <1>: Enter
Specify view center: указать центр вида
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Section – ввести имя формируемого вида
Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: Enter – завершить работу.

В результате получается изображение, представленное на рис. 169.

7. Выполняют команду ***SOLDRAW*** (Настройка рисования) для формирования в каждом видовом экране плоских изображений. При этом на разрез наносится штриховка (по образцу ***Angle***); все невидимые линии в каждом видовом экране помещаются на слои с суффиксом ***HID*** (<имя>-***HID***), а видимые – на слои с суффиксом ***VIS***. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку.

1. Меняют шаблон штриховки. Для этого переходят в пространство модели, выделяют видовой экран «разрез», затем щелчком левой клавиши мыши выделяют штриховку и вызывают контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. В контекстном меню выбирают команду ***HATCHEDIT*** (Редактирование штриховки) и в раскрывшемся диалоговом окне выбирают шаблон штриховки ***ANSI31***.
2. Удаляют невидимые линии на всех проекциях, кроме вида спереди. Для этого «замораживают» соответствующие слои.
3. В пространстве листа наносят оси симметрии.
4. Удаляют рамки видовых экранов, для чего «замораживают» слой ***VPORTS***.
5. На слоях ***VIS*** устанавливают толщину 0,3 мм.
6. В пространстве модели «размораживают и устанавливают текущим слой видового экрана, содержащего вид спереди, с суффиксом DIM, и проставляют необходимые размеры.
7. В пространстве листа заполняют основную надпись. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 170.

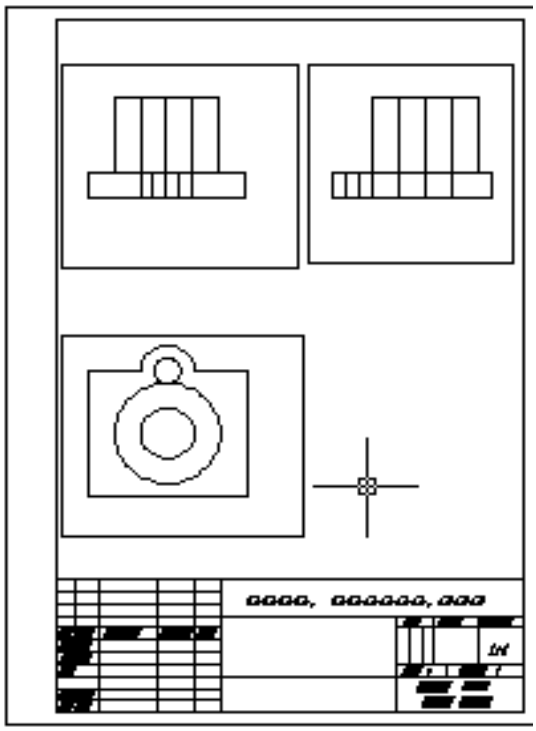


Рис. 169.

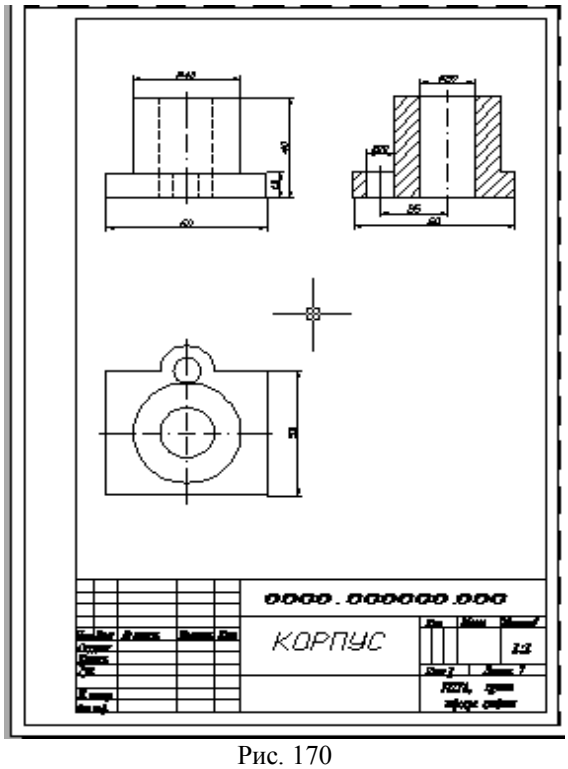


Рис. 170

16. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В процессе создания трёхмерной модели какого-либо изделия пользователь имеет дело с *каркасным* представлением модели. Все грани моделируемого объекта прозрачны, а потому на экране отображаются как видимые, так и невидимые ребра и изолинии криволинейных поверхностей. Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя разнообразные средства, позволяющие получить изображение трёхмерного объекта, близкое к ре-

альному. По степени сложности выполняемого преобразования и соответственно по качеству результата получаемые с помощью этих средств представления объекта на экране можно разделить на три группы:

- изображения со *скрытием невидимых линий и поверхностей* (***HIDE***);
- раскрашенные изображения *с нанесением теней* (***SHADE***);
- тонированные изображения с учетом характеристик материала, из которого «создан» объект, характеристик источников освещения и их расположения (***RENDER***).

16.1. УДАЛЕНИЕ НЕВИДИМЫХ ЛИНИЙ



Сложные трёхмерные объекты часто оказываются перегруженными множеством линий, что затрудняет чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) позволяет подавить скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Hide*** (Скрыть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть) плавающей панели инструментов ***RENDER*** (ТОНИРОВАТЬ).

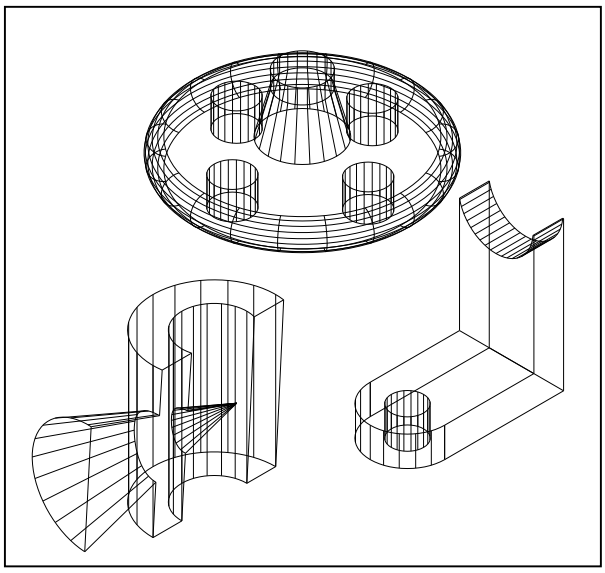
Выполнить упражнение № 134.

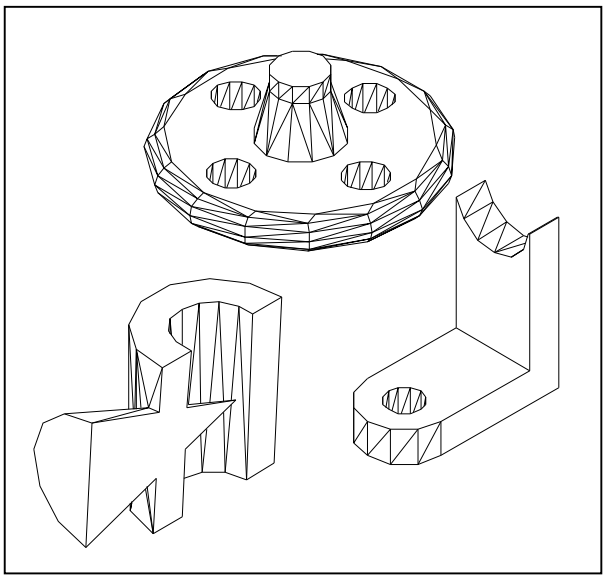
Удалить невидимые линии ***№ 134***



HIDE

Падающее меню ***VIEW → HIDE***





16.2. РАСКРАШИВАНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Раскрашивание – это упрощённая версия тонирования в ***AutoCAD***. Раскрашивание используется, когда необходимо быстро получить наглядное представление модели, особенно включающей пространственные объекты с поверхностями. При этом предусматривается наличие одного источника света, который автоматически размещается позади камеры. Для выполнения раскрашивания выберите в меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Shade*** (Раскрашивание) или введите в командную строку команду ***SHADEMODE***. Ниже перечислены опции этой команды.

- ***2D wireframe*** (2М каркас). Отображение объектов в привычной каркасной модели без всякого раскрашивания;
- ***3D wireframe*** (3М каркас). Отображение объектов в виде каркасной модели, но вместе с трёхмерной пиктограммой ПСК;
- ***Hidden*** (Срыть). Эквивалентна выполнению команды **HIDE**;
- ***Flat Shaded*** (Без тени).Формирование «плоской» без полутонов заливки областей, ограниченных контурами граней. При этом не учитывается ориентация граней, а соответственно и изменение вследствие этого их освещённости;
- ***Gouraud shaded*** (Гуро). Формирование сглаженного полутонового перехода между поразному ориентированными гранями. В результате создаётся реалистичное представление объекта, подчёркивающее его криволинейную пространственную форму;
- ***Flat Shaded, Edges On*** (Без тени с кромками). Комбинация плоской заливки с каркасным представлением ребер. Именно этот вариант рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов;
- ***Gouraud shaded, Edges On*** (Гуро с кромками). Комбинация раскрашивания по методу Гуро с выводом каркасного представления рёбер. Этот вариант также рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов.

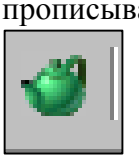
16.3. ТОНИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Панель инструментов RENDER (Тонировать) (рис.171).



Рис. 171.

Плавность тонированных тел с криволинейными поверхностями регулирует системная переменная ***FACETRES***. Она связана с точностью аппроксимации, заданной в команде ***VIEWRES*** (НАСТРВИД). Если значение системной переменной ***FACETRES*** равно 1, степень аппроксимации криволинейных поверхностей тел равна степени аппроксимации окружностей, дуг и эллипсов. Если этой переменной присвоить значение 2, точность аппроксимации для тел будет вдвое выше, чем для окружностей, дуг и эллипсов и т. д. Значение ***FACETRES*** по умолчанию равно 0.5. Диапазон допустимых значений – от 0.01 до 10. Для изменения значения ***FACETRES*** в командной строке прописывается слово ***FACETRES***↵ / прописывается числовое значение от 0.01 до 10.



Диалоговое окно ***RENDER*** (Тонировать) загружается командой ***RENDER*** (Тонировать), которая вызывается из падающего меню Падающее меню ***View*** (Вид)⇒ ***Render…*** (Тонировать…) ⇒ ***Render*** (Тонировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов.

Вывод тонированного изображения определяется в области ***Destination*** (Место назначения), для чего нужно выбрать одно из трёх значений раскрывающегося списка:

- ***Viewport*** (Видовой экран) – вывод изображения в видовой экран;
- ***Render Window*** (Окно) – отдельное окно ***Render***;
- ***File*** (Файл) – в файл.

Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя три вида тонирования:

- ***Render*** (Упрощенное) - тонирование без добавления источников света, присвоения материалов и определения сцен. Данный режим предоставляет наименьшие возможности на-

стройки и моделирования различных эффектов визуализации, но позволяет быстрее всего получить результаты;

- ***Photo Real*** (Фотореалистичное) – более реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также моделировать различные эффекты при отображении теней;
- ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) – ещё более реалистичное тонирование, основанное на алгоритме обратной трассировки световых лучей для регенерации отражения, преломления и точного определения освещённости.

Загрузка системы тонирования происходит автоматически при первом запуске команды тонирования: ***RENDER*** (Тонировать), ***SCENE*** (СЦЕНА), ***LIGHT*** (СВЕТ), ***RMAT*** (МАТЕРИАЛ), ***MATLIB*** (Библиотека Материалов), ***BACKGROUND*** (ФОН) и др.

Выполнить упражнение № 135.

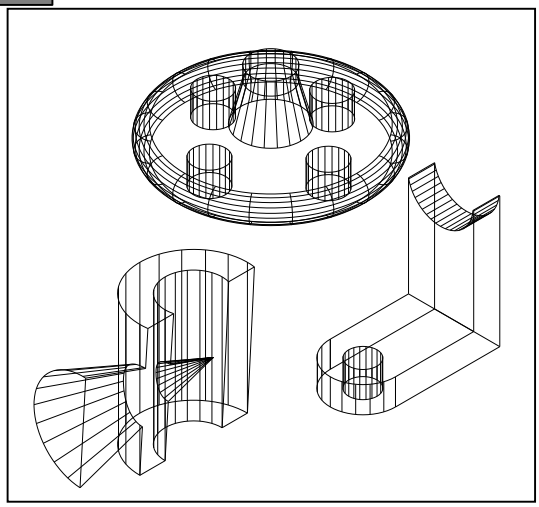
Тонировать объекты ***№ 135***

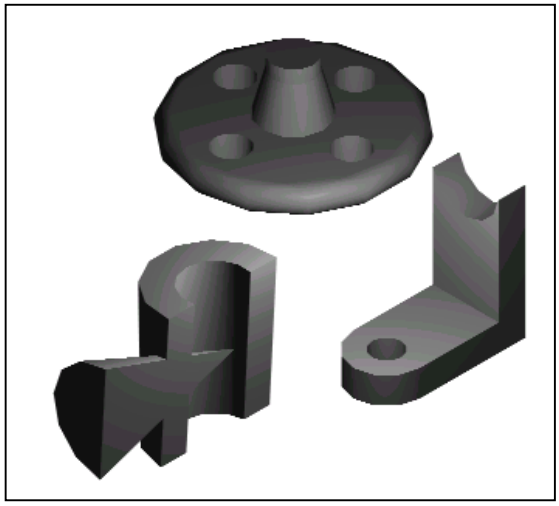


RENDER

Падающее меню ***VIEW → RENDER → RENDER***

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.4. ВКЛЮЧЕНИЕ ФОНА В ИЗОБРАЖЕНИЕ СЦЕНЫ

В ***AutoCAD*** имеется несколько функций для добавления фона в создаваемую сцену. В качестве фона можно выбрать изображение неба, добавить элементы ландшафта и др., вызываемой командой ***BACKGROUND*** (ФОН).



Команда ***BACKGROUND*** (ФОН) загружается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render…***(Тонировать…)⇒***Background*** (Фон) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. Существуют четыре типа фона, которые выбираются соответствующими переключениями:

- ***Solid*** (Сплошной) – сплошной одноцветный фон, выбранный из палитры цветов;
- ***Gradient*** (Переход). Фон содержит до трёх цветов, плавно переходящих друг в друга;
- ***Image*** (Изображение) – фон в виде растровой картинки. Эту картинку можно изменять по размеру и положению, а также можно размножить по прямоугольной сетке, заполняя весь фон;
- ***Merge*** (Слияние). Позволяет использовать в качестве фона текущее изображение на экране ***AutoCAD***. Это имеет смысл в том случае, когда тонирование выполняется только по отношению к части экрана. В результате формируется совмещённое изображение тонированного объекта и нетонированного фона.

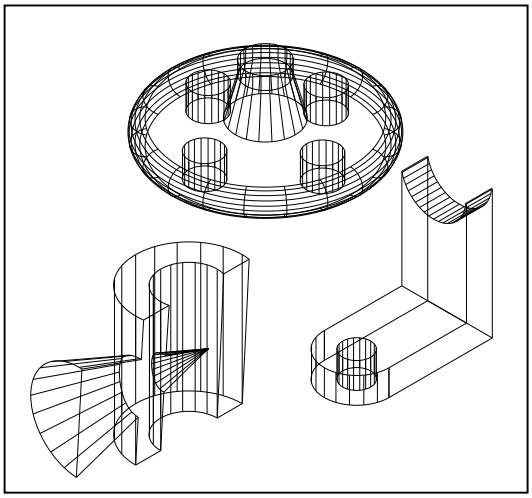
Выполнить упражнение № 136.

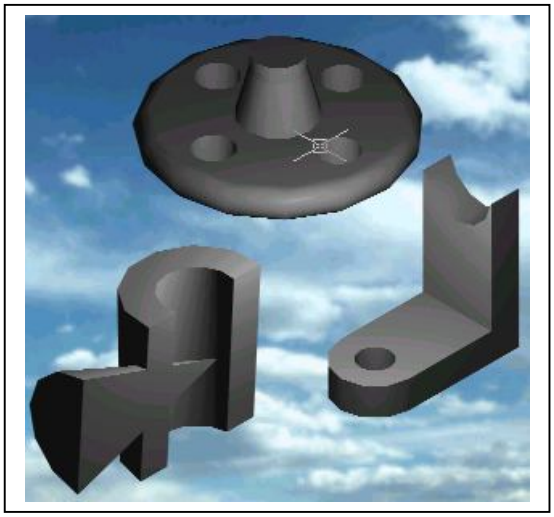
Тонировать объекты с установкой тона ***№ 136***



BACKGROUND

Падающее меню ***VIEW → RENDER → BACKGROUND***
В диалоговом окне BACKGROUND установить режим Image.
В области Image в поле Name ввести имя файла sky.tga
или найти другой файл, нажав кнопку Find File (Найти файл)
В диалоговом окне Render нажать кнопку Render

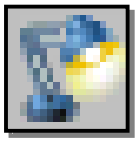




16.5. НАСТРОЙКА ОСВЕЩЕНИЯ

При настройке процесса тонирования по умолчанию ***AutoCAD*** использует один источник света позади камеры. Однако это редко бывает достаточно. В ***AutoCAD*** имеется четыре вида источника света: рассеянный свет (***Ambient light***) и направленные источники света трёх типов:

- ***Point light*** (Точечный источник) – это аналог обычной электрической лампочки. Свет проходит из определённой точки в пространстве модели и распространяется по всем направлениям. Точечный свет рассеивается, то есть его интенсивность уменьшается по мере удаления от источника;
- ***Distance light*** (Удалённый источник) – соответствует солнечному освещению. Источник расположен очень далеко, поэтому световой поток предполагается параллельным, и не учитывается спад интенсивности;
- ***Spotlight*** (Прожектор) – отличается от точечного источника света тем, что создаёт направленный световой поток. Поэтому для прожектора указывается не только его расположение, но и положение целевой точки – два набора координат вместо одного. Кроме того, прожектор имеет более яркий центр вместо одного.



Формирование новых и модификация уже созданных источников света осуществляются командой ***LIGHT*** (СВЕТ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Light*** (Свет) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Lights*** (Источники света) (рис. 172).

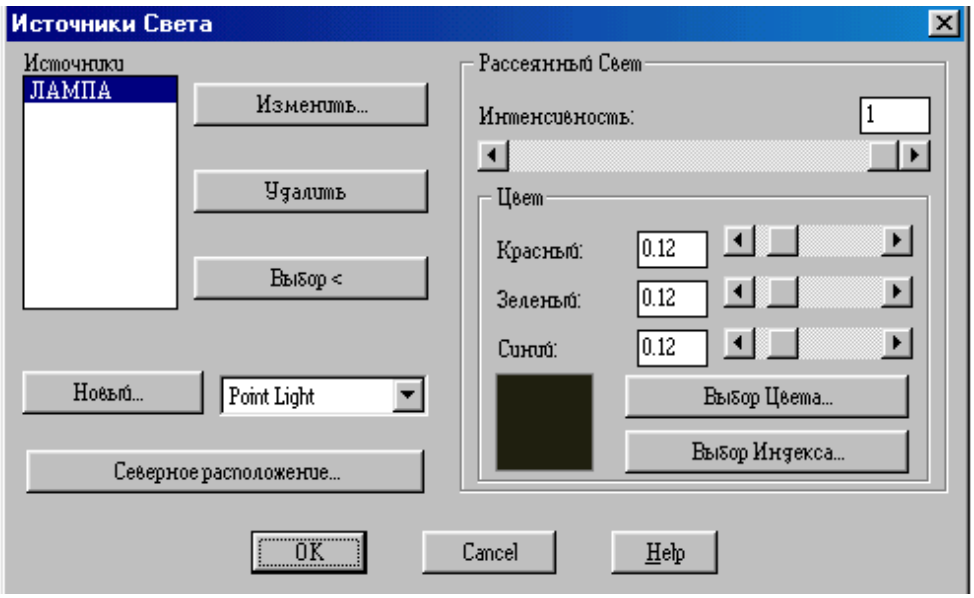


Рис. 172.

Выполнить упражнение № 137.

Создание точечного источника света ***№ 137***



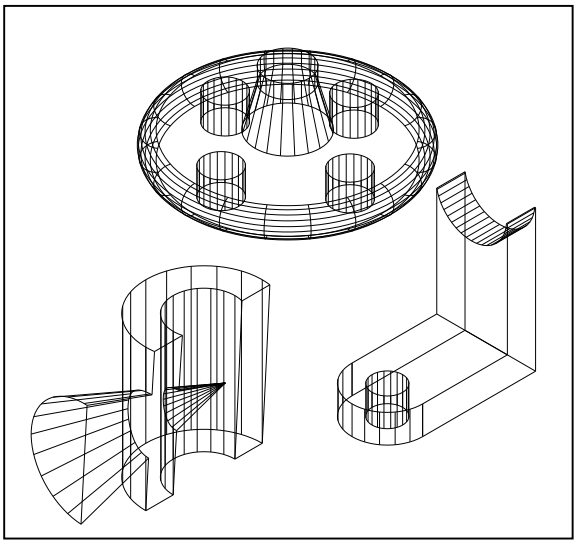
LIGHT Падающее меню ***VIEW → RENDER → LIGHT***

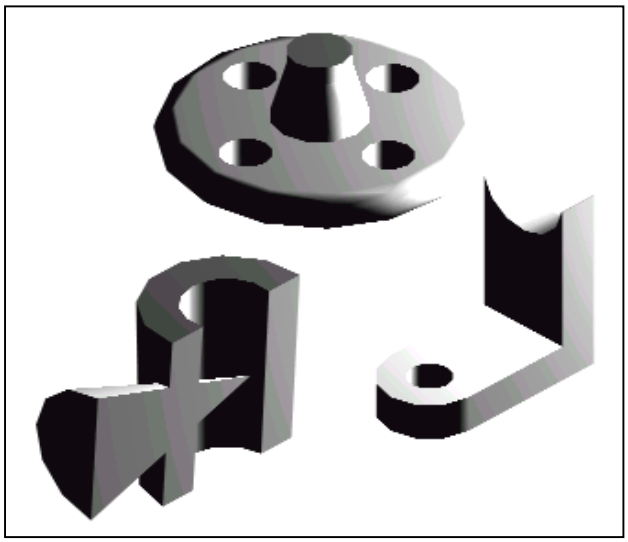
В диалоговом окне Lights (Источники света) выбрать Point Light и нажать кнопку New (Новый).

В поле Name диалогового окна New Point Light ввести имя источника света (можно создать несколько источников) и нажать кнопку Показать/Изменить, ОК (на экране появятся точечные объекты, показывающие нахождение созданных источников света).

Курсором мыши можно изменить местонахождение источников света, ОК

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.6. ТЕНИ

Свет от источников позволяет создавать тень только в режимах визуализации ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) и отключается при тонировании флажком-выключателем ***Shadows*** (С тенями). В режиме ***Render*** (Упрощенное) свет проходит сквозь поверхности, не создавая теней.

Тени бывают трёх типов: объёмные, карты теней и тени трассировки луча. Настройка типа тени осуществляется в диалоговом окне источника света любого типа, например, в диалоговом окне ***New Point Light*** (Новый точечный источник света). Для этого необходимо в области ***Shadows:*** (Тени:) установить флажок ***Shadows On*** (Включить) и щелкнуть по кнопке ***Shadows Options…***(Параметры теней…). В раскрывшемся окне ***Shadows Options…***(Параметры теней…) включенный флажок ***Shadows Volumes/Raytrace*** (Объёмные тени/Тени трассировки луча) устанавливает тени для режима ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и режима ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча).

16.7. РАБОТА С МАТЕРИАЛАМИ

В ***AutoCAD*** под материалами понимаются оптические свойства отдельного объекта модели – цвет, шероховатость, текстура поверхности, способность к поглощению и отражению света.



Команда **RMAT** (Материал) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Materials…***(Материал…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Materials*** (Материалы) (рис. 173).

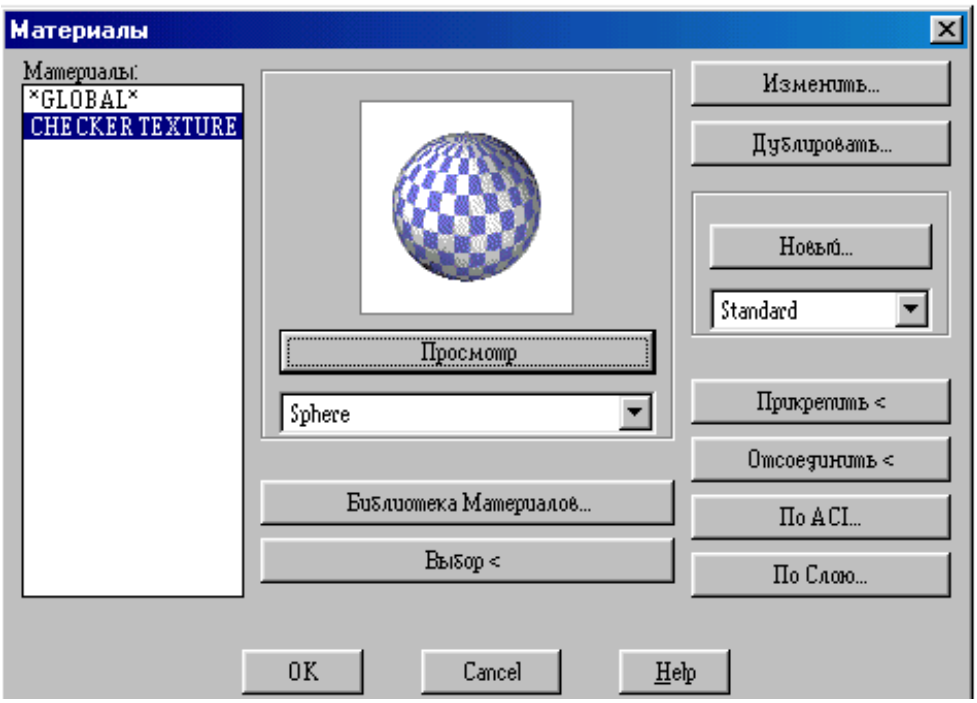


Рис. 173.

Выполнить упражнение № 138.

Тонировать объекты с установкой материала ***№ 138***



RMAT Падающее меню ***VIEW → RENDER → MATERIALS***

В диалоговом окне MATERIALS (Материалы) выбрать кнопку Materials Library (Библиотека материалов).

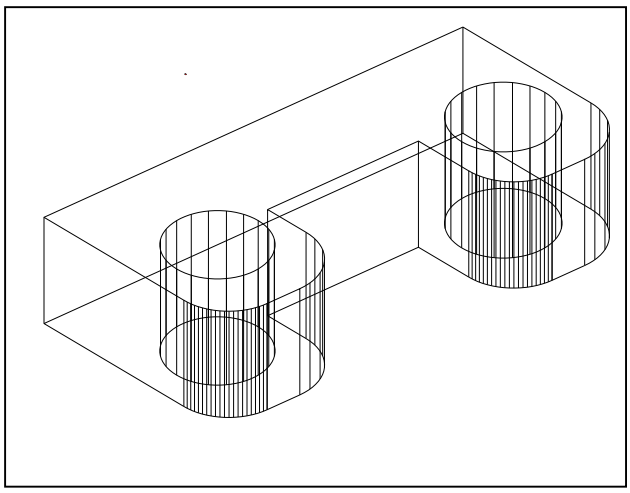
В диалоговом окне Materials Library (Библиотека материалов) в области Current Library (Текущая библиотека) подобрать материал:CHECER TEXTURE, просматривая его в окне Preview.

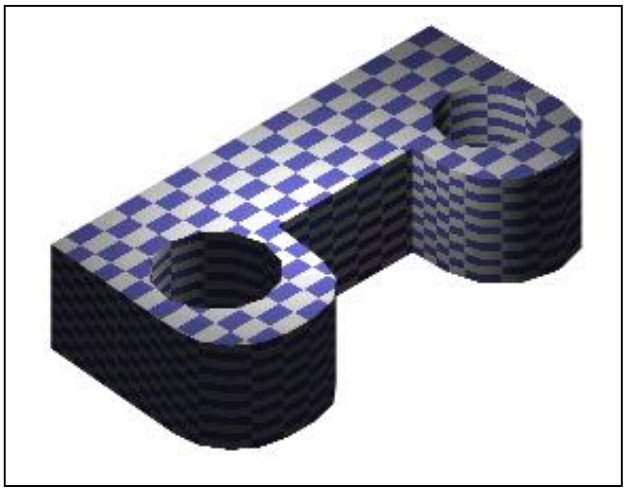
Импортировать материал в область Current Drawing (Текущий рисунок), нажав кнопку <-Import.

В диалоговом окне MATERIALS выбрать кнопку Attach< (Присвоить).

Выбрать объект.

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить твердотельную модель заданной детали (прил. 5).

2. Построить твердотельную модель заданной детали, согласно своему варианту (прил. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерная графика – дисциплина, обучающая методам изображения предметов и общим правилам черчения с применением компьютерных технологий.

Скорость, точность и легкость, с которыми создаются модели проектируемых изделий, широкие возможности их преобразования и редактирования, различные способы получения плоских изображений этих изделий (видов, разрезов, сечений), ассоциативно связанных с моделями, - все это обеспечивает огромную экономию времени по сравнению с «ручным» черчением. Но при этом не следует забывать о законах формирования геометрических моделей, теория которых излагается в начертательной геометрии.

Многообразие систем информационных технологий требует от специалиста умения применять свои знания при решении конкретной задачи, компонентами которых являются: умение осознать, формулировать и творчески решать задачи; умение ориентироваться в многообразии программных продуктов, существующих на сегодняшний день; чётко представлять возможности и характеристики того или иного пакета прикладных программ; умение выбрать наиболее оптимальный путь из предложенных для решения конкретной задачи; умение быстро перестраиваться при смене программного обеспечения.

Как показывает анализ действий специалистов на предприятиях различного профиля, можно быть прекрасным программистом, владеющим средствами вычислительной техники и совершенно не представляющим, как формируется модель изделия. И наоборот, можно быть специалистом в своей предметной области и не учитывать специфических особенностей использования вычислительной техники и программных средств.

Однако геометрическая теория моделирования позволяет объединить знания для раскрытия возможностей применения определённых алгоритмов и взаимодействия их с различными пакетами прикладных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы сечения. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

Романычева Э. Т., Соколова Т. Ю. Компьютерная технология инженерной графики в среде AutoCAD 2000: Учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2001. 656 с.

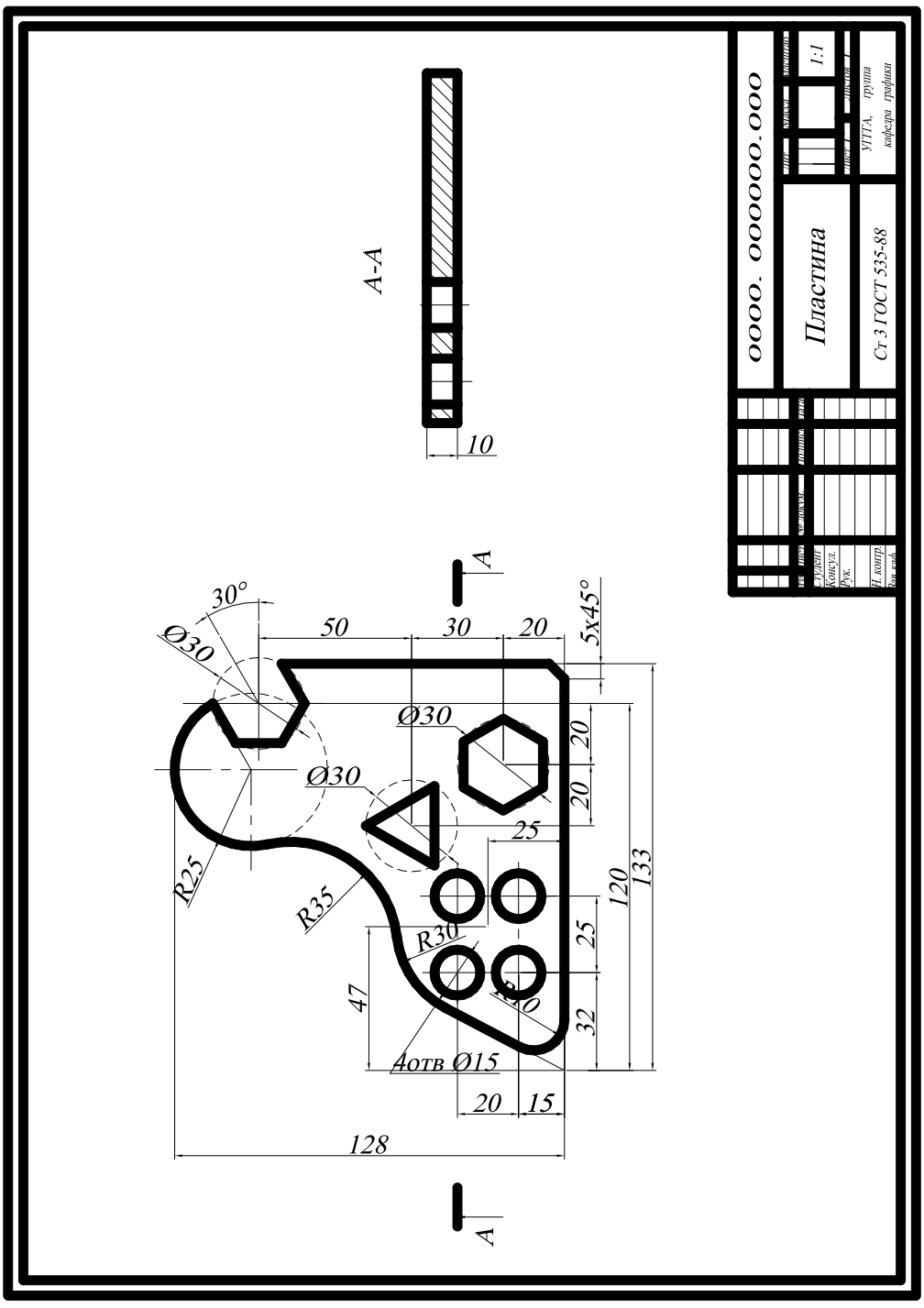
Шангина Е.И. Инженерная графика. Теория и приложения: Учебно-методическое пособие (допущено УМО РФ в области горного дела). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 256 с., ил.

Федоренков А. П., Басов К. А., Кимаев А. М. AutoCAD 2000: Практический курс. М.: Издательство «ДЕСС», 2000. 528 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

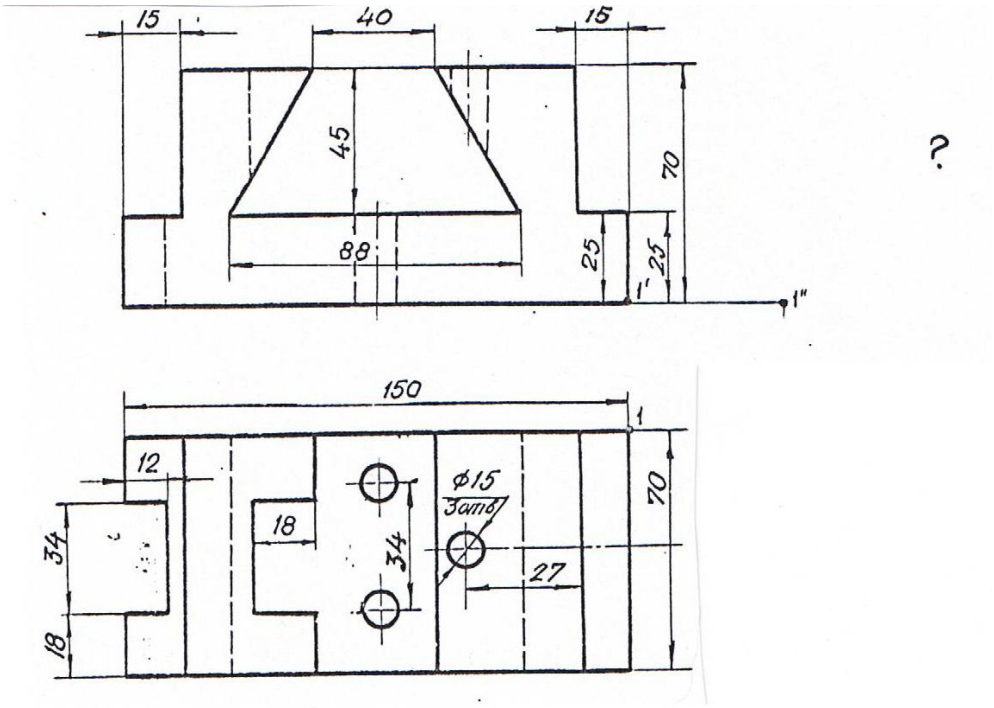
Приложение 1

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

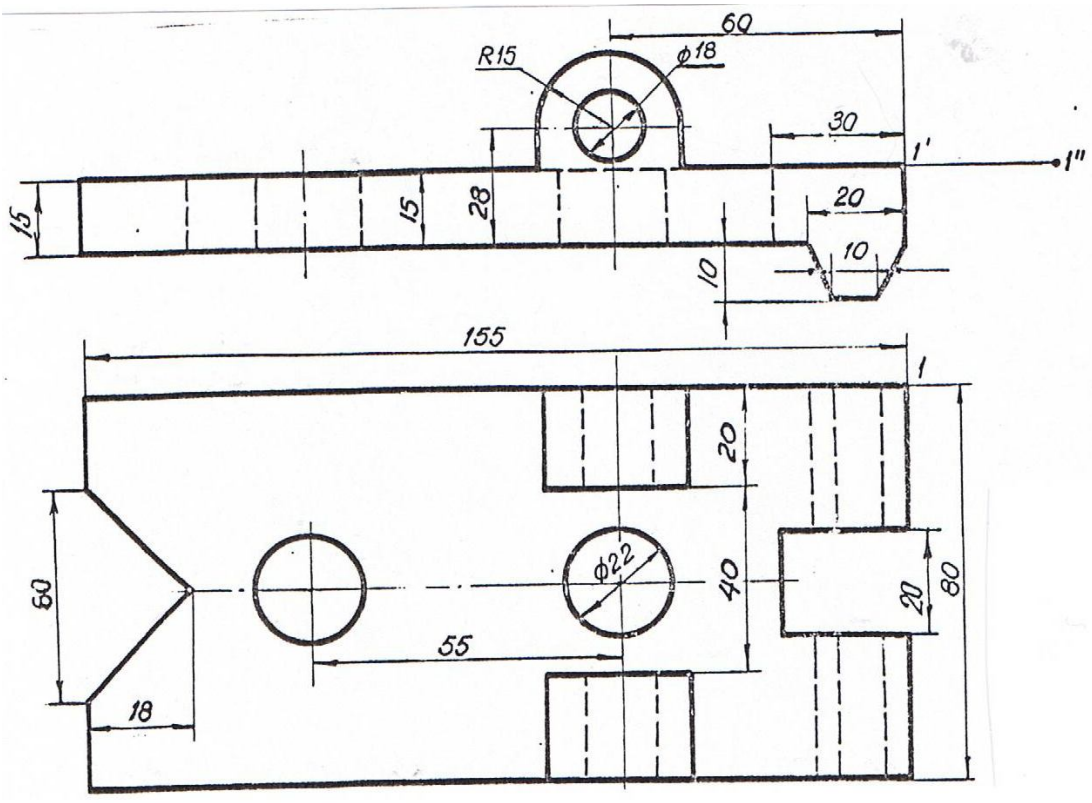


Приложение 2

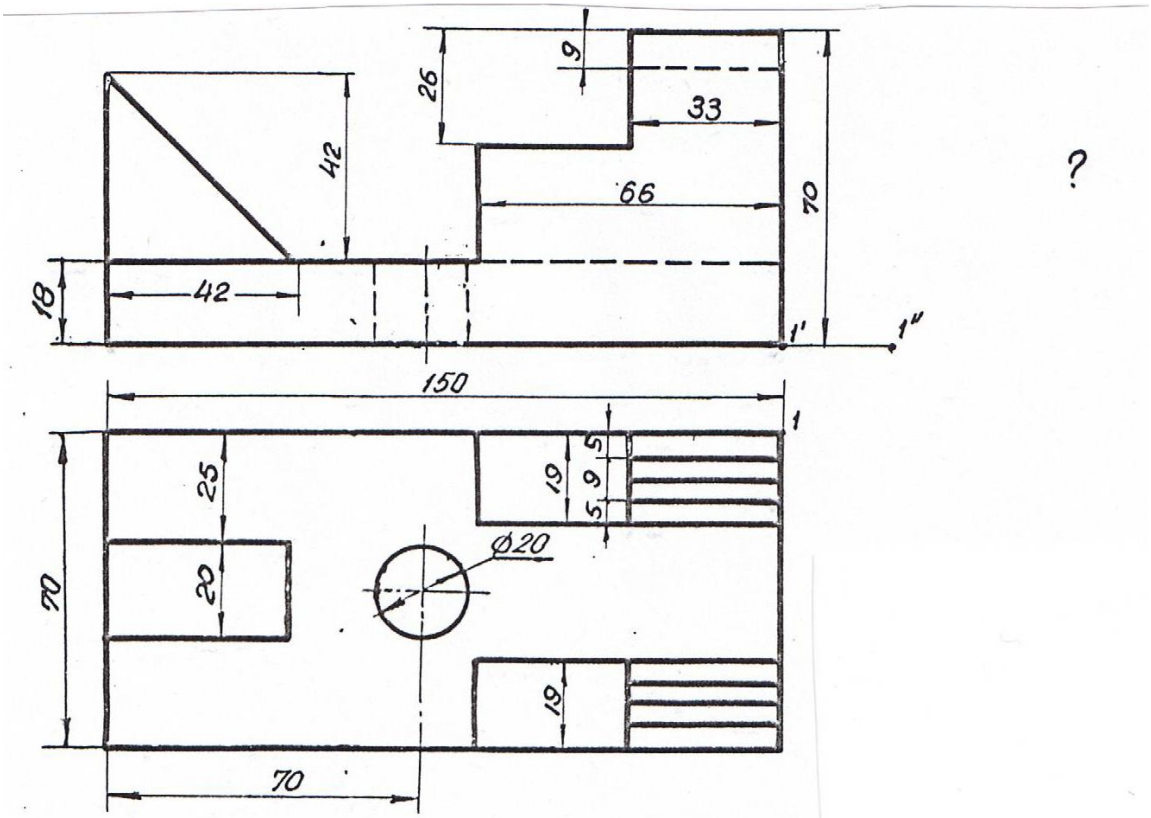
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1



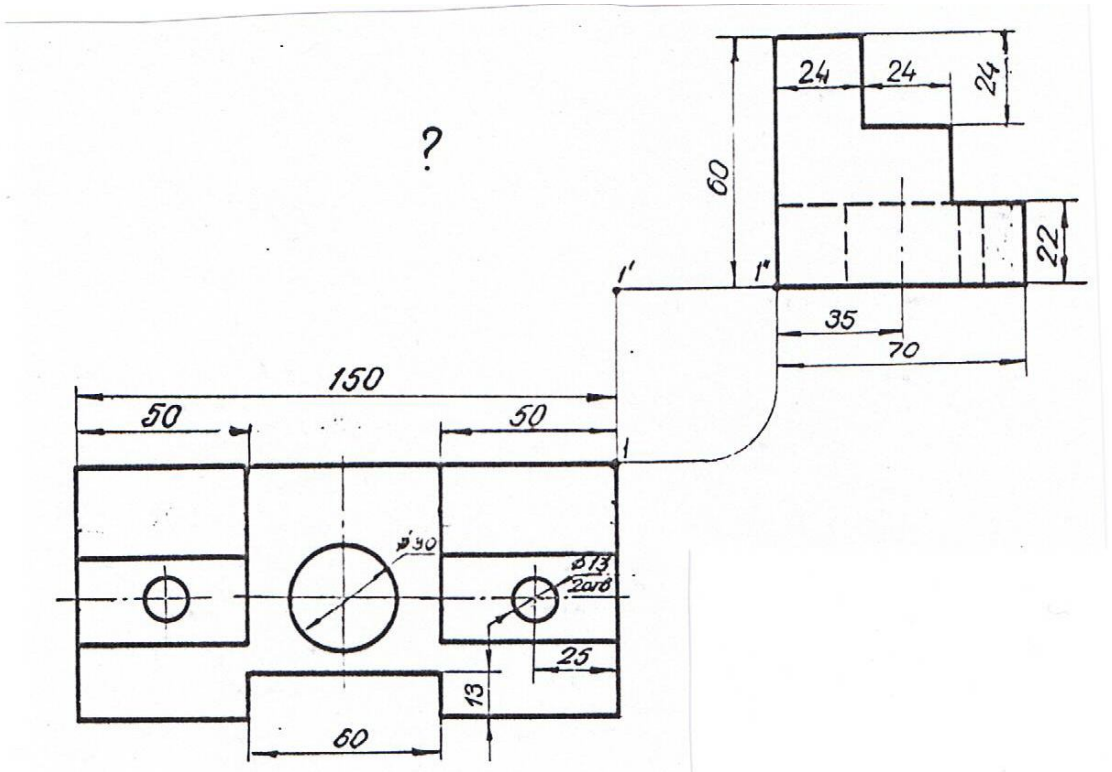
Вариант 1. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и половину профильного разреза.



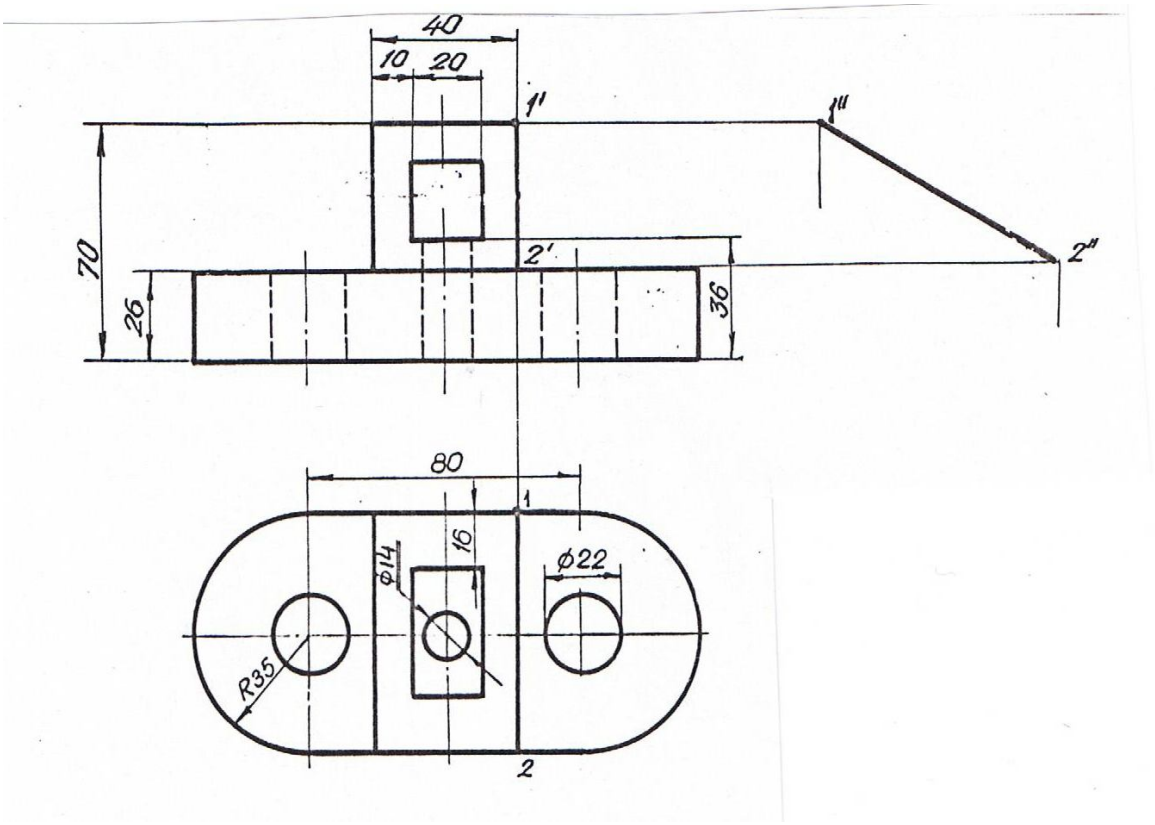
Вариант 2. Вычертить накладку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



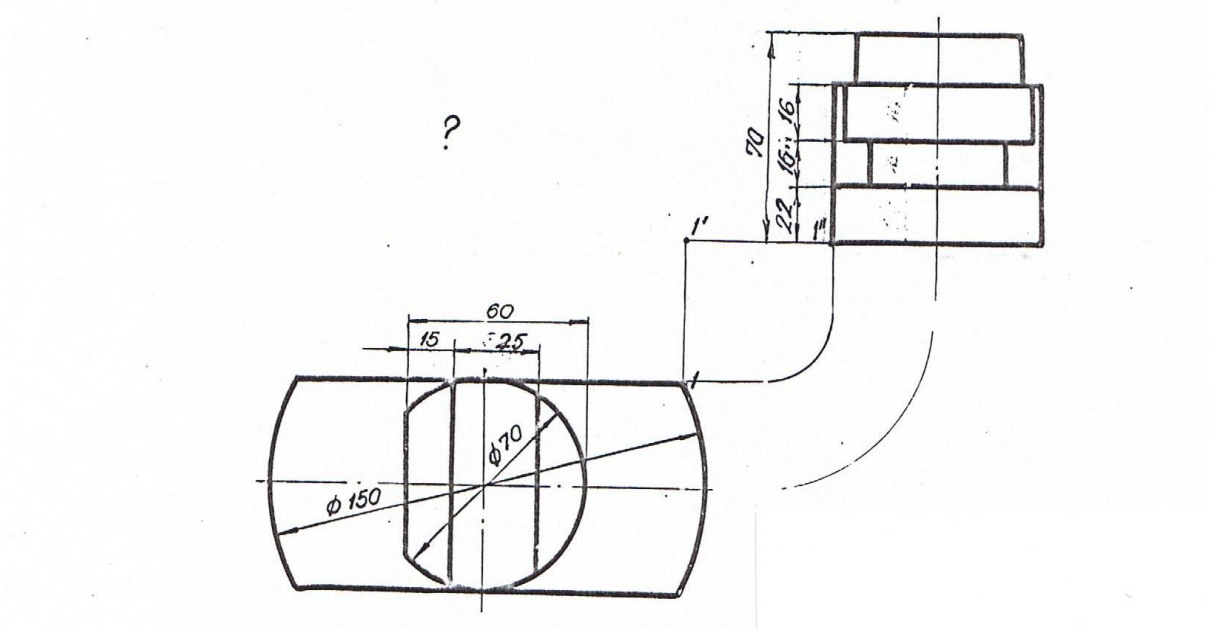
Вариант 3. Вычертить ограничитель в масштабе 1:1 и достроить вид слева. Выполнить половину профильного разреза



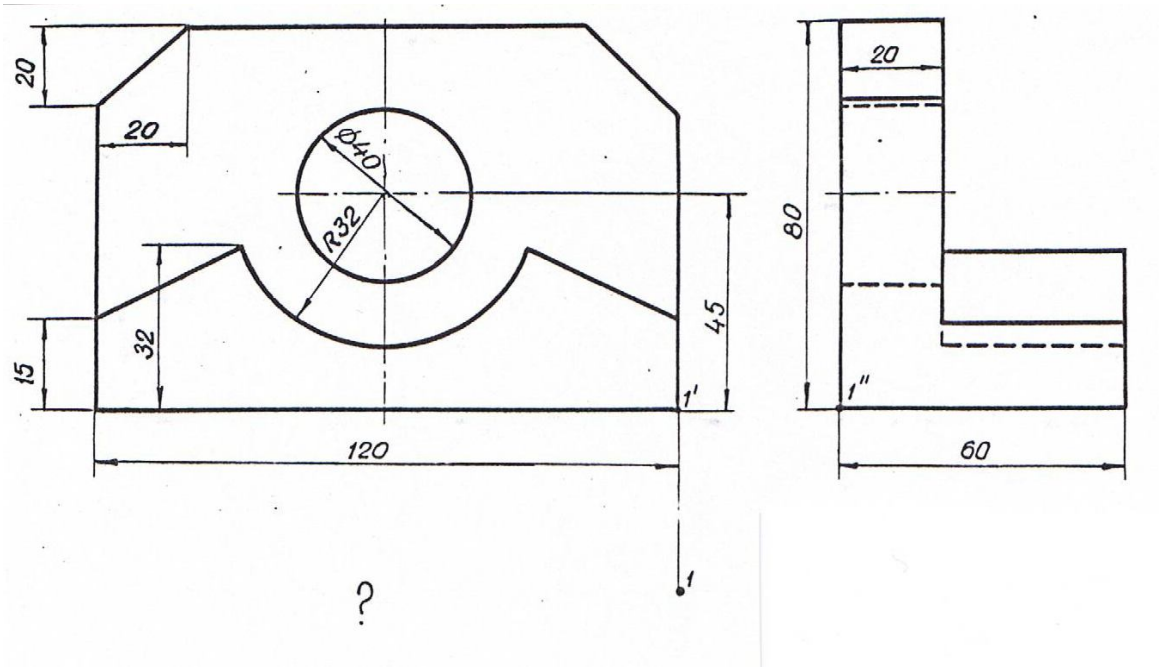
Вариант 4. Вычертить подкладку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и профильный разрезы.



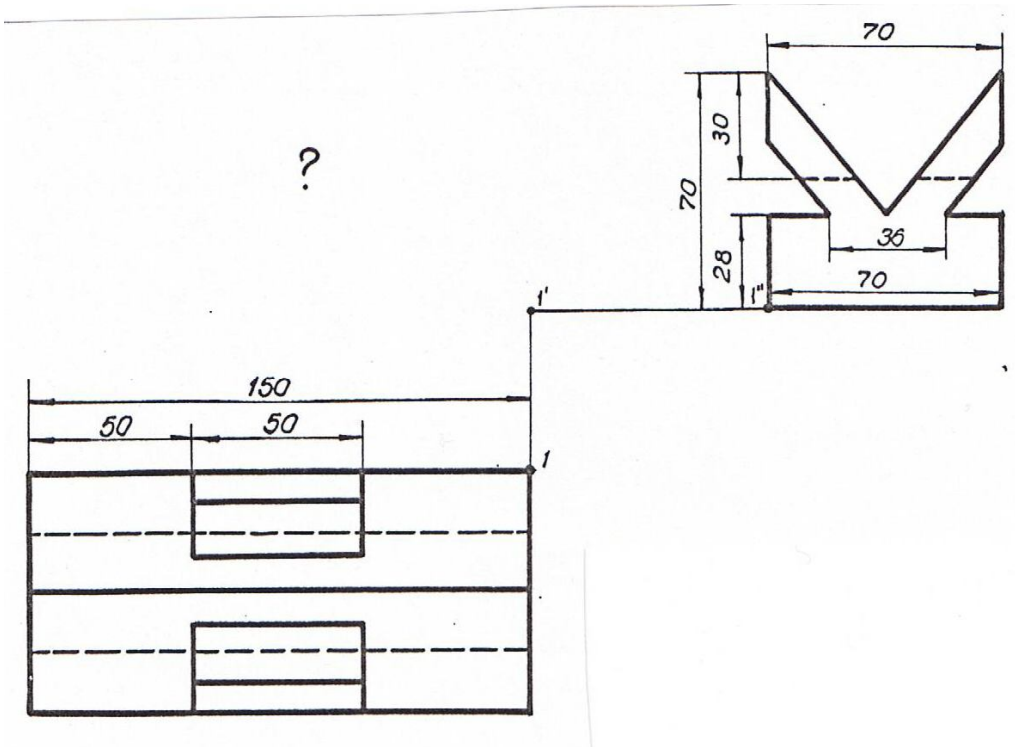
Вариант 5. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



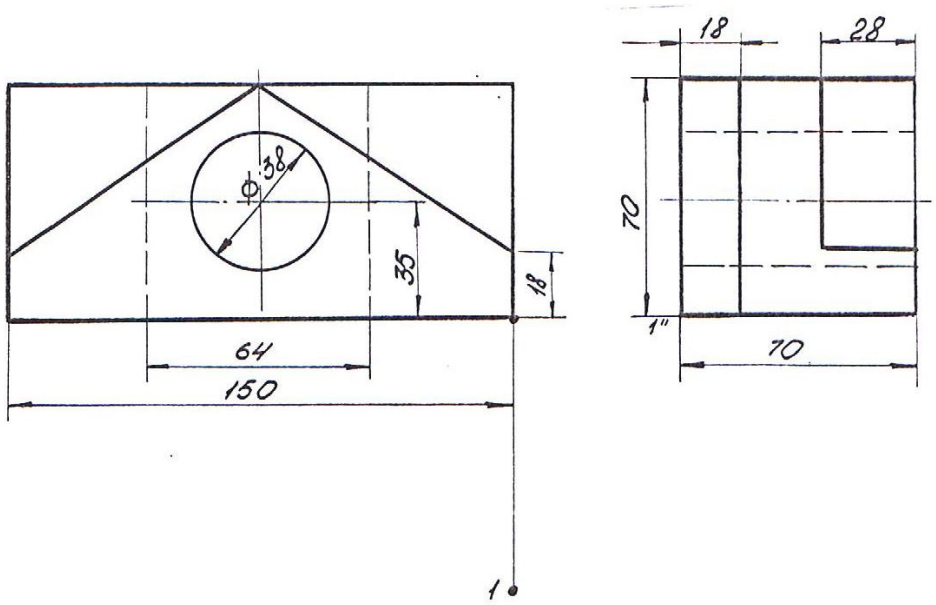
Вариант 6. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.



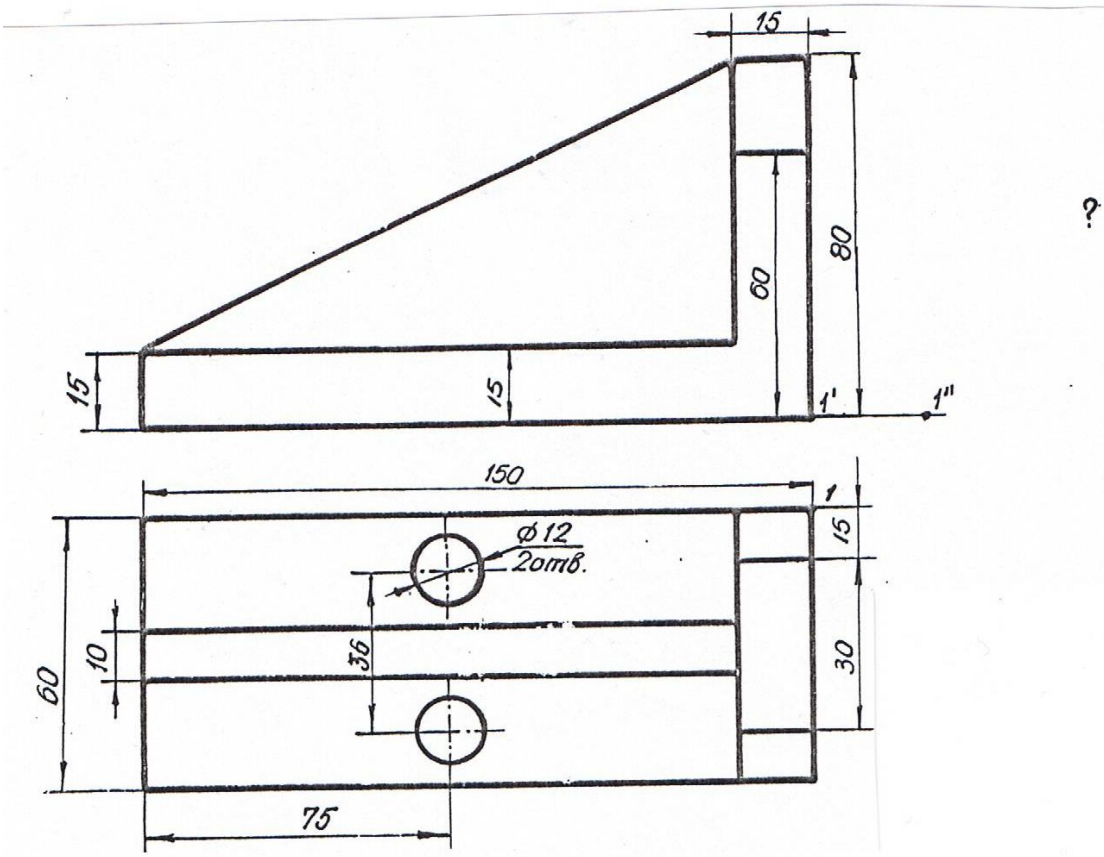
Вариант 7. Вычертить кулачок в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.



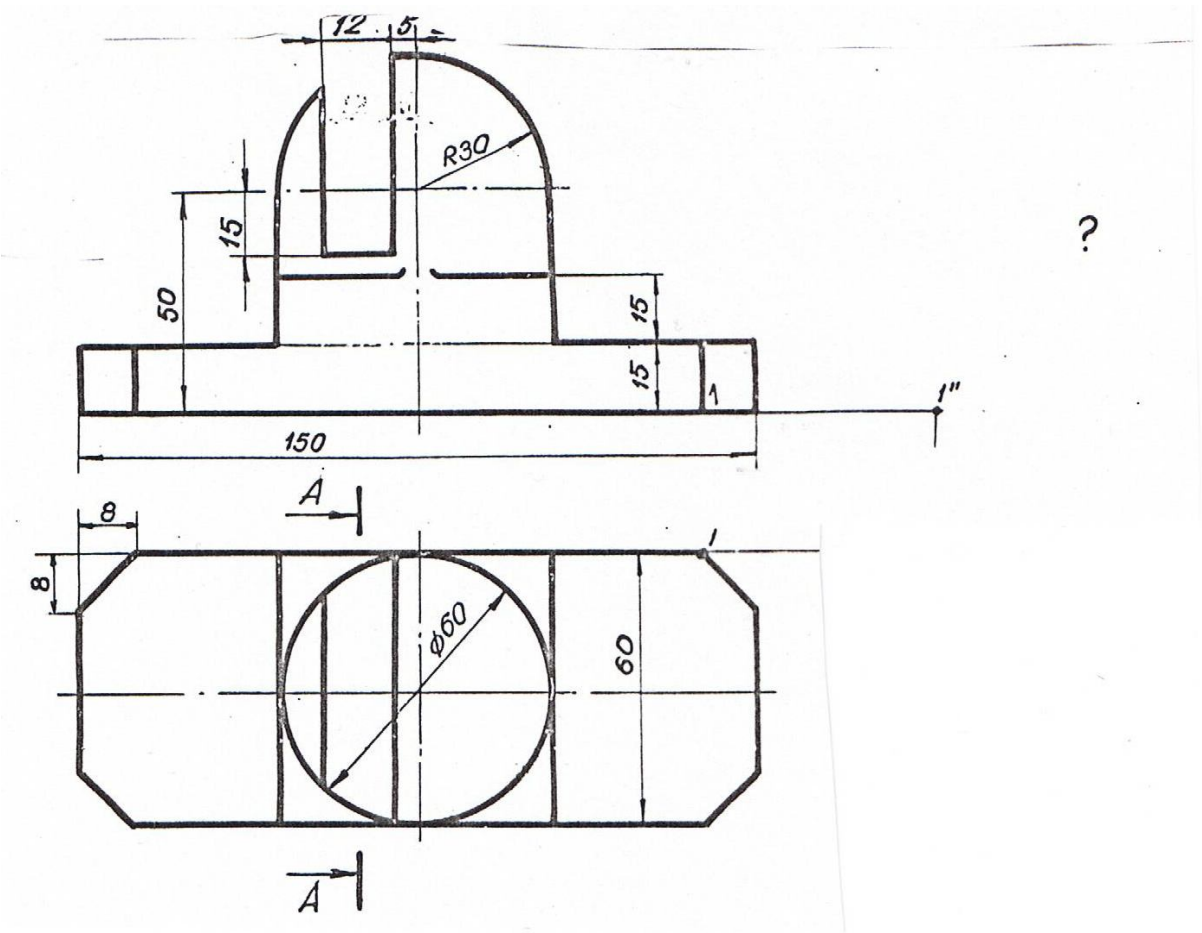
Вариант 8. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить главный вид.



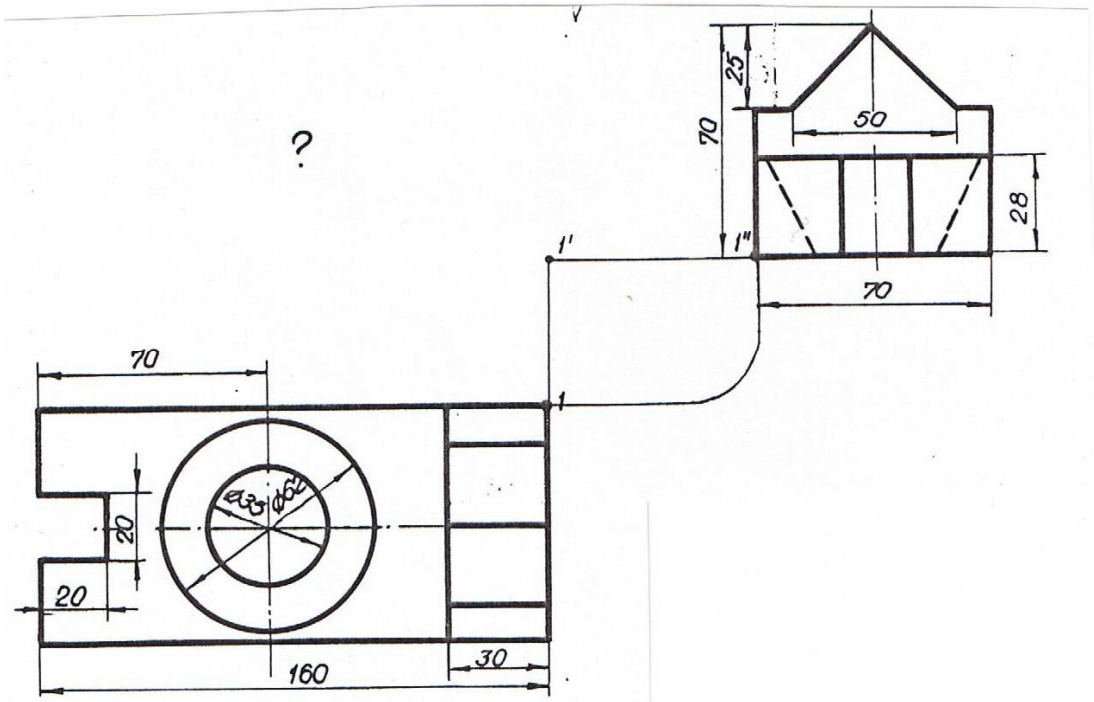
Вариант 9. Вычертить вкладыш в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Выполнить горизонтальный разрез.



Вариант 10. Вычертить угольник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез.



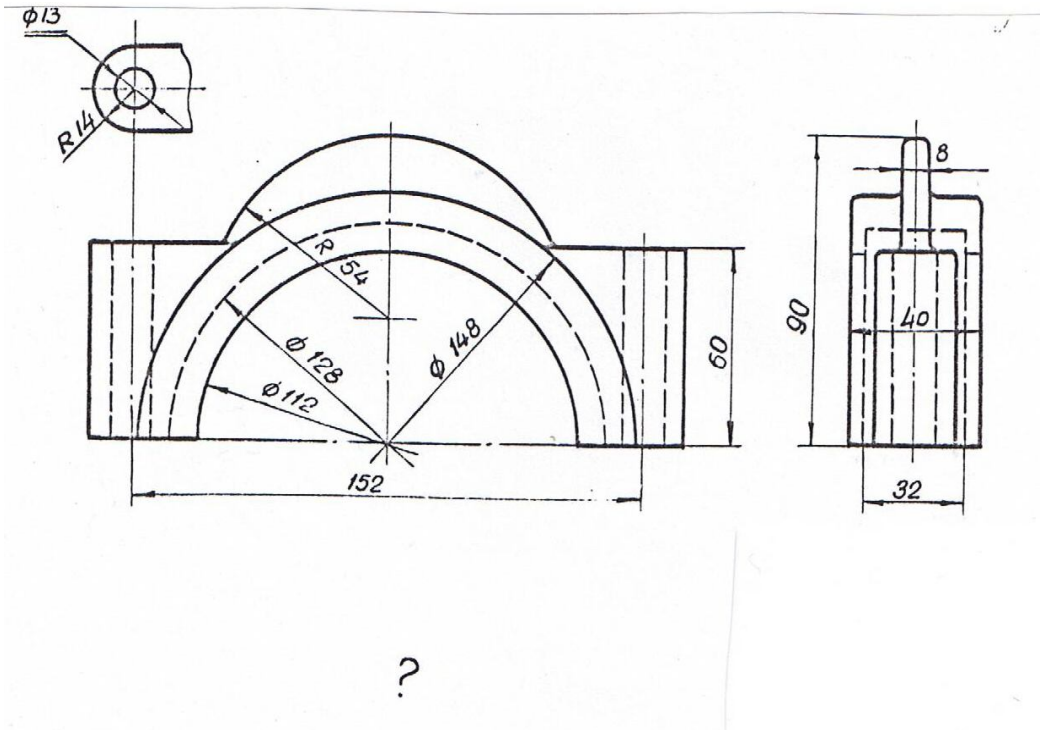
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить половину разреза А-А.



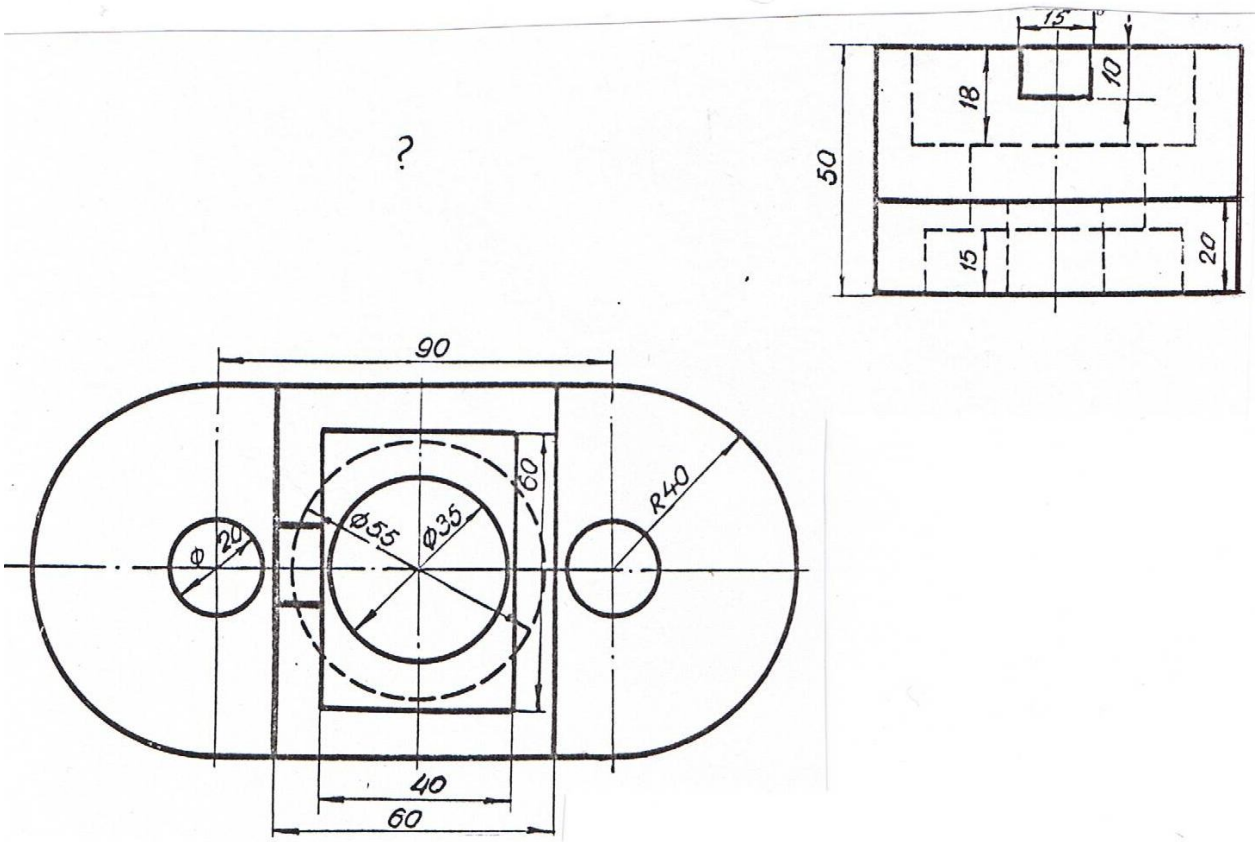
Вариант 12. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину профильного разреза.

Приложение 3

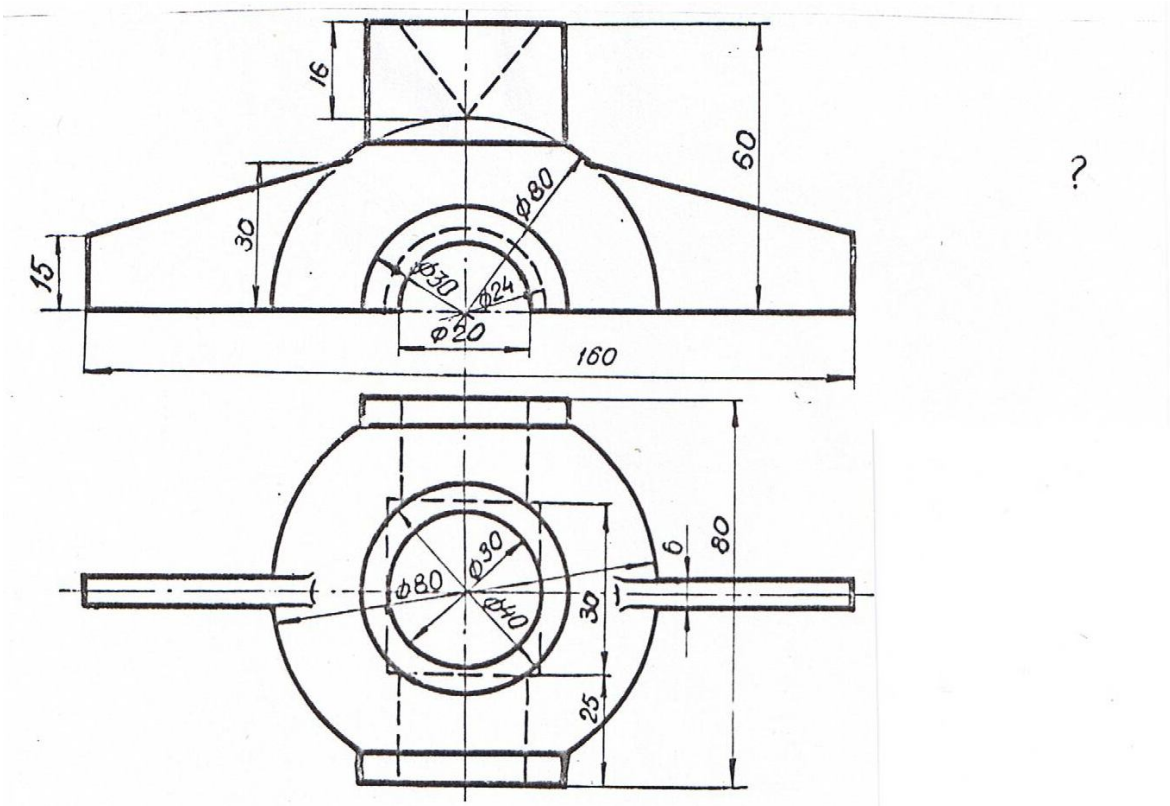
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2



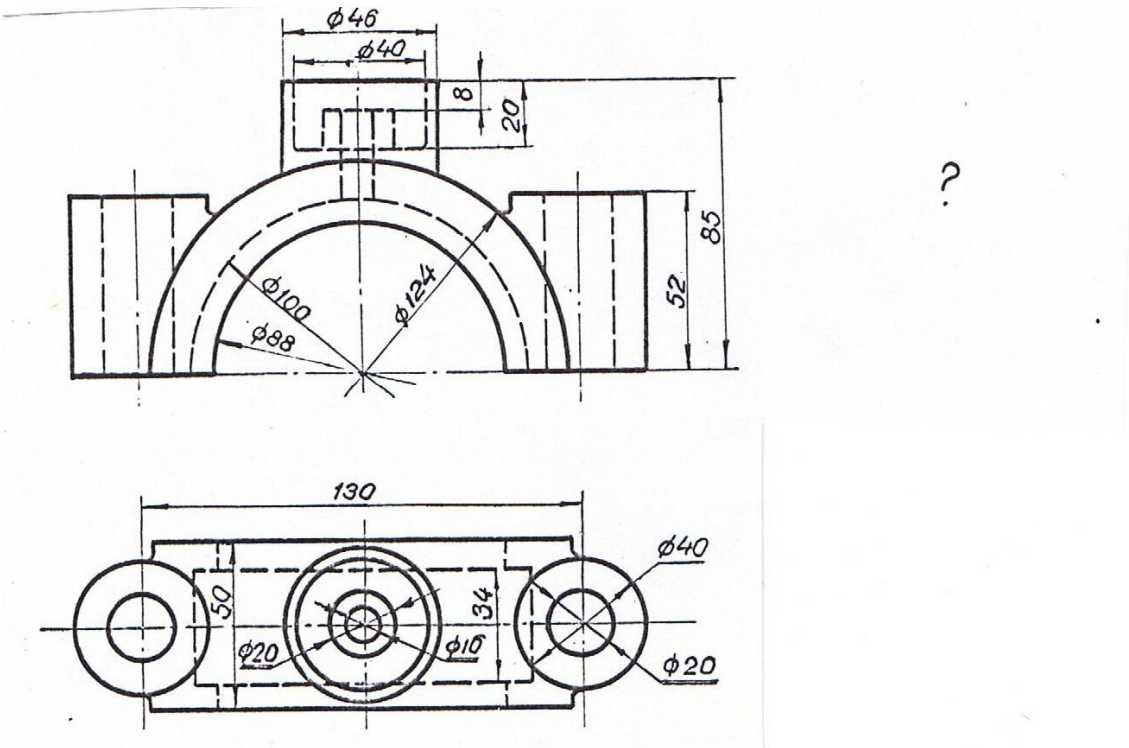
Вариант 1. Вычертить корпус бугеля в масштабе 1:1, достроить вид сверху, сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



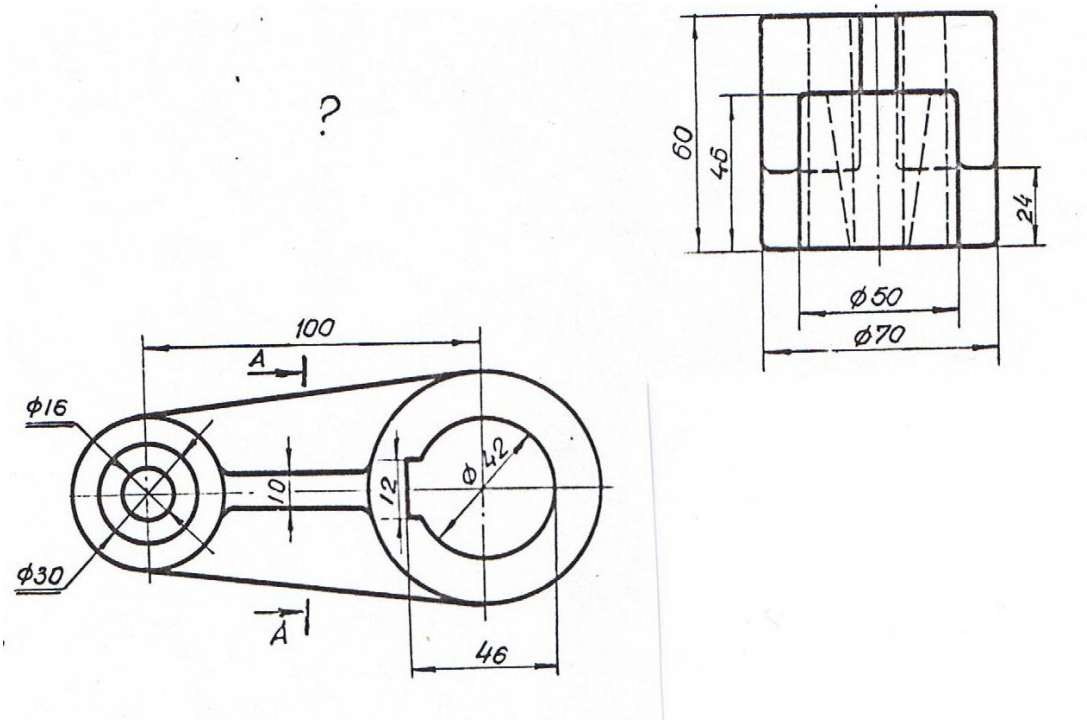
Вариант 2. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и половину профильного разрезов.



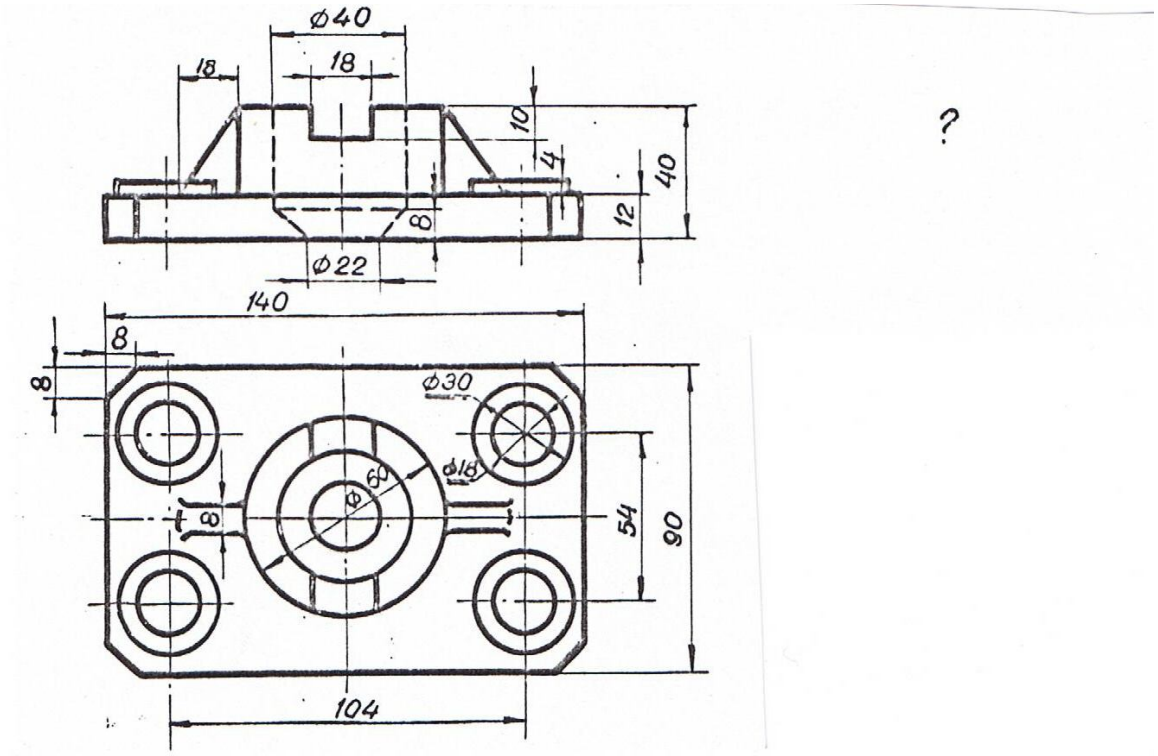
Вариант 3. Вычертить крышку в масштабе 1:1, достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



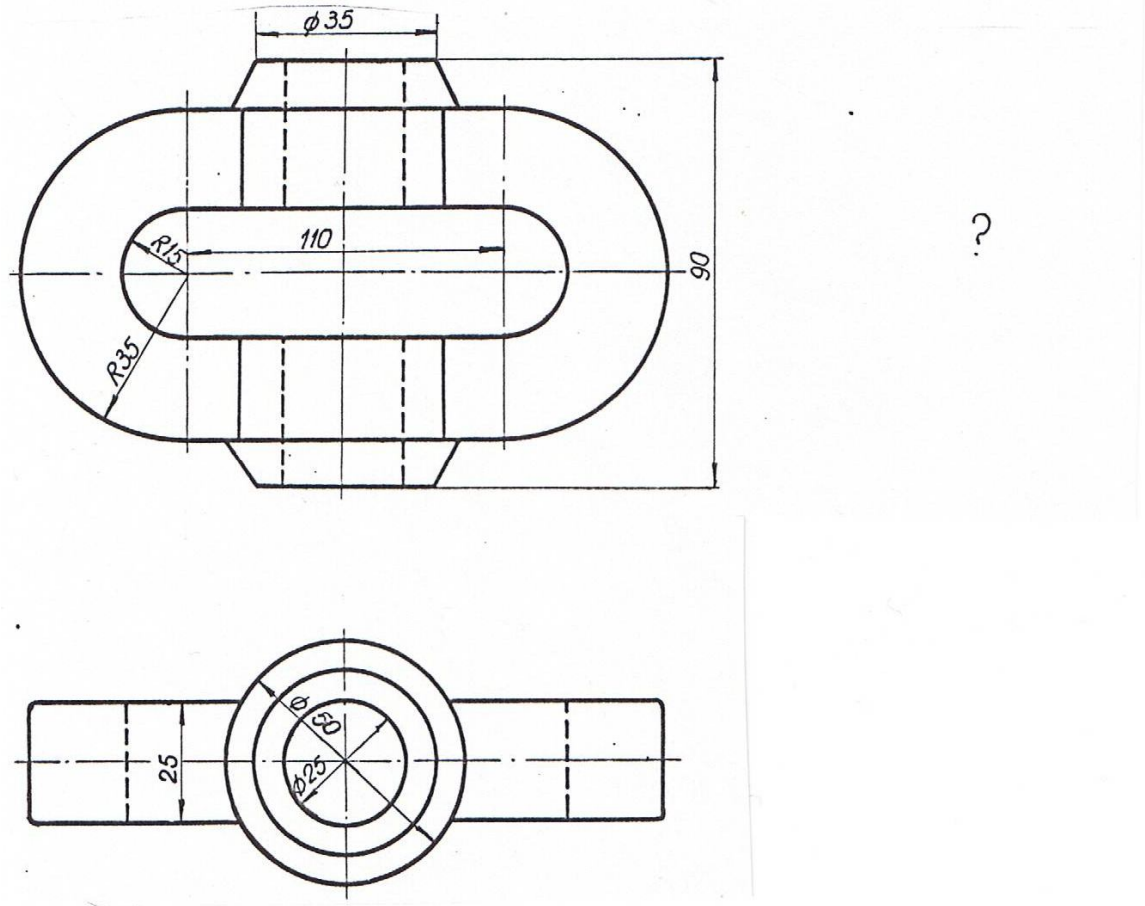
Вариант 4.Вычертить крышку подшипника в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



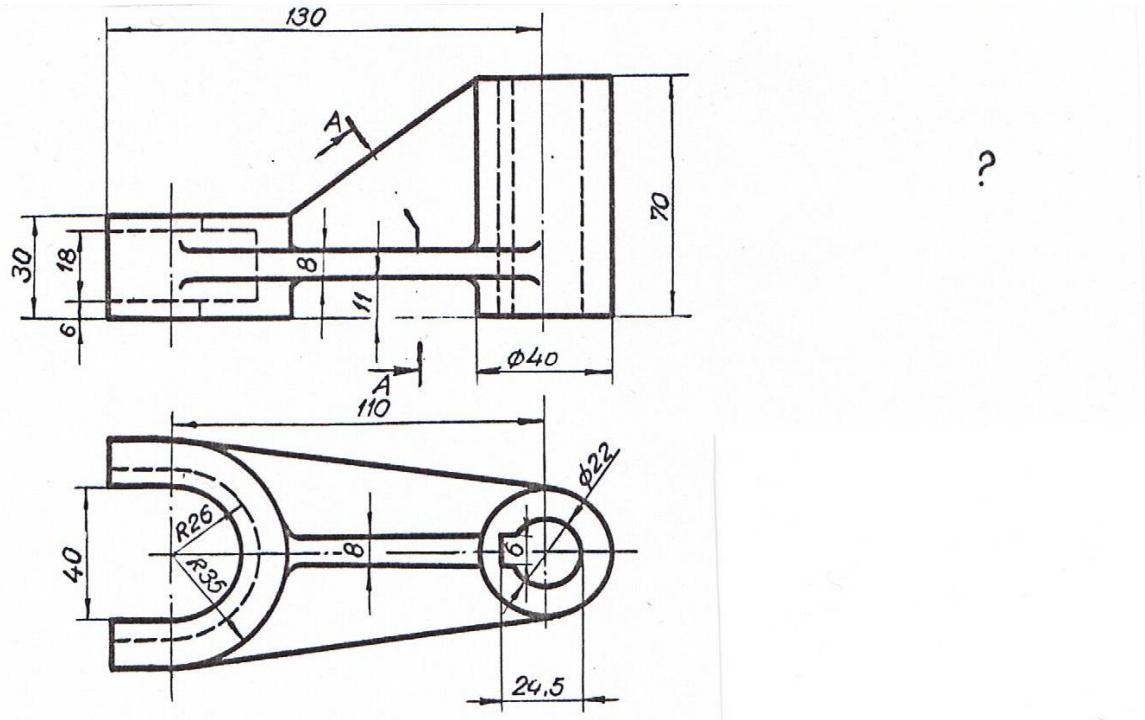
Вариант 5. Вычертить шатун в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



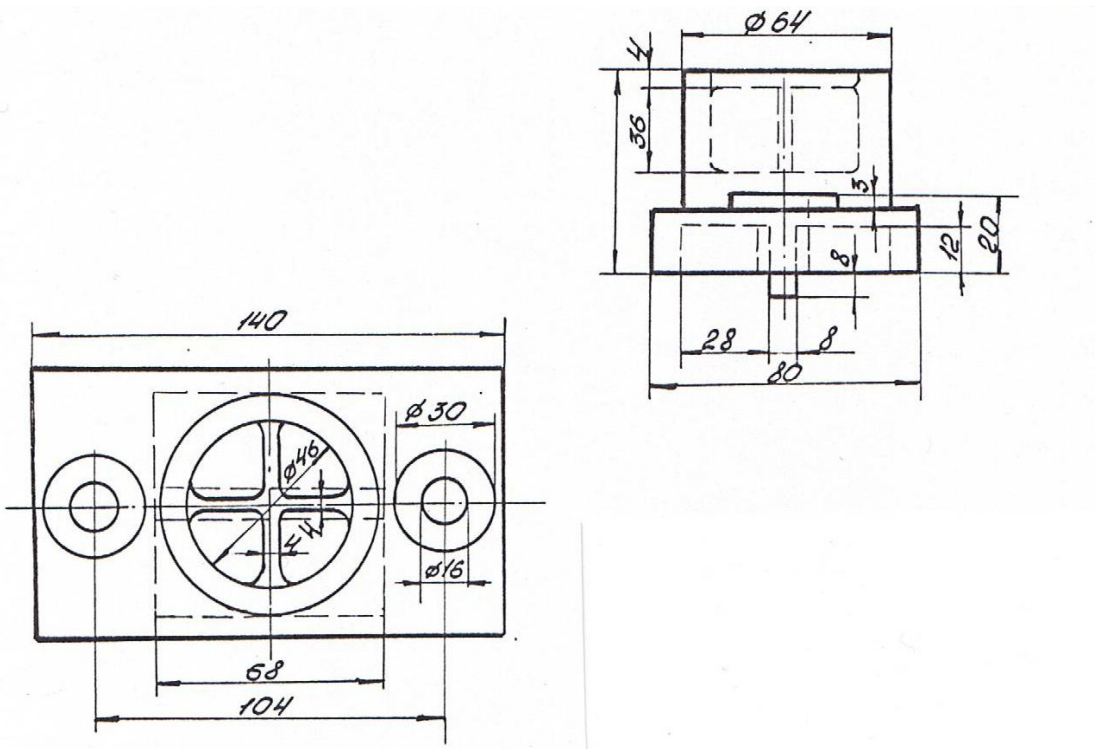
Вариант 6. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать ступенчатый фронтальный разрез и половину профильного разреза.



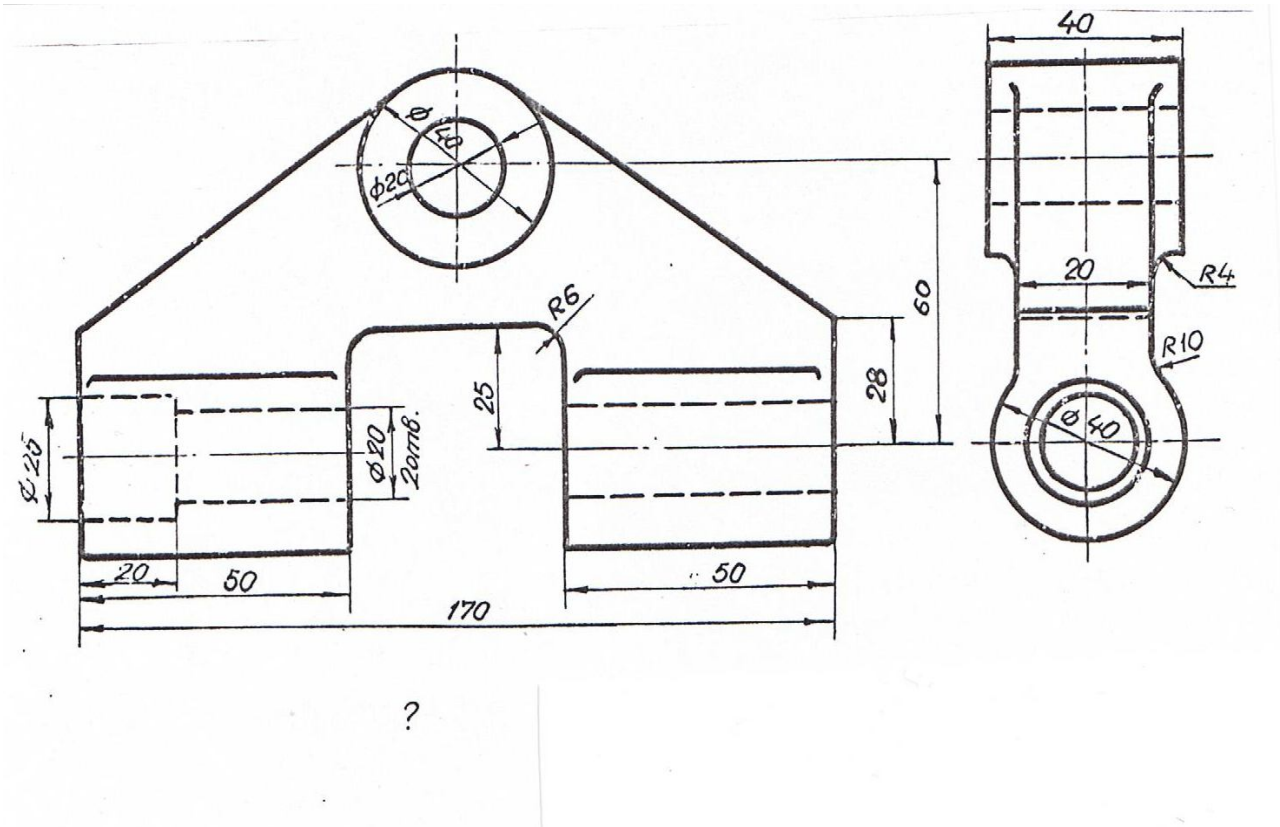
Вариант 7. Вычертить петлю в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину профильного и половину горизонтального разрезов.



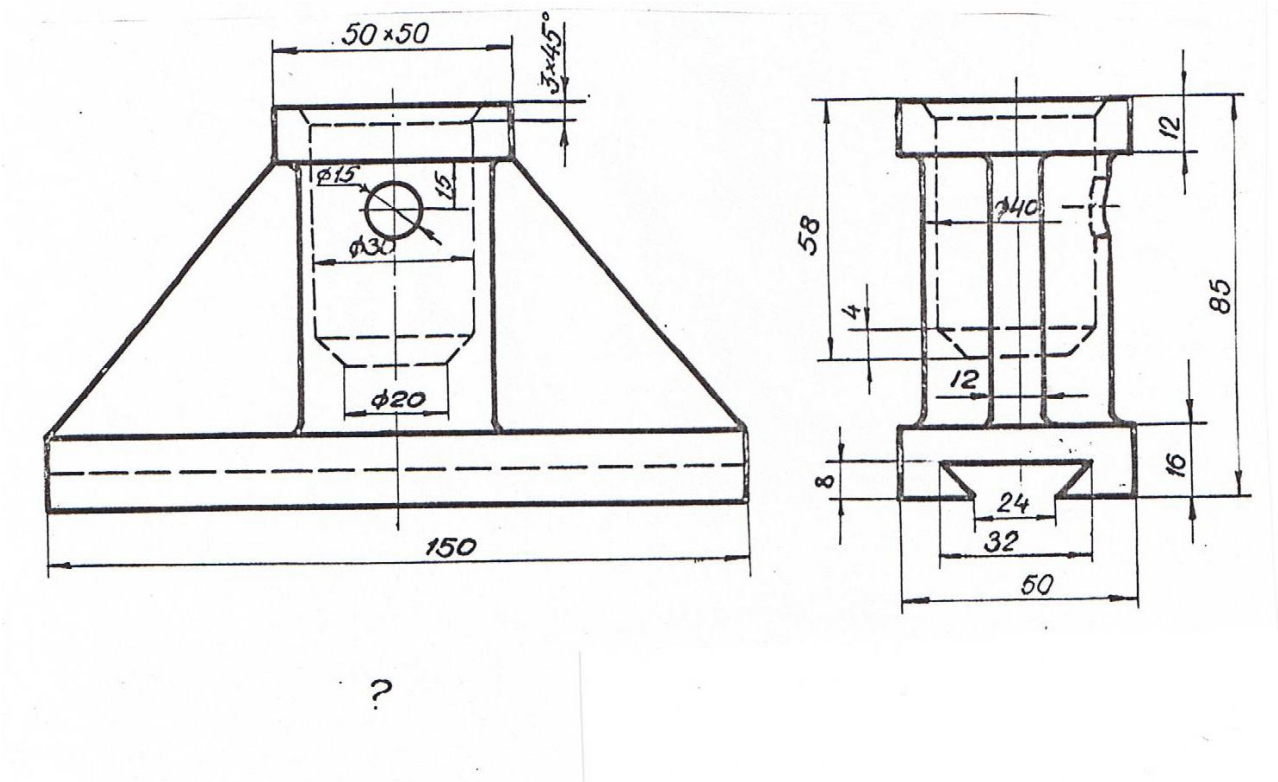
Вариант 8. Вычертить вилку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



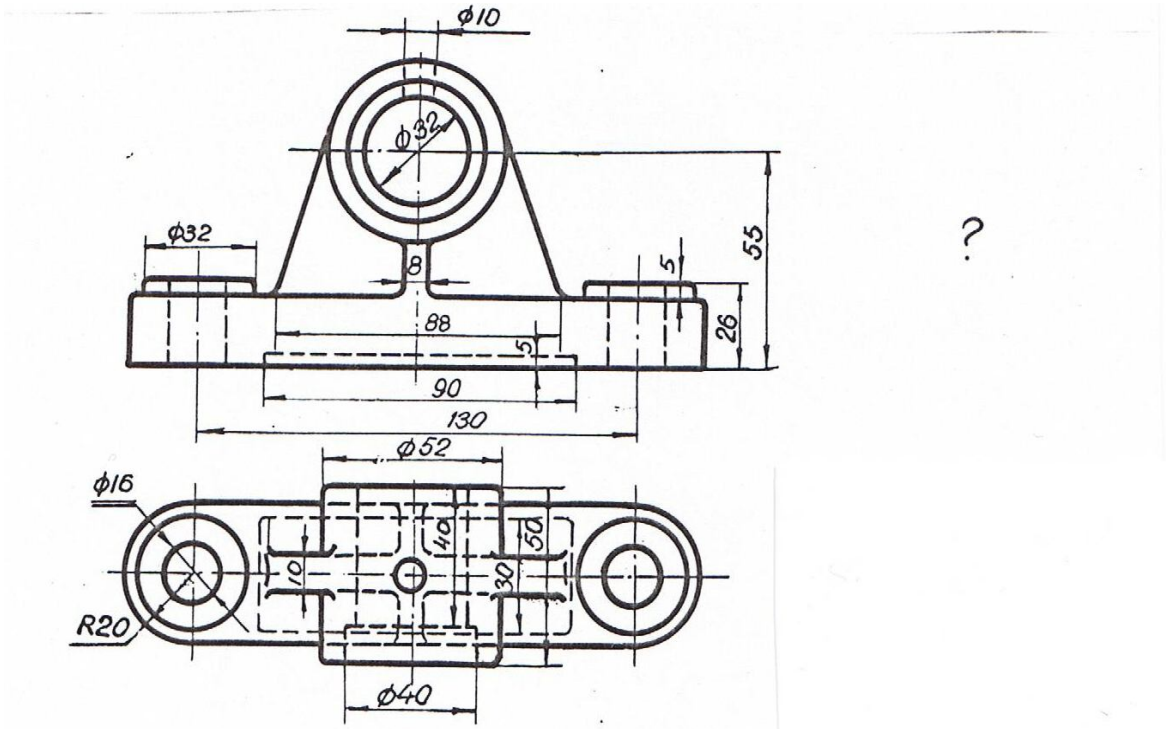
Вариант 9. Вычертить подпятник в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



Вариант 10. Вычертить шарнир в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.



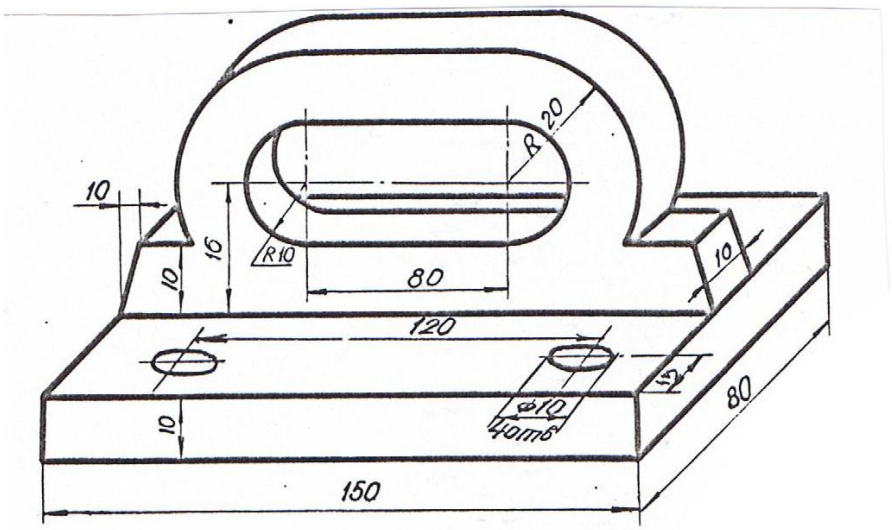
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать половину фронтального разреза и местный профильный.



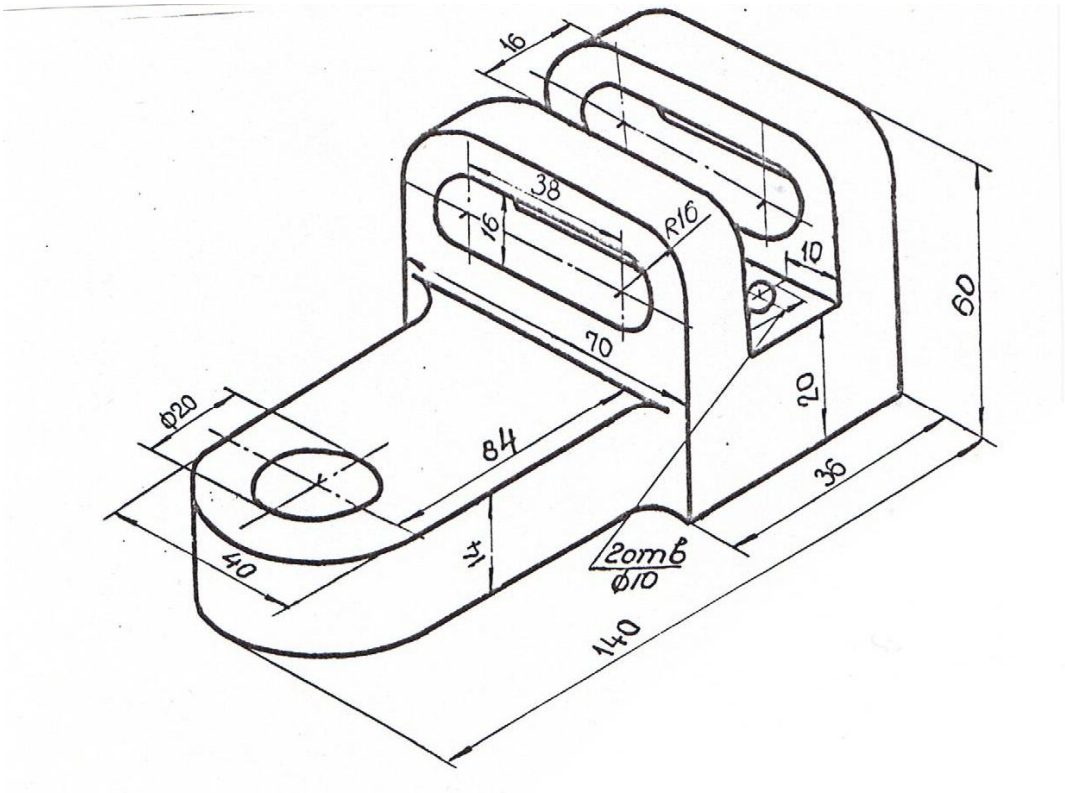
Вариант 12. Вычертить подшипник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.

Приложение 4

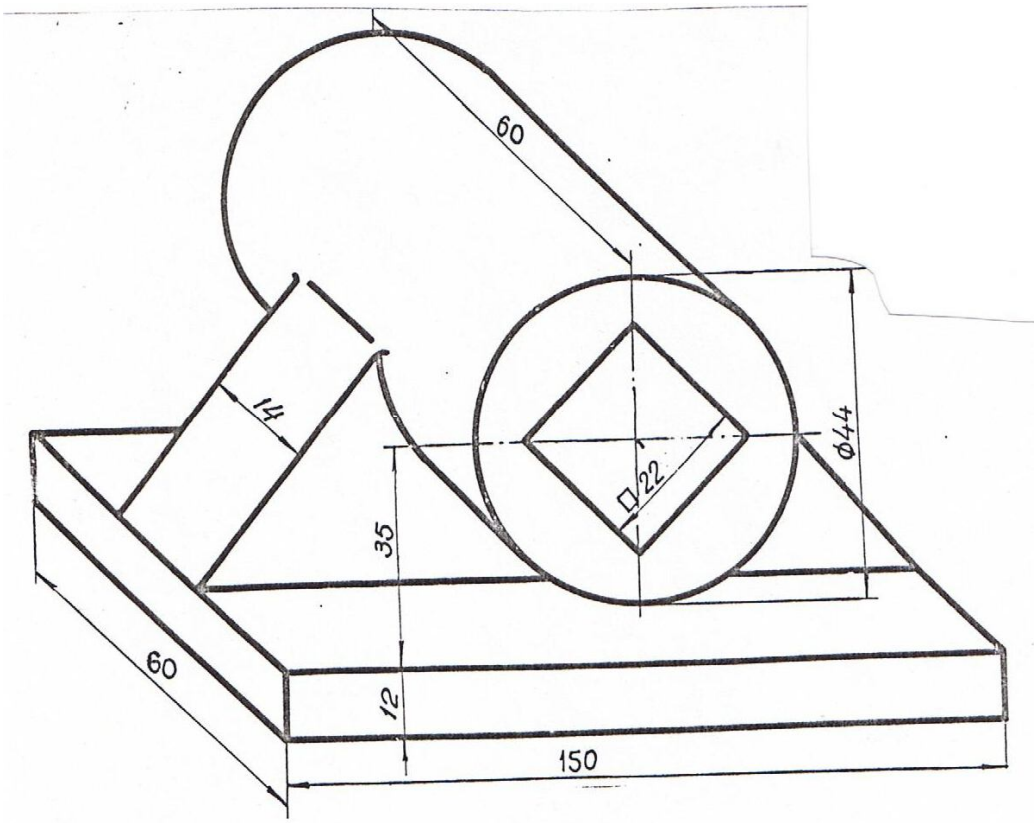
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3



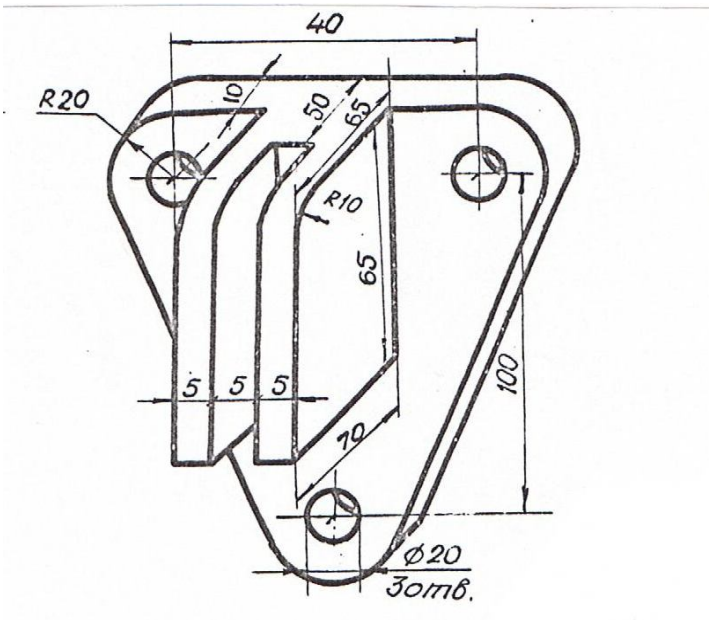
Вариант 1. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать ступенчатый профильный разрез.



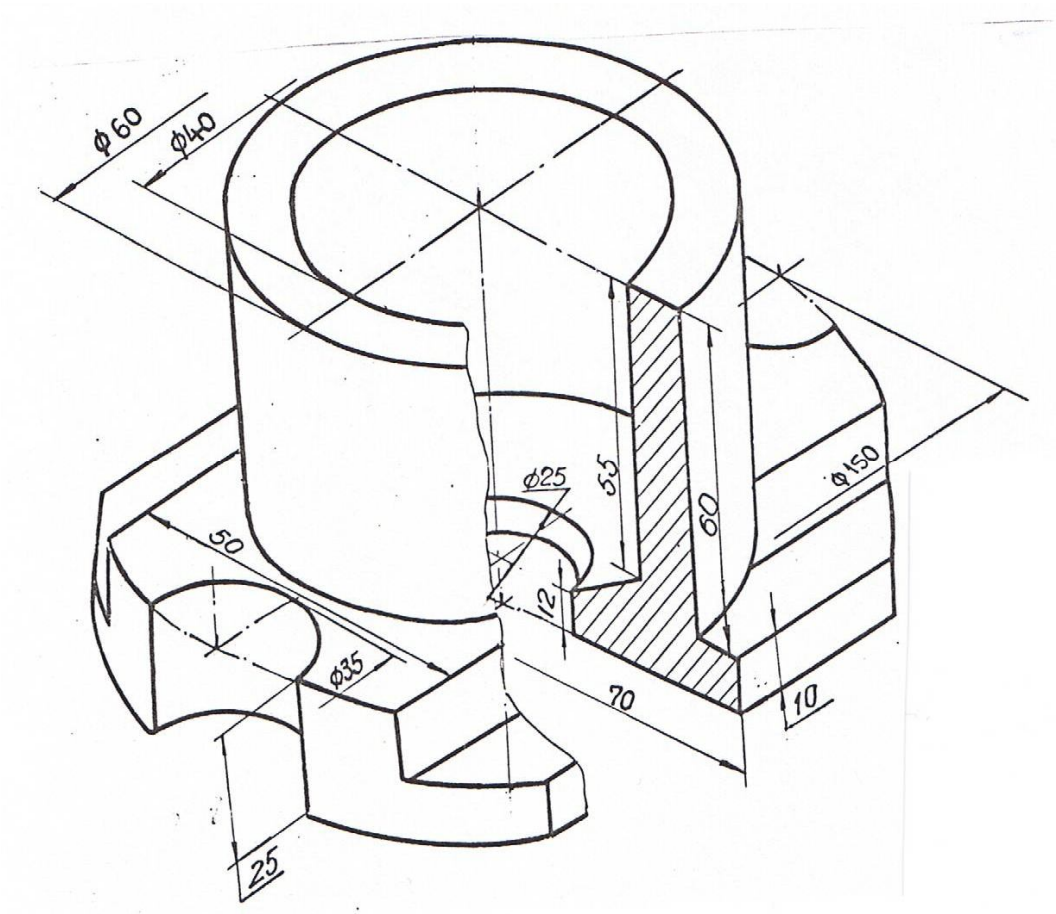
Вариант 2. Вычертить в трех ортогональных проекциях скобу в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



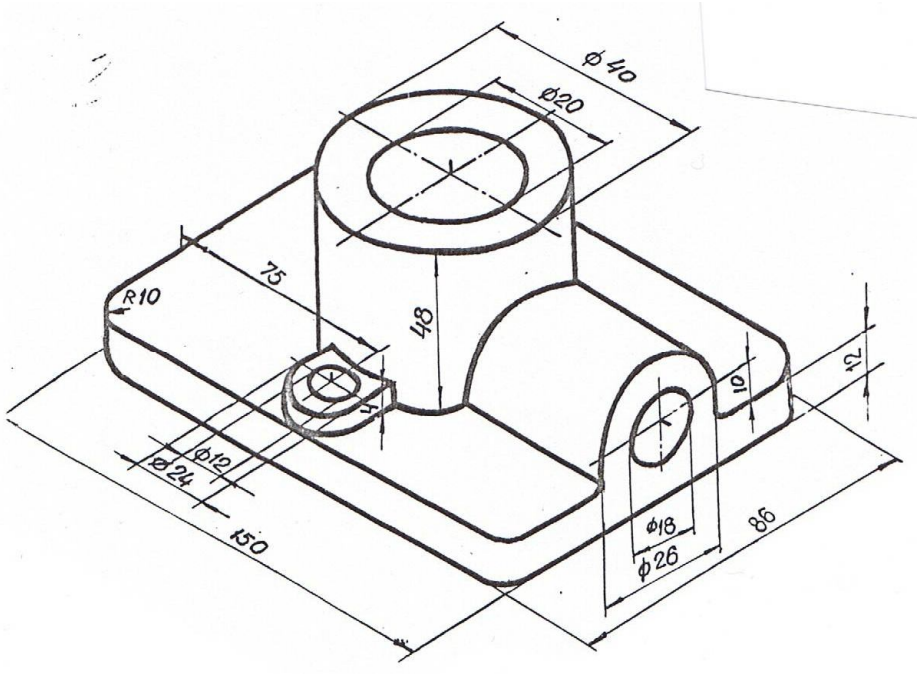
Вариант 3. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1. Сделать необходимый разрез.



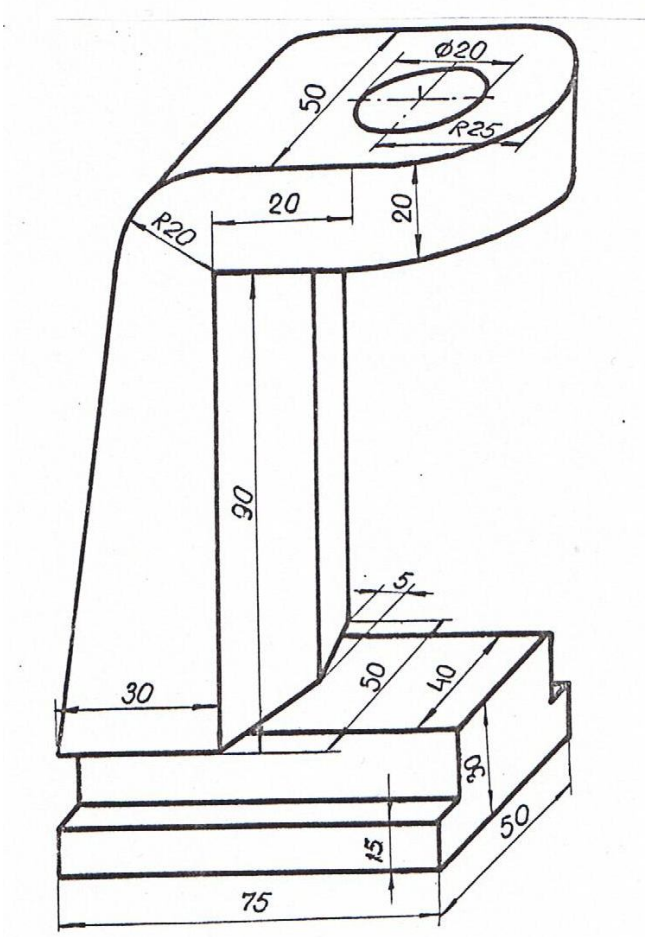
Вариант 4. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1. Сделать местные разрезы и горизонтальный разрез.



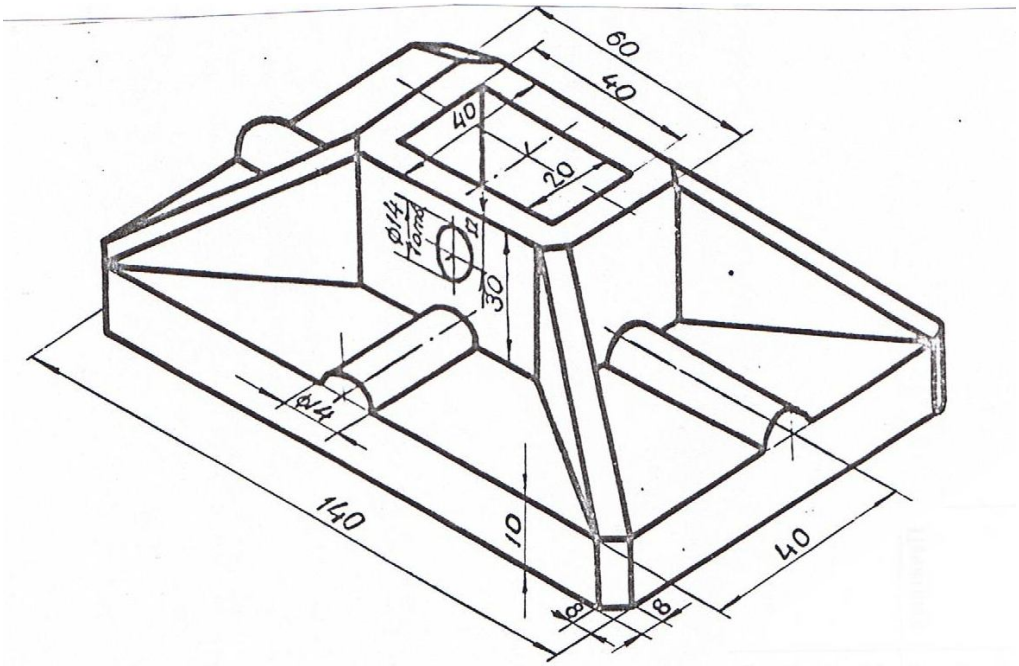
Вариант 5. Вычертить в трех ортогональных проекциях стакан в масштабе 1:1.
Сделать половину фронтального разреза.



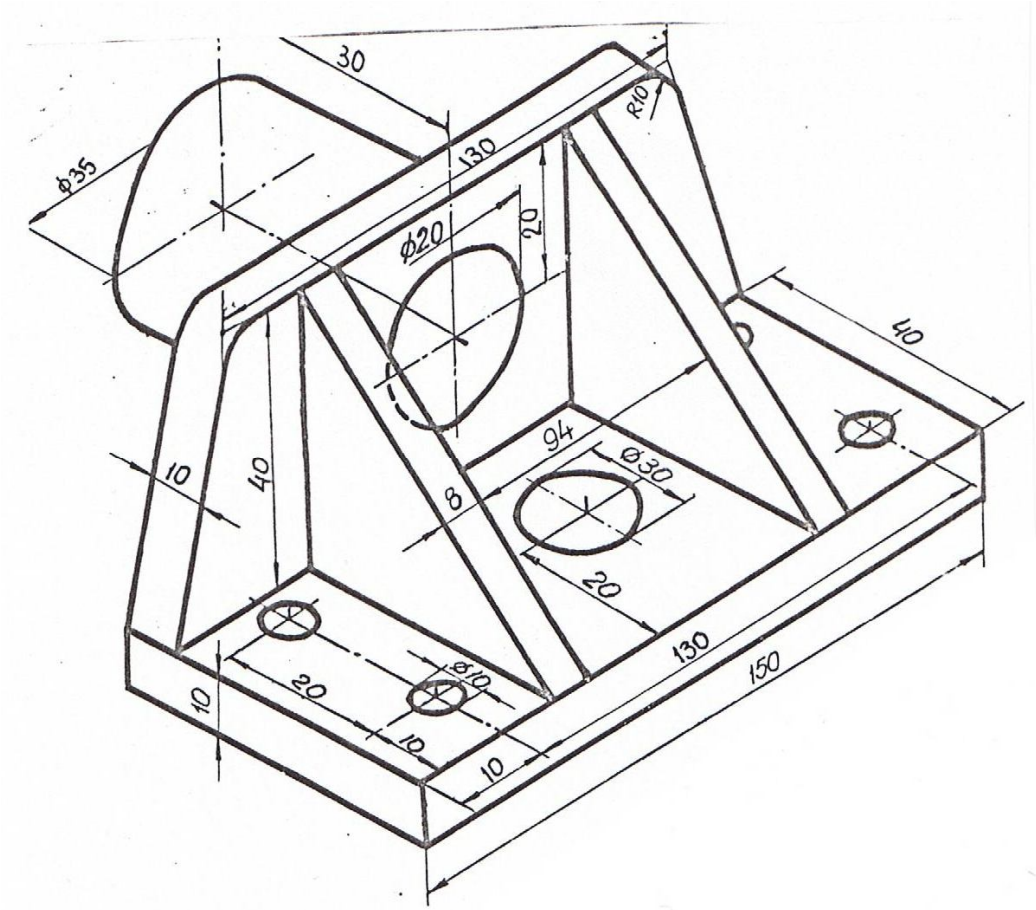
Вариант 6. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.
Примечание. Отверстия ∅20, ∅18 и ∅12 – сквозные.



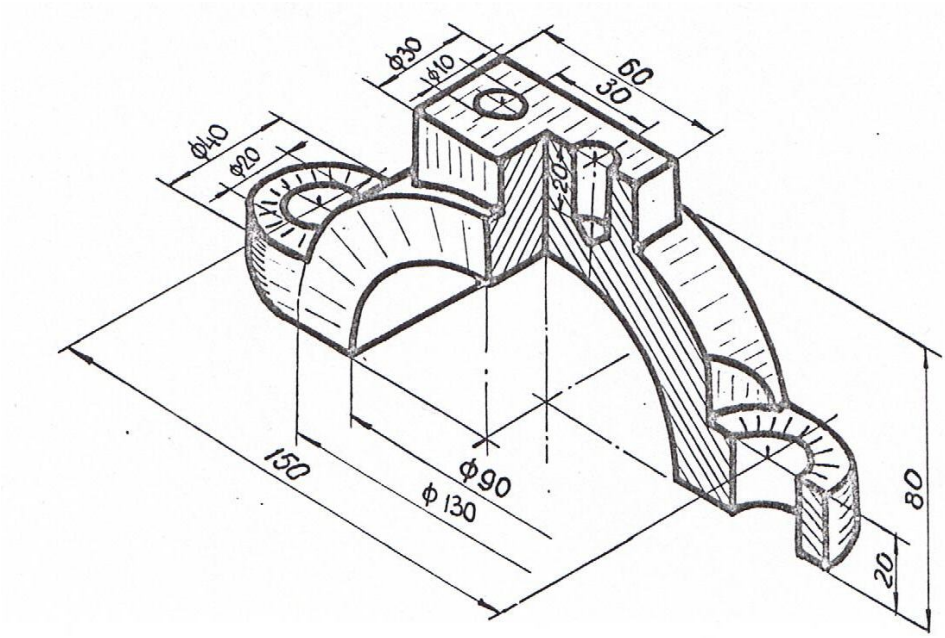
Вариант 7. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1.
Сделать необходимый местный разрез и горизонтальный до оси симметрии.



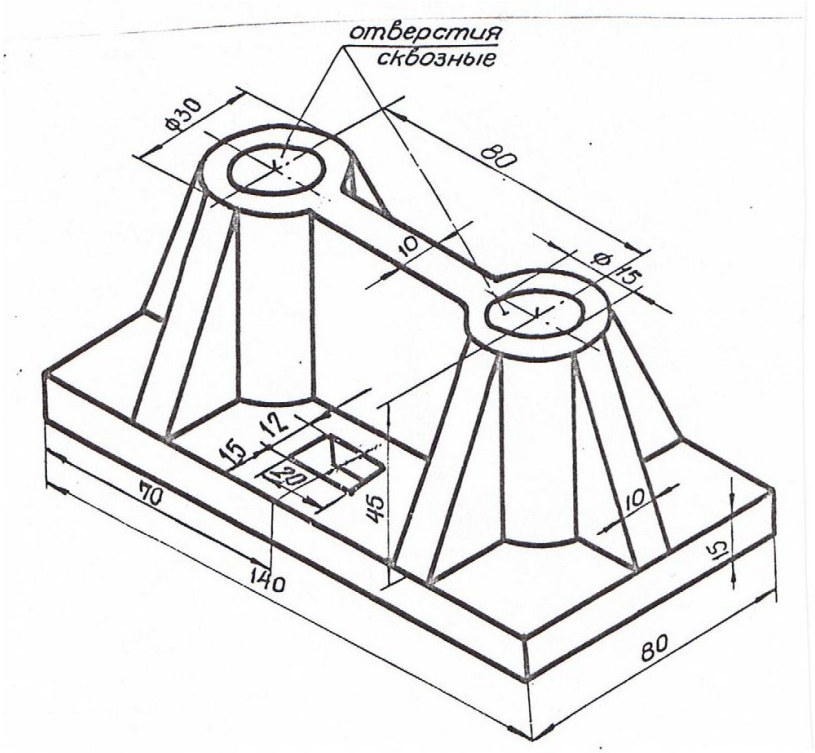
Вариант 8. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



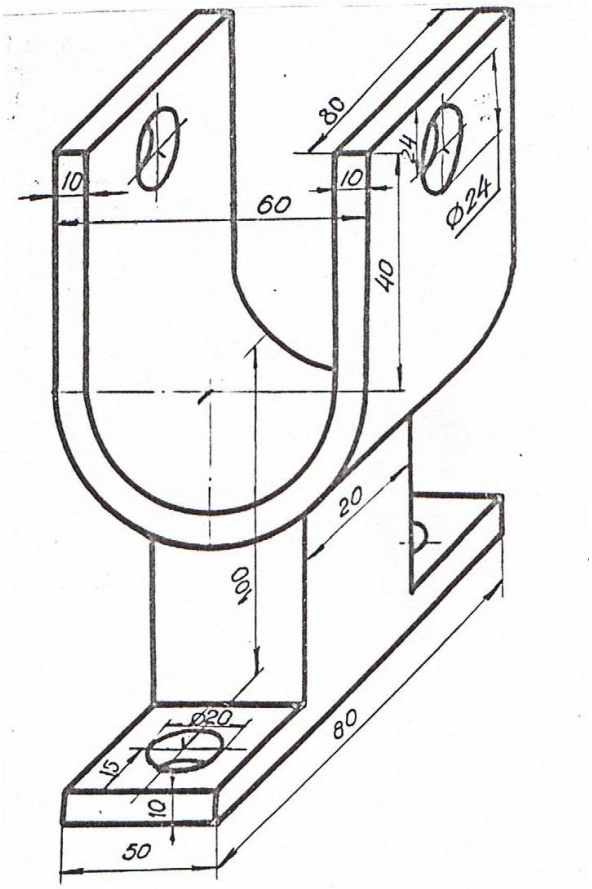
Вариант 9. Вычертить в трех ортогональных проекциях цапфу полую в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



Вариант 10. Вычертить в трех ортогональных проекциях крышку шатуна в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



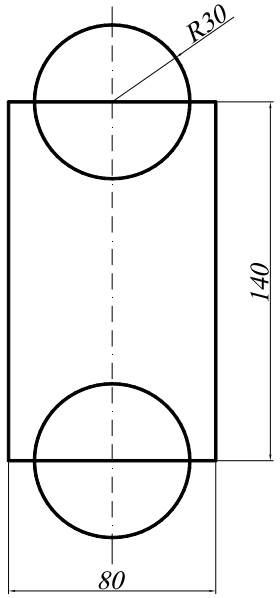
Вариант 11. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



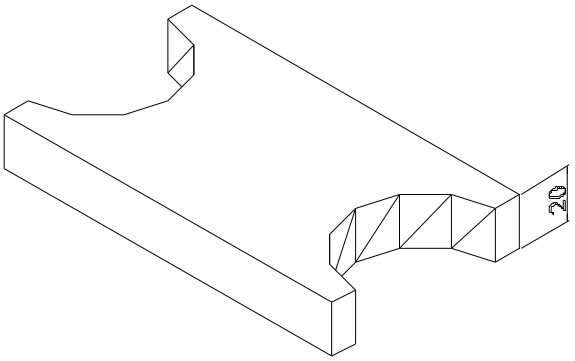
Вариант 12. Вычертить в трех ортогональных проекциях стойку в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.

Приложение 5

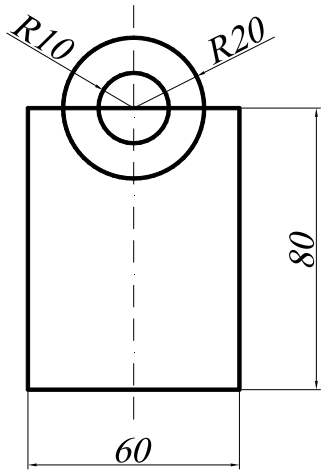
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ



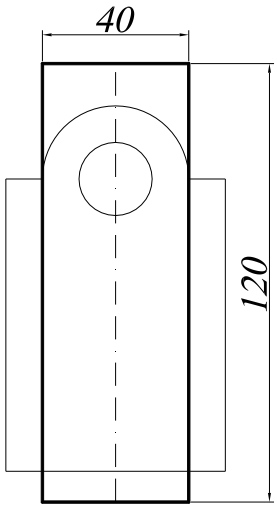
1. Создание области для основания командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



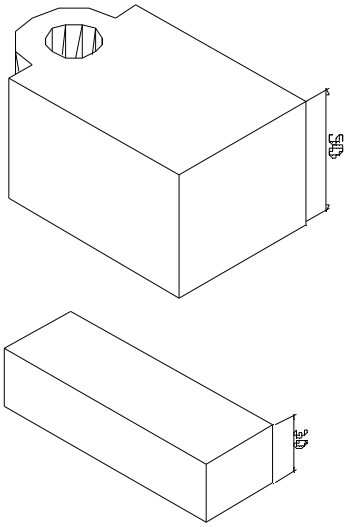
2. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» обе окружности и прямоугольник. Толщина выдавливания 20.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело путем вычитания цилиндров из параллелепипеда.
Командой ***Hide*** (Скрыть) подавляем невидимые линии.



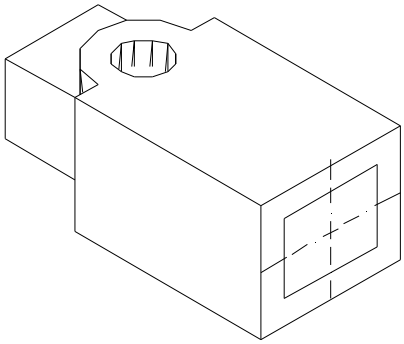
3. Создание области для «башни» командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



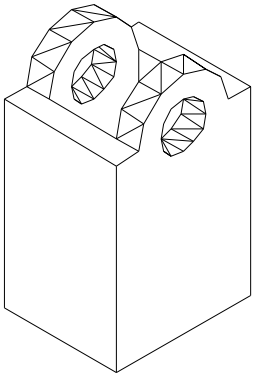
4. Создание области для выреза «башни» командой ***Polyline*** (Полилиния).

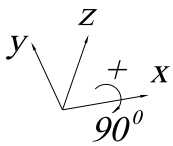


5. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» оба тела. Толщина выдавливания «башни»=50, толщина выдавливания «бруска»=30.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело «башни» путем вычитания цилиндра из построенного тела

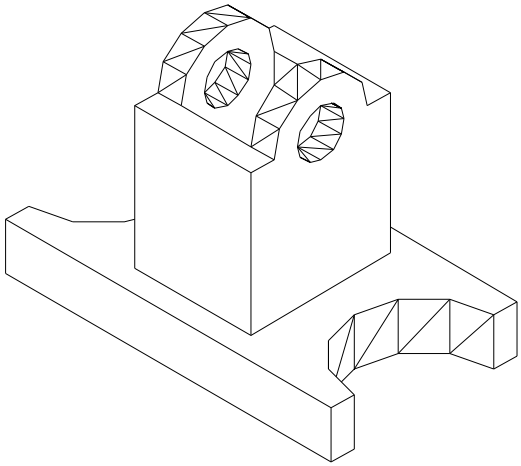


6. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «брусок» и центрируем относительно основания «башни».
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем сквозное отверстие в теле «башни» путем вычитания поверхности «бруска» из тела «башни».





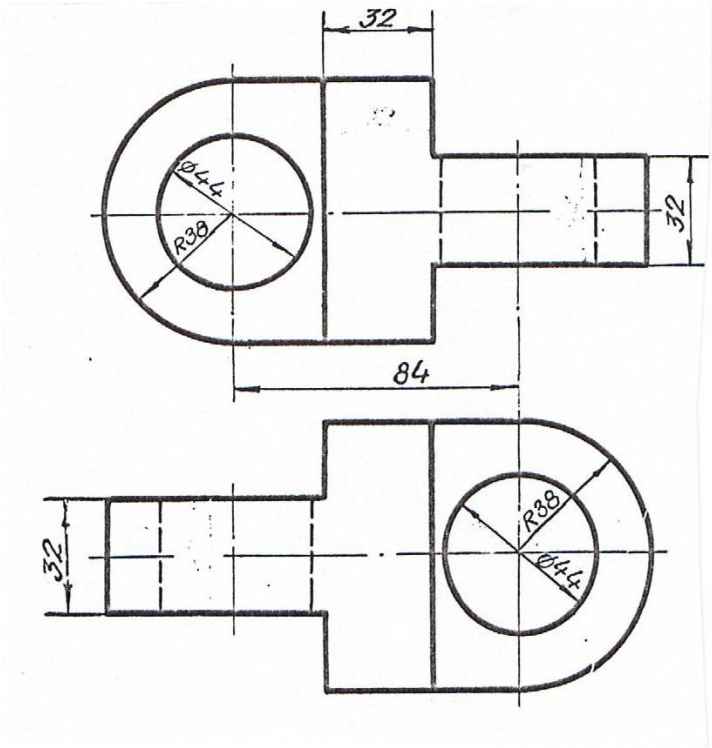
7. Поворачиваем башню относительно оси x на 90^0 (по правилу правой руки), используя команду ***Rotated 3D***, которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редакировать)→ ***3D Operation*** (3М Операции) → ***Rotated 3D*** (3М Поворот).



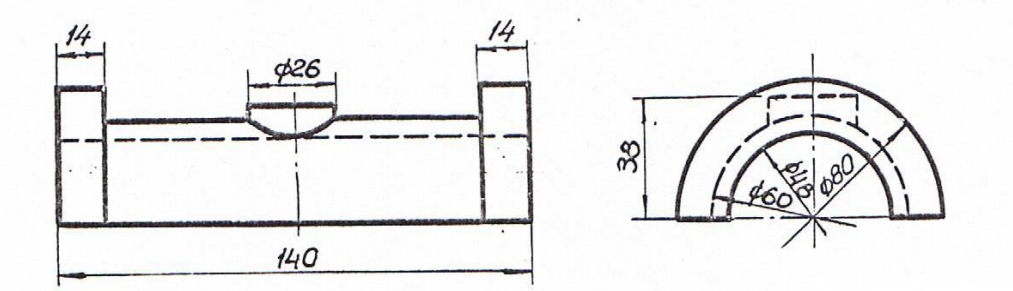
8. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «башню» и центрируем относительно построенного основания.
Командой ***Union*** (объединение) объединяем полученные тела.

Приложение 6

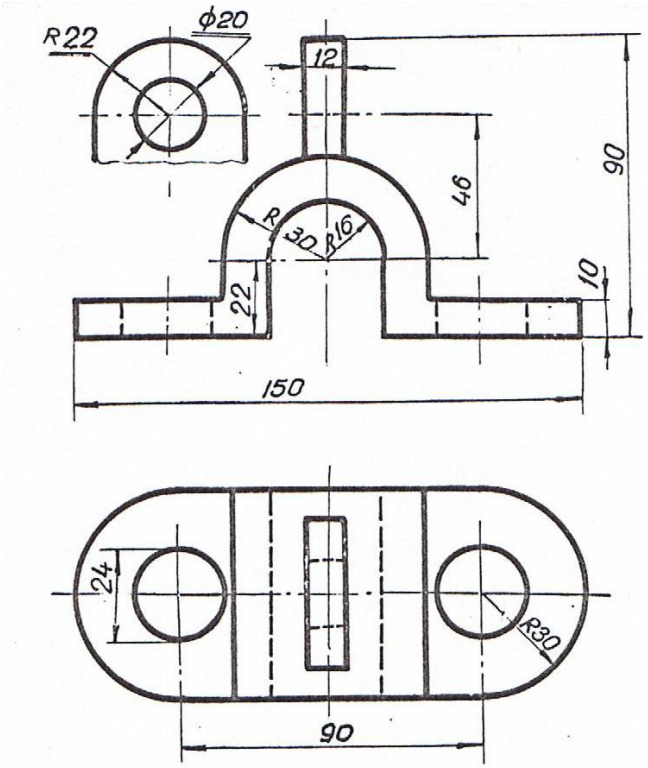
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 4



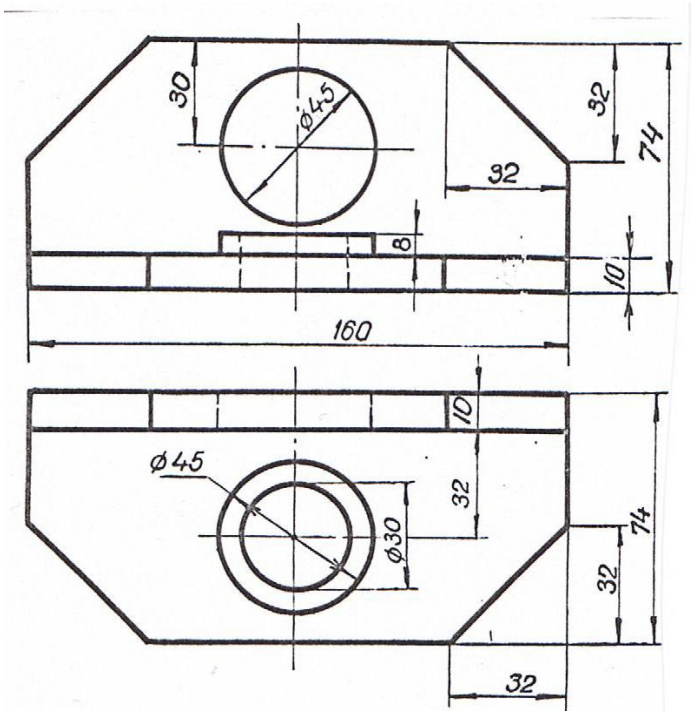
Вариант 1. Вычертить серьгу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



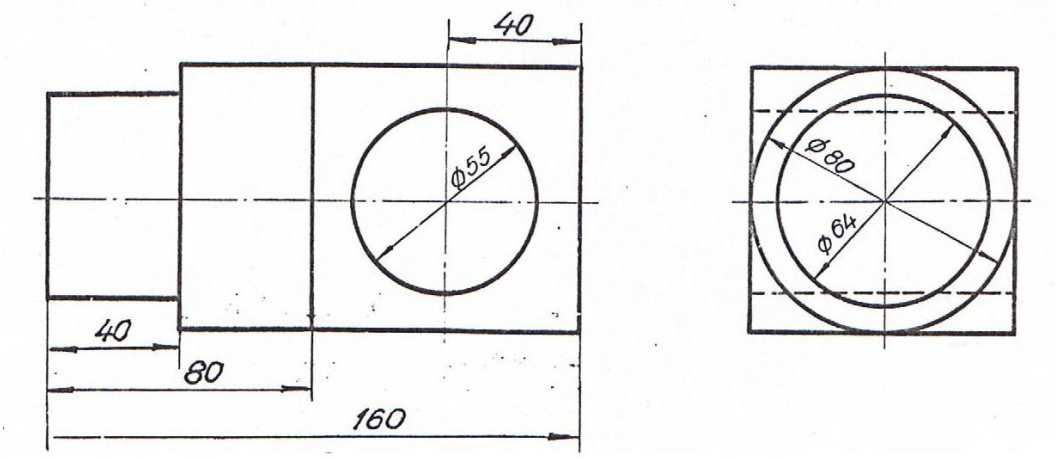
Вариант 2. Вычертить вкладыш подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



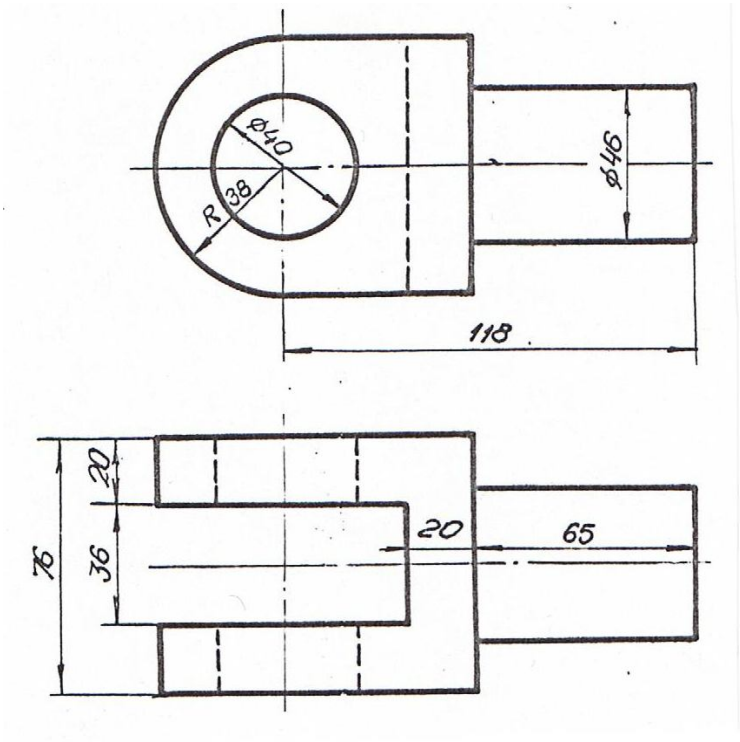
Вариант 3. Вычертить скобу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



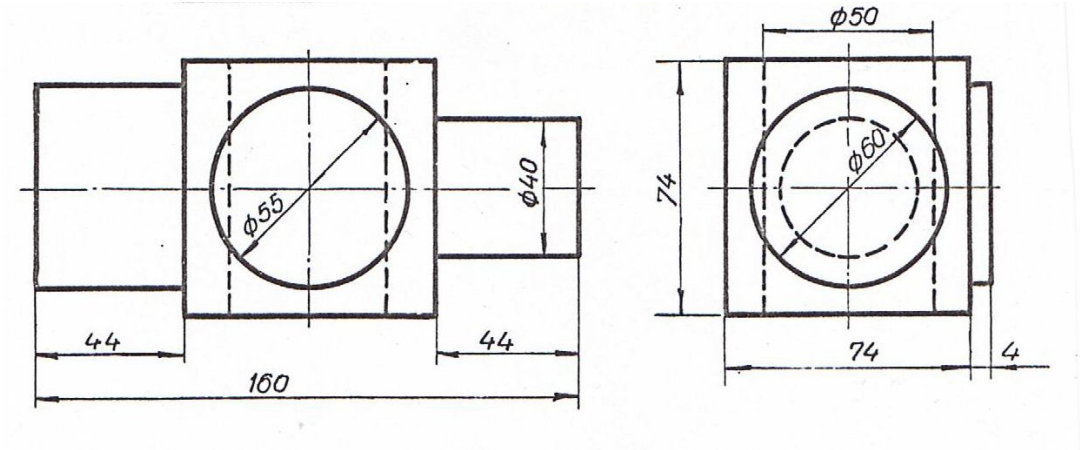
Вариант 4. Вычертить угольник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



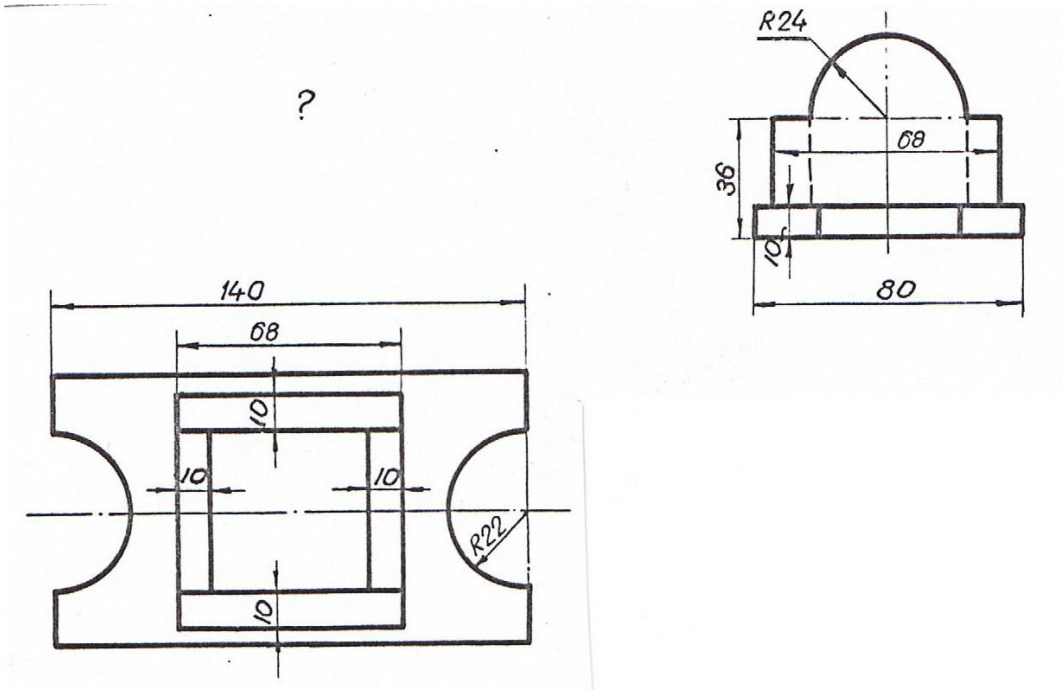
Вариант 5. Вычертить цапфу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



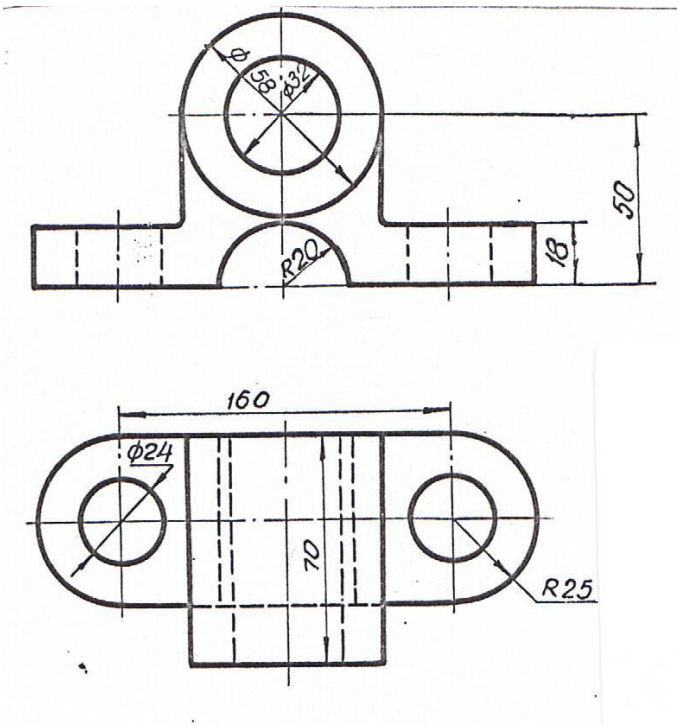
Вариант 6. Вычертить ушко в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



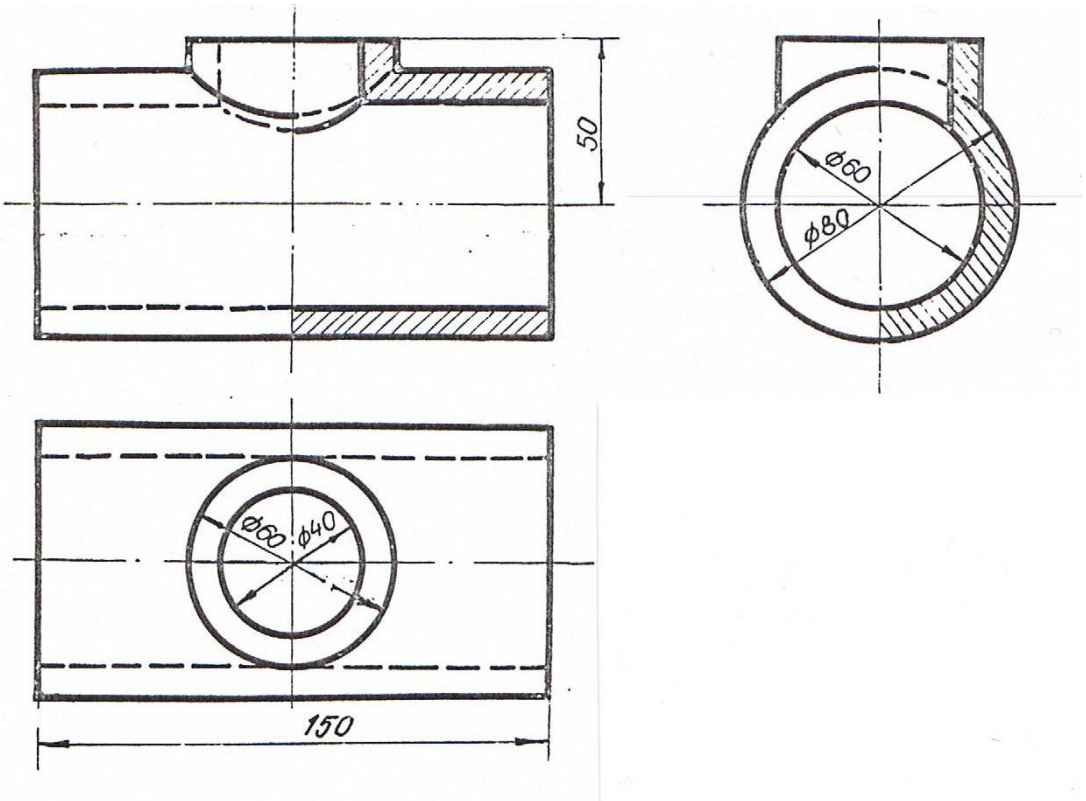
Вариант 7. Вычертить ось в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



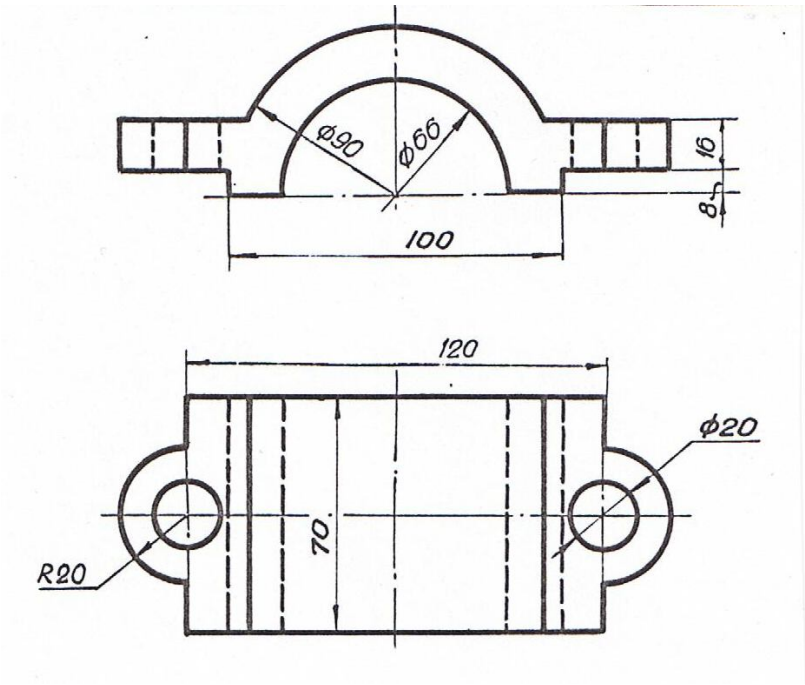
Вариант 8. Вычертить подставку в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



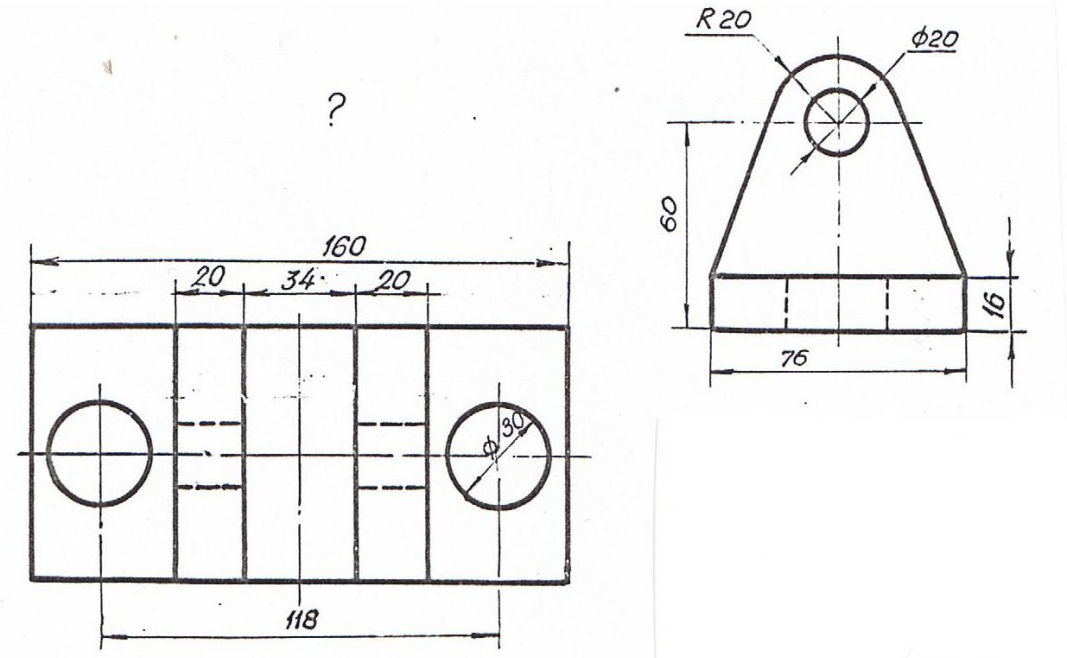
Вариант 9. Вычертить подшипник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 10. Вычертить тройник в изометрии по заданным трем видам в масштабе 1:1.



Вариант 11. Вычертить крышку подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 12. Вычертить опору в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Глава 1. **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ**……. 5

1. Множества…….. 5

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 5

1.2. Отображения и преобразования…… 7

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 10

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 11

1.5. Формирование пространства…… 13

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 14

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 21

2. Системы координат…… 22

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 22

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 23

2.3. Цилиндрические координаты…… 23

2.4.Сферические координаты…… 24

Вопросы для самопроверки…….. 24

Глава 2. **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**…… 25

1. Запуск системы *AutoCAD*…… 25

2. Вид рабочего окна *AutoCAD*……. 26

3. Падающее меню……. 26

4. Строка состояния…… 27

5. Ввод команд…… 28

6. Панели инструментов……. 28

7. Стандартная панель инструментов *(Standard Toolbar)*…….. 28
8. Панель инструментов Object Properties *(Свойства объекта)*…. 30
9. Графические примитивы…….…….. 32
10. Ввод координат точки…….…… 33
11. Панель инструментов *Draw* (Рисовать)…… 34
12. Построение геометрических примитивов…….. 34
12.1. Точка……. 35
12.2. Построение линий…… 35
12.2.1. Отрезок……. 35
12.2.2. Прямая и луч…… 37
12.2.3. Полилиния……. 38
12.2.4. Сплайн……... 41
12.3. Построение многоугольников…… 42
12.3.1. Многоугольник…… 42
12.3.2. Прямоугольник……. 43
12.4. Построение окружностей, эллипсов и их дуг…… 45
12.4.1. Окружность…… 45
12.4.2. Эллипс…… 49
12.4.3. Дуга окружности…… 50
13. Текстовые стили…… 52
13.1. Однострочный текст…… 53
13.2. Многострочный текст……. 57
14. Блок…… 58
14.1. Создание блоков……... 58
14.2. Вставка блока…… 59
15. Создание замкнутых объектов…….. 61
16. Штриховка……. 62
17. Панель инструментов *Object Snap* (Объектная привязка)…… 65
18. Панель инструментов *Modify* (Изменить или редактировать) 67
18.1. Удаление и восстановление объектов……. 68
18.2. Копирование объектов……. 69
18.3. Зеркальное отображение объектов…….. 70
18.4. Построение подобных примитивов……. 71
18.5. Размножение объектов массивом…….. 72

18.6. Перемещение объектов…… 76
18.7. Поворот объектов…… 77
18.8. Масштабирование объектов…… 78
18.9. Растягивание объектов……. 79
18.10. Подрезание объектов……. 80
18.11. Удлинение объектов…… 81
18.12. Разбиение объектов на части……. 82
18.13. Вычерчивание фасок…… 83
18.14. Построение сопряжений углов…….. 84
19. Редактирование с помощью маркеров *Grips* («Ручки»)…….. 86
20. Диспетчер свойств объектов……. 89
21. Панель инструментов *Dimension* (Измерение)…… 89
21.1. Линейные размеры…… 90
21.2. Параллельные размеры…… 92
21.3. Базовые размеры…….. 92
21.4. Размерная цепь……. 93
21.5. Радиальные размеры…… 94
21.6. Угловые размеры…… 94
21.7. Координатные размеры……. 95
21.8. Выноски и пояснительные надписи на чертеже…… 95
21.9. Быстрое нанесение размеров…….. 96
21.10. Нанесение меток центра окружности или дуги…….. 97
21.11. Редактирование размерных стилей…… 98
22. Зумирование…….. 101
23. Панорамирование……. 102
Вопросы для самопроверки…….. 102

Глава 3. **ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**……. 103

1. Общие сведения…….. 103
2. Задание трехмерных координат…….. 103
3. Задание пользовательской системы координат……. 104
4. Пространство модели и пространство листа……. 107
5. Видовые экраны…… 108

5.1. Создание неперекрывающихся видовых экранов……. 108
6. Установка видов на графическом поле……. 109
6.1. Установка направления взгляда…… 109
6.2. Задание направления взгляда с помощью диалогового окна 111
6.3. Установка плана изображения……... 112
6.4. Установка ортогональных и аксонометрических видов…… 113
6.5. Интерактивное управление точкой взгляда…… 113
6.6. Динамическое вращение трехмерной модели…… 114
7. Моделирование каркасов…… 114
7.1. Трехмерная полилиния…….. 115
7.2. Средства редактирования трехмерной полилинии……. 115
8. Твердотельное моделирование……. 116
9. Стандартные тела…… 117
9.1. Параллелепипед……. 117
9.2. Клин…… 118
9.3. Сфера…… 118
9.4. Конус…….. 119
9.5. Цилиндр……. 120
9.6. Тор…….. 121
10. Тела пользователя……. 122
10.1. Выдавленное тело…… 122
10.2. Тело вращения…… 124
11. Тела, созданные комбинированием нескольких тел……. 125
11.1. Объединение объектов…… 126
11.2. Вычитание объектов…….. 126
11.3. Пересечение объектов…….. 127
12. Общие средства редактирования трехмерных объектов…….. 128
12.1. Поворот вокруг оси……. 128
12.2. Зеркальное отображение относительно плоскости (плоскостная симметрия)……. 129
12.3. Размножение трехмерным массивом…….. 130
12.4. Вычерчивание фасок трехмерных тел…… 131
12.5. Построение сопряжений граней…….. 133
12.6. Построение сечений……. 134

12.7. Построение разрезов…… 134
13. Редактирование граней, ребер тел…… 135
13.1. Режим редактирования граней твердотельного объекта…. 136
13.2. Режим редактирования ребер твердотельного объекта……. 140
13.3. Режим редактирования общих свойств
твердотельного объекта……. 141
14. Пример построения трехмерной модели……. 142
15. Перекрывающиеся видовые экраны. Создание ортогональных проекций……... 144
16. Визуализация трехмерных моделей…… 147
16.1. Удаление невидимых линий…… 148
16.2. Раскрашивание трехмерной модели…….. 148
16.3. Тонирование изображений трехмерных объектов…….. 149
16.4. Включение фона в изображение сцены……. 150
16.5. Настройка освещения……. 151
16.6. Тени…… 152
16.7. Работа с материалами…….. 153
Вопросы для самопроверки…….. 154
Заключение…… 155
Список литературы……. 156
Приложения……. 157
Приложение 1. Пример выполнения рабочего чертежа детали…….. 157
Приложение 2. Задание для выполнения графической работы № 1…….. 158
Приложение 3. Задание для выполнения графической работы № 2…….. 164
Приложение 4. Задание для выполнения графической работы № 3…….. 170
Приложение 5. Пример построения твердотельной модели…… 176
Приложение 6. Задание для выполнения графической работы № 4…….. 178

Учебное издание

Шангина Елена Игоревна

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка и графика автора

Подписано в печать 01.02.06. Формат 60x84-1/8. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 23,75. Уч.-изд. л. 11,25. Тираж 200 экз. Заказ № .

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.



Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Т. Е. Савина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD»

по дисциплинам:

«Инженерная и компьютерная графика»,

«Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика»

Екатеринбург – 2019

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

Т. Е. Савина

Методическое пособие по выполнению практической работы «Создание проекционного чертежа средствами AutoCAD» по дисциплинам: «Инженерная и компьютерная графика», «Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Ш20

Рецензент: *Е. И. Шангина*, д-р пед. н., к.т.н., профессор кафедры ИГр УГГУ.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 07.09.2017 г. (протокол № 1) и рекомендованы для издания в УГГУ

Савина Т. Е.

Ш20 Методическое пособие по выполнению практической работы «СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИЕННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD» курсу «Компьютерная графика» для студентов всех специальностей /Т. Е. Савина. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 31 с.

В методическом пособии изложена последовательность и порядок построения проекционного чертежа в системе AutoCAD. Варианты индивидуальных заданий приведены в приложении. Дан пример выполнения графической работы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ……3

1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ……..4

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ……6

3. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 2D ЧЕРТЕЖА……..8

4. ПРИЛОЖЕНИЕ…… …19

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ…… ……..32

СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD

Цель задания:

-закрепление навыков работы с командами построения и редактирования системы AutoCAD в процессе выполнения чертежа, оформленного в соответствии с требованиями стандартов Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД).

Задание содержит 12 вариантов, приведённых в приложении.

По двум заданным изображениям детали построить проекционный чертеж в трех проекциях, на месте соответствующих видов выполнить необходимые разрезы (ГОСТ 2.305-68). Выполнить компоновку чертежа на формате А3 (ГОСТ 2.301-68), с основной надписью формы 1 (ГОСТ 2.104-68).

1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

При выполнении задания необходимо опираться на ГОСТ 2.305-68, 2.307-68, знать интерфейс, основные понятия и принципы работы в системе AutoCAD.

Используя проекционную связь между данными в варианте изображениями, выявить геометрические формы элементов детали, с четким разграничением внутренних и наружных поверхностей. В задании внутренний контур показан штриховыми линиями, для его выявления необходимо использовать разрезы и сечения. Разрезы располагать на месте соответствующих видов. При наличии плоскости симметрии, совмещать половину вида с половиной разреза на одном изображении. После выполнения разрезов штриховые линии на видах не показывают.

Изображения на чертеже располагать равномерно, расстояния между ними выбирать с учетом простановки размеров в соответствии с ГОСТ 2.307-68. При простановке размеров необходимо помнить:

1.Размеры указывают истинные, независимо от масштаба, в котором выполнен чертеж.

2.Линейные размеры проставляют в миллиметрах, без указания размерности, угловые – с единицами измерения (градусы, минуты, секунды).

3.В машиностроительном черчении не допускается замкнутая размерная цепочка.

4.Минимальное расстояние между размерной линией и линией контура – 10 мм, между последующими размерными линиями – 7 мм. Чтобы размерные линии не пересекались сначала (ближе к контуру) ставят меньшие размеры.

5.Если изображения состоят из половины вида и половины разреза, то размерные линии обрывают за осью симметрии, при этом размерное число ставят полным и ближе к середине.

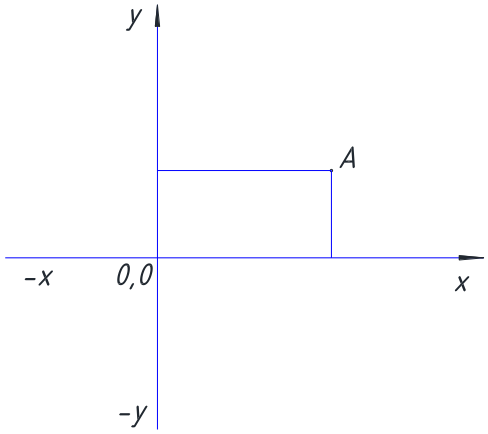
6. Размеры, относящиеся к наружным и внутренним поверхностям, группируют отдельно: наружные – со стороны вида, внутренние – со стороны разреза.

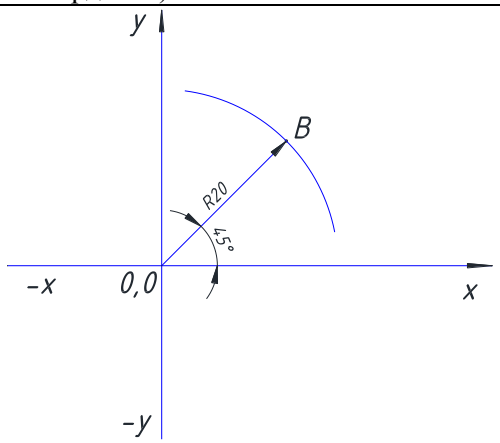
7.Размеры относящиеся к одному и тому же элементу (отверстию, пазу и т.п.), располагают в одном месте того изображения, где наиболее полно читается его форма.

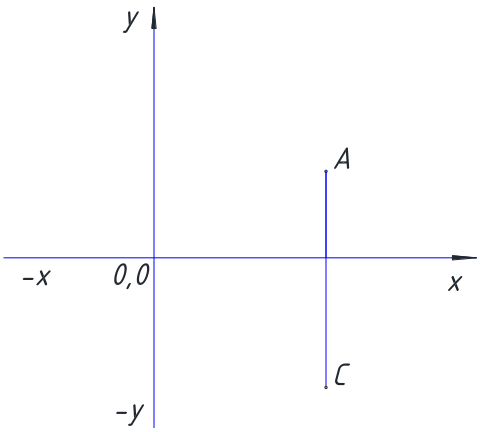
2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

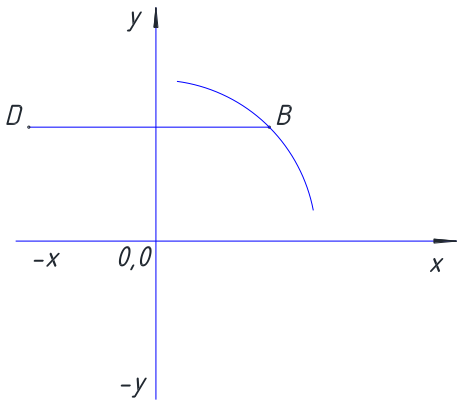
- Все изображения строятся в пространстве модели, в масштабе 1:1.
- Фрагменты чертежа: осевые и центровые линии, вспомогательные построения, чистовая обводка, размерные лини и т.д. принято размещать на разных слоях. Послойная грамотная организация чертежа позволяет сократить время по его разработке.
- Точность геометрических построений обеспечивается способами задания точки:

1. Координатный (ввод с командной строки)

<table>
<tr><th>Прямоугольные координаты</th><th>Полярные координаты</th></tr>
<tr><td colspan="2">Абсолютные
(отсчет от начала системы координат)</td></tr>
<tr><td>

x, y
т.A: 20,10</td><td>

R< φ
т.B: 20<45</td></tr>
<tr><td colspan="2">Если в строке состояния включен режим ДИН (динамический ввод), то перед абсолютными координатами необходимо указывать символ #</td></tr>
<tr><td colspan="2">Относительные
(отсчет от последней введенной точки, первую точку задать НЕЛЬЗЯ)</td></tr>
<tr><td>

@x,y
т.C: @0,-25</td><td>

@R< φ
т.D: @30<180</td></tr>
</table>

2. Применение режимов рисования таких, как **СЕТКА** и **ШАГ**, **ОРТО** или **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ**, **ОБЪЕКТНЫЕ ПРИВЯЗКИ**.

Соответствующие кнопки находятся на строке состояния.

Кнопка  режима **СЕТКА (F7)** позволяет включать или выключать отображаемую на экране сетку из линий с настраиваемым шагом. Эта видимая сетка может не совпадать с невидимой сеткой, используемой в режиме **ШАГ**.

Кнопка режима **ШАГ (F9)** дает возможность включать или выключать шаговую привязку к точкам невидимой сетки с определенным настраиваемым шагом (перемещение курсора тогда осуществляется не непрерывно, а только по узлам этой сетки) или полярную привязку (в этом случае, при включении **ПОЛЯРНОГО ОТСЛЕЖИ-ВАНИЯ,** движение курсора вблизи заданных углов осуществляется с заданными направлением и шагом).

Кнопка  **ОРТО (F8)** включает и выключает режим ортогональности (курсор перемещается вертикально и горизонтально).

Кнопка  режима **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ (F10)** является расширением режима ОРТО на углы с некоторым настраиваемым шагом.

Кнопка  режима **ПРИВЯЗКА (F3)** позволяет включить или выключить постоянное действие объектных привязок (привязок к характерным точкам существующего объекта).

3. Быстрый метод «**Направление + расстояние**». Направление фиксируется с помощью одного из режимов **ОРТО** или **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ**, а расстояние задается с клавиатуры без символа @.

Любое изображение создается с помощью базового набора графических примитивов. К наиболее часто используемым примитивам относятся **ОТРЕЗОК (LINE)**, **ОКРУЖНОСТЬ (CIRCLE)**, **ДУГА (ARC)**, **ПОЛИЛИНИЯ (POLYLINE)** и т.д.

При выполнении задания важную роль играют команды редактирования:

- Для четкой разметки элементов изображения целесообразно использовать команду **ПОДОБИЕ (OFFSET)** позволяющую создавать параллельные отрезки и полилинии, концентрические дуги и окружности, подобные существующим и отстоящие от исходных на заданное расстояние.
- При наличии симметрии достаточно построить половину изображения и отобразить с помощью команды **ЗЕРКАЛО (MIRROR)** относительно заданной оси, которая определяется двумя точками.

- Повторяющиеся объекты размножить командами **КОПИРОВАТЬ** (**COPY)** или **МАССИВ (ARRAY).**
- Для построения фасок и сопряжений применить команду **ФАСКА (CHAMFER)** и **СОПРЯЖЕНИЕ (FILLET).**
- Для удаления части объекта использовать команду **ОБРЕЗАТЬ (TRIM),** которая удаляет объект с помощью пересекающих его других объектов (режущих кромок) или команда **РАЗОРВАТЬ (BREAK),** позволяющий удалить части примитива в 2х указанных точках.
- После завершения всех построений необходимо выполнить компоновку изображений внутри выбранного формата. Для этого применяется команда **ПЕРЕНЕСТИ (MOVE)** и при необходимости **МАСШТАБ (SCALE).**

Завершающий этап – простановка размеров и выполнения текстовых надписей. Предварительно необходимо настроить текстовый и размерный стили в соответствии с ЕСКД.

3. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 2D ЧЕРТЕЖА

Порядок построения чертежа рассмотрим на примере варианта 13

1. Запустить AutoCAD. Создать новый файл-чертеж на основе шаблона **Acadiso.dwt** (папка *Template*) с именем соответствующим названию детали. Файл сохранить в предварительно созданной папке, названной по фамилии студента в папке *Мои документы*. Например:*Основание.dwg/Иванов_ЭЭТ/Мои документы*
2. Настройки и рабочая среда чертежа
Выбранный шаблон позволит сэкономить время на настройку единиц измерения и лимитов (границ) чертежа. Шаблон **Acadiso.dwt** уже имеет необходимые настройки: метрические единицы и границы 420х297мм.
3. Настроить интервал видимой сетки -10 мм, интервал шаговой привязки - 5мм. Диалоговое окно **Режимы рисования** (рис 1) можно вызвать, щелкнув правой кнопкой мыши на одной из кнопок соответствующих режимов, например, **ШАГ.** После настройки параметров шага и сетки перейти на вкладку **Объектная привязка** и выбрать следующие привязки: кон. точка; точка пересечения ; центр; касательная.

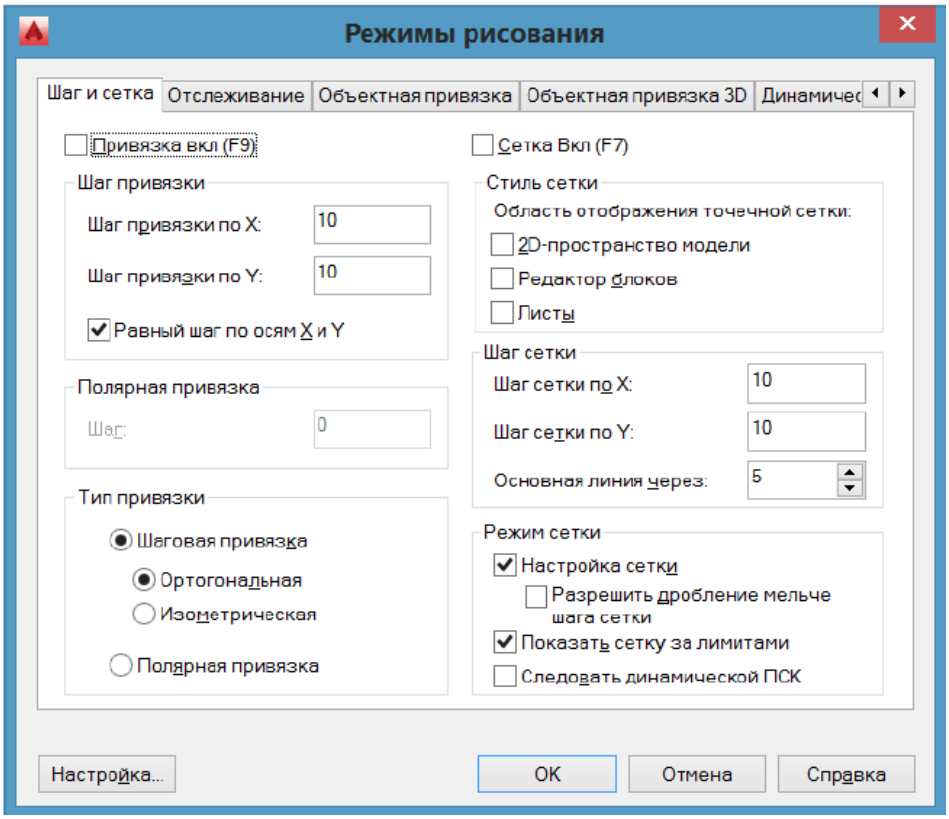


Рис.1

4. Создать слои. Открыть диалоговое окно **Диспетчер свойств слоев,** рис.2 (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Слои** →  **),** выбрать команду **СОЗДАТЬ СЛОЙ** 

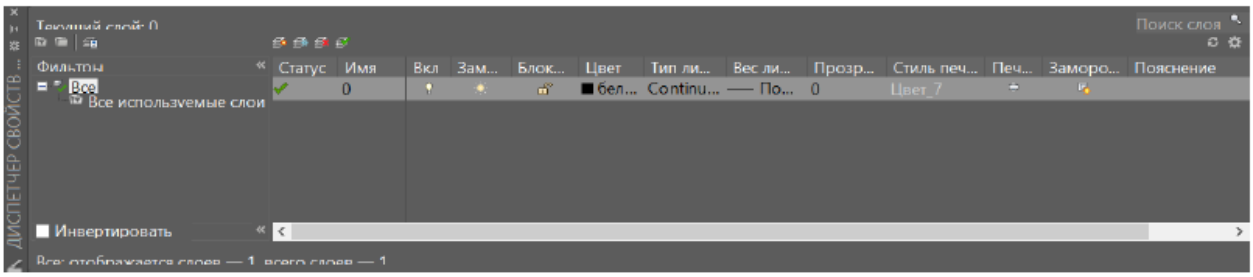


Рис.2

Название	Цвет	Тип линии	Вес (толщина) линии, мм
Слой ***Оси***	красный	штрихпунктирная	0.15
Слой ***Черновик***	зеленый	сплошная	0.15
Слой ***Контур***	белый или черный (контрастный по отношению к фону в окне чертежа)	сплошная	0.5
Слой ***Штриховка***	синий	сплошная	0.15
Слой ***Размеры***	синий	сплошная	0.15
Слой ***Рамка***	белый или черный	сплошная	0.15

*Обратите внимание на свойства объекта (примитива): цвет, тип и толщина линий должны быть настроены «по слою» (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Свойства**). Толщина линий отображается при включенном режиме **отображение/скрытие веса линий** 

5. Сделать текущим слой «Оси».

Проведем осевые и центровые линия вида сверху с которого удобнее начать построение .

Команда **ОТРЕЗОК**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): построить горизонтальную линию от т.1 (50;100) длиной 220 мм (т.2). Вертикальную линию от т.3 (85,50) длиной 108мм (т.4), рис.3.

Проведем с помощью команды **ПОДОБИЕ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**) вторую вертикальную линию на расстояние 110 мм справа от первой, рис.3.

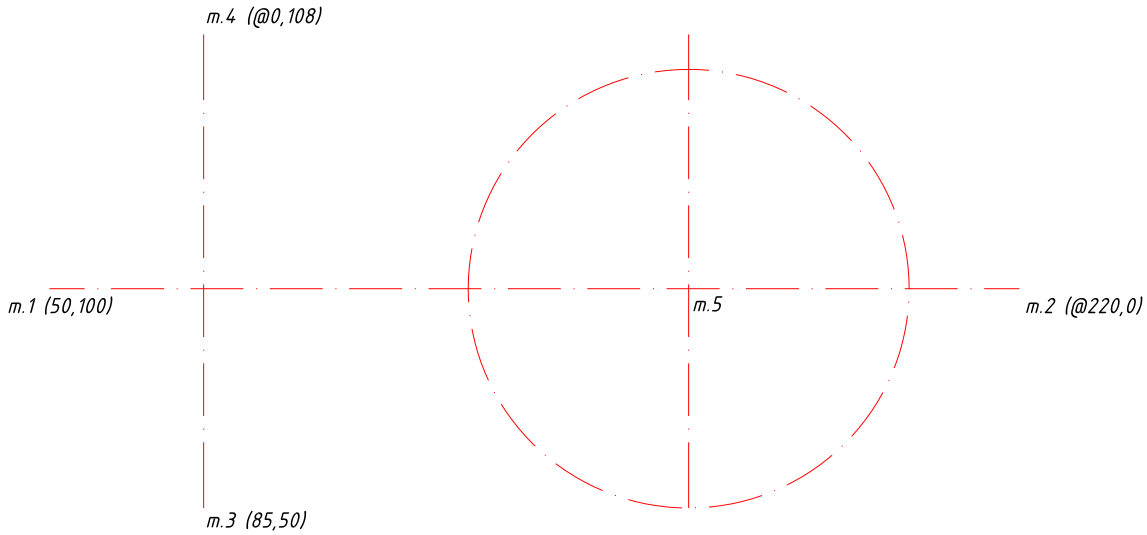


Рис. 3

Построить окружность (команда **ОКРУЖНОСТЬ**  **- Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**) с центром в т.5 ,которая выбрана с помощью объектной привязки пересечение, и R 50.

6. Текущий слой «Контур»

Построить 4 окружности, см рис.4:

- окружность O_1, R70
- окружность O_2, R10
- окружность O_3, R16
- окружность O_3, R32

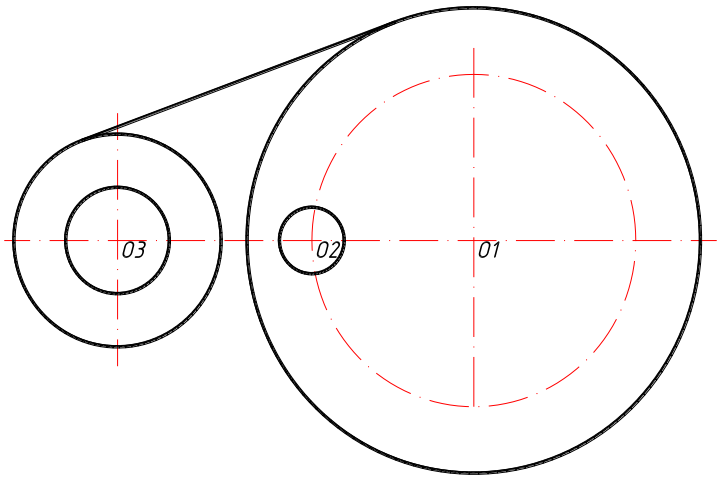


Рис. 4

Провести внешнюю касательную к окружности (O_3, R32) и окружности (O_1, R70):

Команда **ОТРЕЗОК:**

от точки : указать т-ку на окружности задающую первую касательную (объект. привязка «кас» включена)

След. точка: указать точку на другой окружности, задающий вторую касательную рис.4.

Зеркально отобразить построенный отрезок. Команда **ЗЕРКАЛО** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**):

Выбрать отрезок, подтвердить выбор (клавиша «Enter»).

Указать с помощью объектной привязки пересечение т. O_1 и O_3. Исходный объект не удалять.

Удалить часть окружности (O_3, R32) между касательными. Команда **ОБРЕЗАТЬ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**): сначала указать «режущие кромки» - все касательные, подтвердить выбор нажатием клавиши «Enter».В ответ на следующий запрос необходимо выбрать ту часть окружности, которую надо удалить. Результат см. на рис. 5.

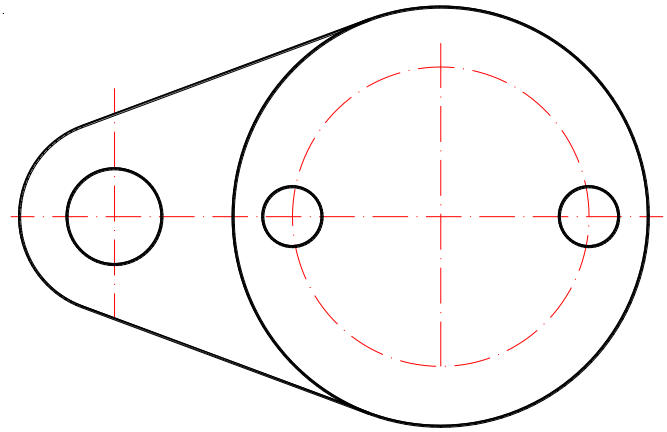


Рис. 5.

Скопировать окружность R=10. Команда **КОПИРОВАТЬ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**): позволяет выбрать выбранные объекты параллельно вектору переноса, который задается начальной и конечной точкой.

7. Текущий слой «Черновик», на котором нужно выполнить вспомогательные построения для отверстия со шпоночным пазом и ребра жесткости. Построить окружность с центром O_1 и R=30. Наметить ширину и глубину шпоночного паза.

Команда **ПОДОБИЕ**: величина смещения 8 мм, выбрать вертикальную центровую линию, указать произвольную точку сначала справа, затем слева от этой линии.

Команда **ПОДОБИЕ:** величина смещения 36 мм, выбрать горизонтальную штрих пунктирную линию, указать точку ниже исходной линии, (рис 6).

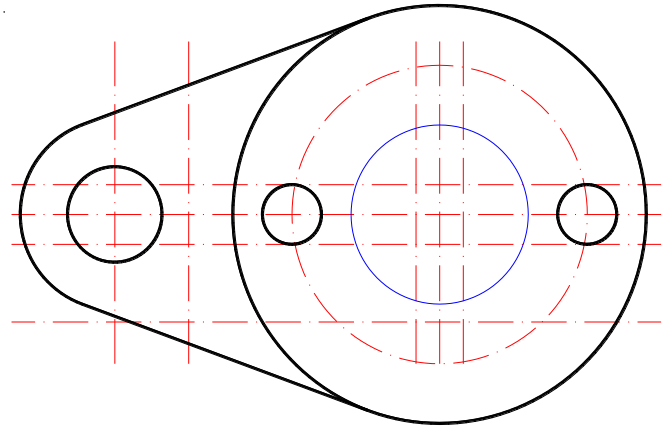


Рис. 6

Толщину и длину ребра жесткости так же наметить с помощью команды **ПОДОБИЕ** в соответствии с размерами элемента, заданными на исходном чертеже (см. задание).

Все полученные, в результате выполнения этой команды, линии находятся на слое «оси», так же как и исходный объект.

Чтобы перенести эти линии на слой «Черновик», необходимо выбрать линии и изменить слой на ленте меню или в окне свойства.

8. Текущий слой «Контур»

Произвести чистовую обводку контуров отверстия со шпоночным пазом. Используя команду **ПОЛИЛИНИЯ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): построить линейные и дуговые сегменты, точки задать с помощью объектной привязки **пересечение**. Обводку дуги удобнее выполнить против часовой стрелки. Контур ребра жесткости так же выполнить командой **ПОЛИЛИНИЯ**, рис. 7.

9. На месте главного вида необходимо построить фронтальный разрез.

Текущий слой «черновик».

Наметить длину с помощью линий проекционной связи. Построить вертикальные линии: от точки – указать первую точку с помощью объектной привязки **пересечение** на виде сверху; вторая точка – указать курсором при включенном режиме **Орто**, либо задать через относительные координаты (длина 210 мм), рис. 8.

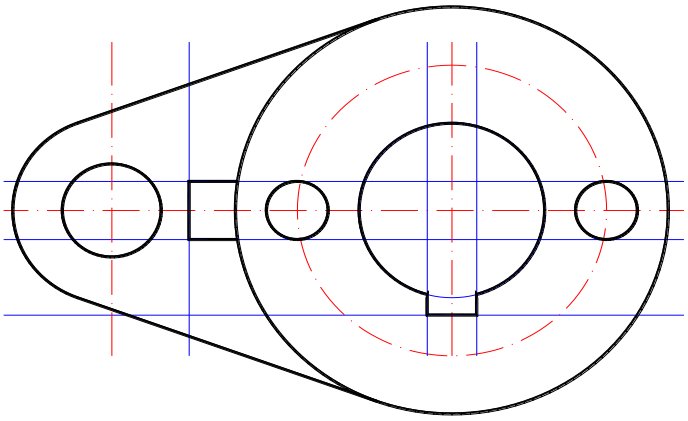


Рис.7

Разметку по высоте удобно выполнить с помощью команды **ПОДОБИЕ**. Выбрать горизонтальную осевую линию и построить подобную ей на расстоянии 130мм к верху от исходной. Построить еще две параллельные линии на расстоянии соответственно 30 и 50 мм к верху от предыдущей. Все три построенные линии перенести на слой «Черновик», рис.8.

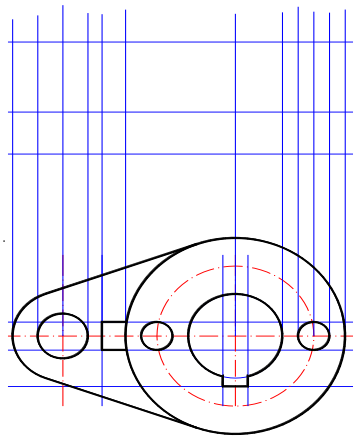


Рис.8

10. Текущий слой «Контур».
Командой **ПОЛИЛИНИЯ** выполнить:

-обводку внешнего контура, указав точки с помощью объектной привязки **пересечение**;

-ребра жесткости;

-обвести очерковые образующие отверстий в основании и цилиндрической части. Для построения отверстий в цилиндрической части рекомендуется использовать команду **ЗЕРКАЛО**, рис.9.

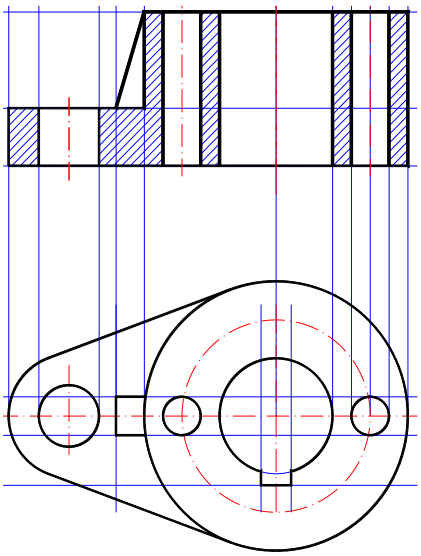


Рис.9

11. Текущий слой «Штриховка».

Команда **ШТРИХОВКА**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): выбрать образец ANSI и указать по одной точке внутри каждой из замкнутых областей, подлежащих штриховке, рис. 10.

12. Текущий слой «Оси».

Командой **ОТРЕЗОК** провести осевые линии поверх линий проекционной связи, выходя за контур на 3-5 мм, рис. 10.

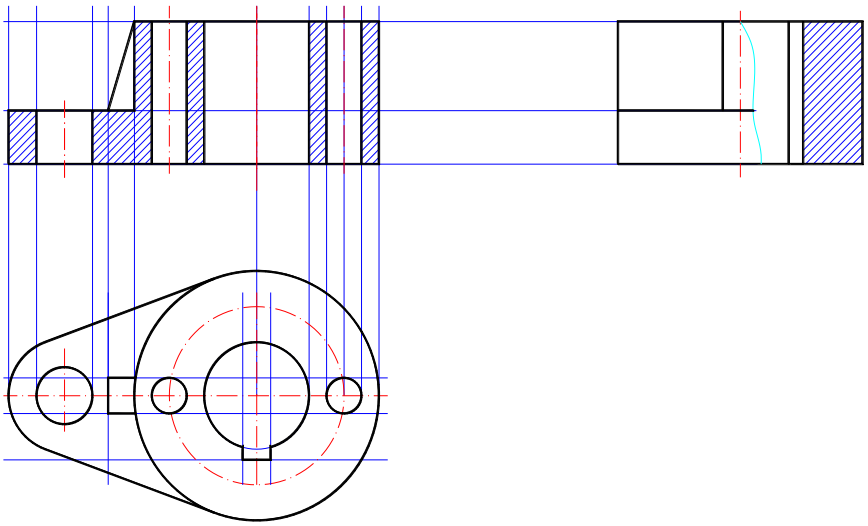


Рис. 10.

13. Строим вид слева, используя местный разрез для выявления шпоночного паза.
Текущий слой «Черновик».

Наметить высоту элементов с помощью линий проекционной связи.

Команда **ОТРЕЗОК**: провести три горизонтальные линии (рис. 10), длиной примерно 250мм.

Для разбивке по ширине применить команду **ПОДОБИЕ.**

Дальнейшие построения выполнить самостоятельно по вышеописанной схеме (см. построение фронтального разреза).

Разграничить вид и разрез сплошной волнистой линией. Так как это линия сплошная тонкая выполнить ее можно на слое «Штриховка» командой **СПЛАЙН**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**).

14. Оформить 2D чертеж возможно как в пространстве листа, так и в пространстве модели. В целях облегчения усвоения материала выберем второй вариант.
Для оформления чертежа необходима рамка формата А3 с основной надписью формы1. Если готовая рамка с основной надписью есть, то вставить ее в текущий файл можно через буфер обмена или как внешний блок.

Чтобы вычертить рамку надо сделать текущим слой «Рамка». Толщина линий на этом слое равна 0.2 мм, толщину основных линий зададим командой **ПОЛИЛИНИЯ.**

С помощью команды **ПРЯМОУГОЛЬНИК**  **(Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование)** наметим границы формата (первый угол:0, 0; второй угол:420, 297)

Команда **ПОЛИЛИНИЯ.** Задать координаты первой точки рамки: 20,5; затем перейти на опцию **ширина** и задать начальную ширину:0.6; конечную ширину: 0.6. После указания ширины нужно указать координаты 2-й точки: @395,0;

координаты 3-й точки: @0,287;

координаты 4-й точки: @-395,0

и перейти на опцию **замкни.**

Основная надпись содержит линии различной толщины. Сначала вычертить границы рамки тонкими линиями.

Команда **ОТРЕЗОК.** Начертить последовательно вертикальный и горизонтальный отрезки

от точки: 215,50

до точки:@0,55

до точки:@185,0

Размножить построенные линии командой **ПОДОБИЕ,** удалить лишние фрагменты командой **ОБРЕЗАТЬ** и выполнить обводку основных толстых линий командой **ПОЛИЛИНИЯ** (рис. 11)

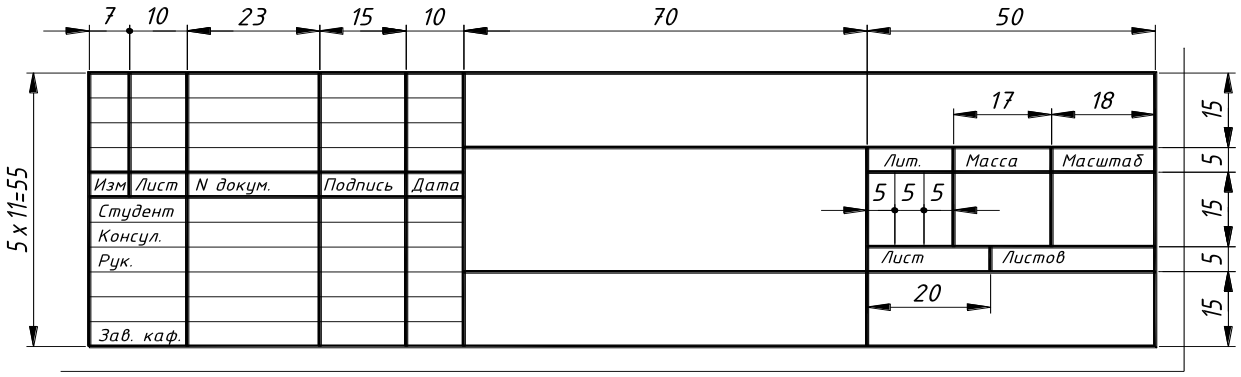


Рис.11.

Перед заполнением основной надписи необходимо настроить стиль текста. Диалоговое окно «Стиль текста» можно открыть через **Ленту:** вкладка **Главная** → панель **Аннотации** → **.** Это окно позволяет редактировать текущий или создать новый текстовый стиль, который определяется выбором шрифта *isocpeur*, наиболее соответствующего ЕСКД, высотой букв (в окне высоту задать о), углом наклона 15 градусов от вертикали.

Надписи выполнять командой **ТЕКСТ (Лента:** вкладка **Главная**→панель **Аннотации▼**→) высотой 2,5; 7; 5мм, высоту удобнее менять непосредственно в команде **ТЕКСТ.**

Компоновка чертежа. Изображения должны отстоять друг от друга, а также от рамки чертежа примерно на одинаковое расстояние по вертикали и горизонтали. Расстояния должны быть достаточными для простановки размеров и обозначений. Передвинуть изображения, при необходимости, позволяет команда **ПЕРЕМЕСТИТЬ,** уменьшить или увеличить команда **МАСШТАБ.** В нашем случае воспользуемся командой **МАСШТАБ**  **(Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование)** и уменьшим изображения в 2 раза. После выбора объектов, указать базовую точку (точка, не меняющая своего положения, после масштабирования)

Простановка размеров. Размеры представляют собой сложные примитивы, состоящие из размерных чисел (текстовая составляющая), выносных и размерных линий. По умолчанию AutoCAD создает ассоциативные размеры, то есть зависимые от объектов, к которым они привязаны. Это означает, что при редактировании основного объекта будут автоматически изменяться и связанные с ним размеры.

Перед простановкой размеров рекомендуется настроить размерный стиль соответствующий требованиям ЕСКД через диалоговое окно «Диспетчер размерных стилей» **(Лента:** вкладка **Главная** → панель **Аннотации▼** → **.** В окне отображается список размерных стилей

текущего чертежа, текущий стиль выделен. Стиль определяет внешний вид размеров. Кнопка **Редактировать,** вызывает диалоговое окно **Изменение размерного стиля,** в котором производится изменение параметров стиля.

Вкладка **Текст** этого окна позволяет выбрать стиль и высоту текста (3,5 мм), ориентацию текста – согласно ИЗО.

Вкладка **Основные единицы** позволяет задать единицы измерения, точность и масштаб размерных чисел. В нашем примере масштаб равен **2!**

После настройки размерного стиля переходим непосредственно к простановке размеров.

Текущий слой «Размеры»

Проставим сначала высоту детали на главном виде. Команда **РЗМЛИНЕЙНЫЙ (Лента:** вкладка **Главная →** панель **Аннотации →** **):**

Начало первой выносной линии или<выбор объекта>: с помощью объектной привязки указать правую нижнюю точку на главном виде

Начало второй выносной линии: указать верхнюю правую точку

Положение размерной линии или [МТекст/Текст/Угол/Горизонтальный/Вертикальный/Повернутый]:требуется щелчком мыши указать точку на расстоянии не менее 10мм от крайней правой вертикальной контурной линии главного вида

Размерный текст<80>

По указанным на объекте точкам, система сама определяет какой тип размера (вертикальный, горизонтальный) необходимо проставить. Опции **МТекст** (многострочный текст**)** и **Текст** позволяют редактировать размерный текст. Можно полностью изменить текст или сохранить выведенное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, когда необходимо, текст до или после скобок. Так для указания знака диаметра перед размерным числом указывают символы %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.

Проставить все оставшиеся линейные размеры самостоятельно, рис.11.

Нанести радиальный размер – команда **РЗМРАДИУС (Лента:** вкладка **Главная →** панель **Аннотации →** **):**

Выберите дугу или круг: указать курсором дугу на виде сверху

Размерный текст <32>

Положение размерной линии или [МТекст/Текст/Угол]: указать точку местоположения размерной линии (она определяет внутри или снаружи будет расположен размер)

Обозначение фронтального разреза выполнить на слое «Размеры», используя команды **ПОЛИЛИНИЯ, ЗЕРКАЛО, ТЕКСТ,** самостоятельно, рис.12.

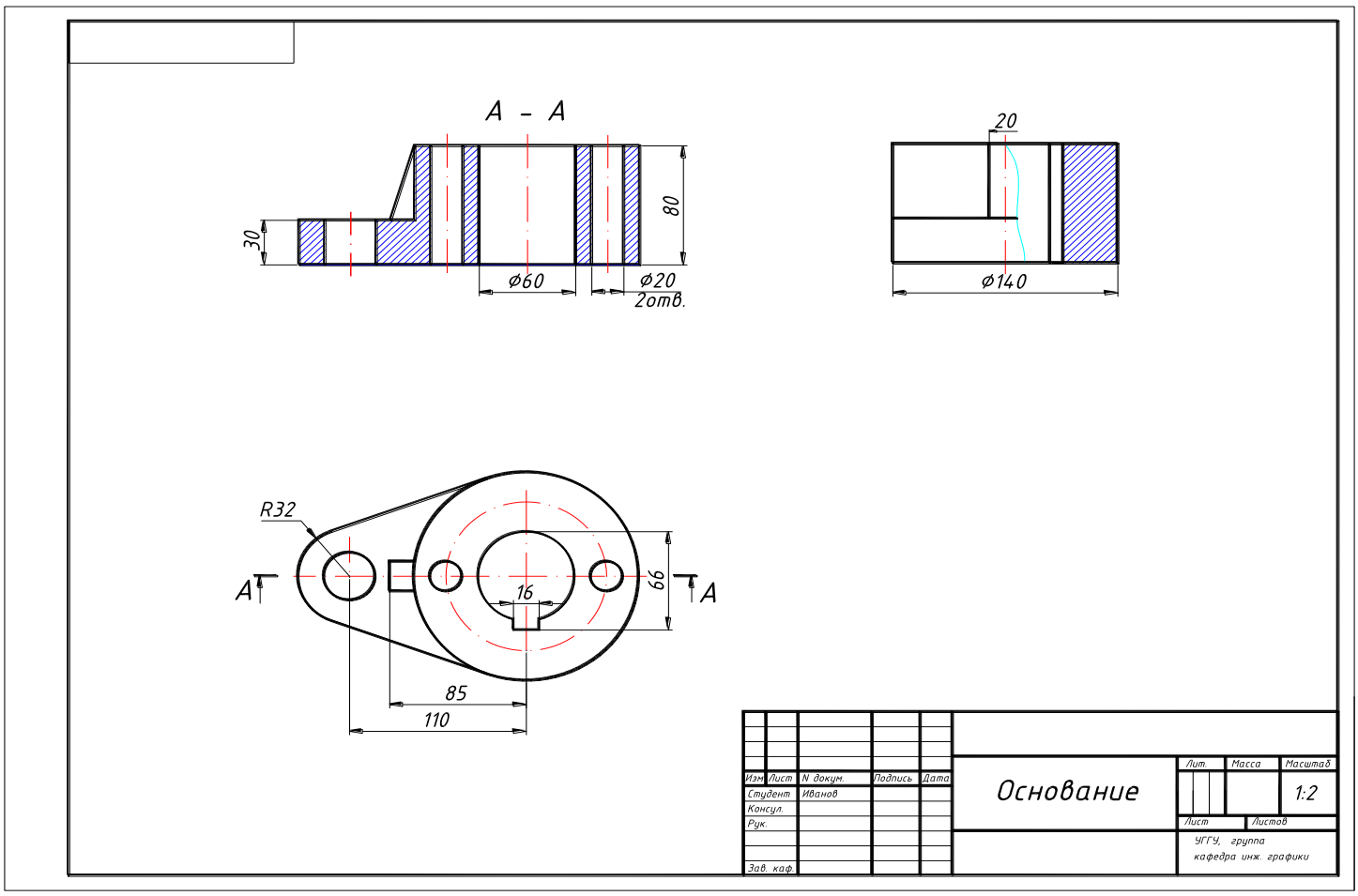
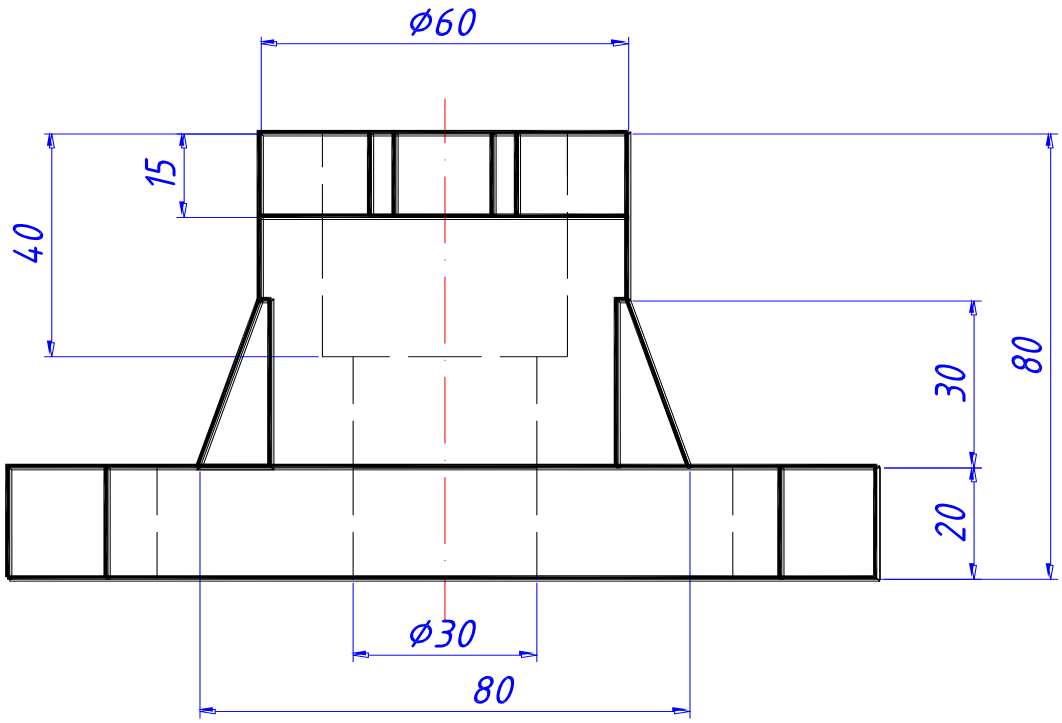
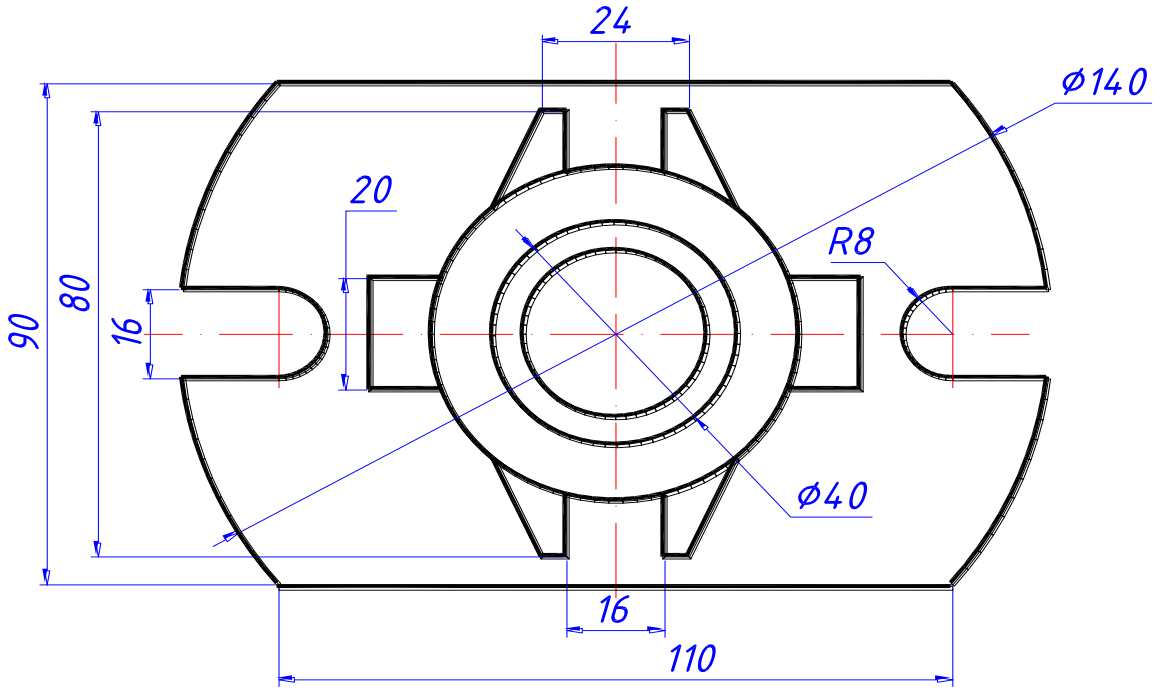

А - А
30
80
ø60
ø20
2отв.
20
ø140
R32
А
А
16
66
85
110
Изм. Лист N докум. Подпись Дата
Студент Иванов
Консул.
Рук.
Зав. каф.
Основание
Лит. Масса Масштаб
1:2
Лист Листов
УГГУ, группа
кафедра инж. графики

Рис.12

4. ПРИЛОЖЕНИЕ

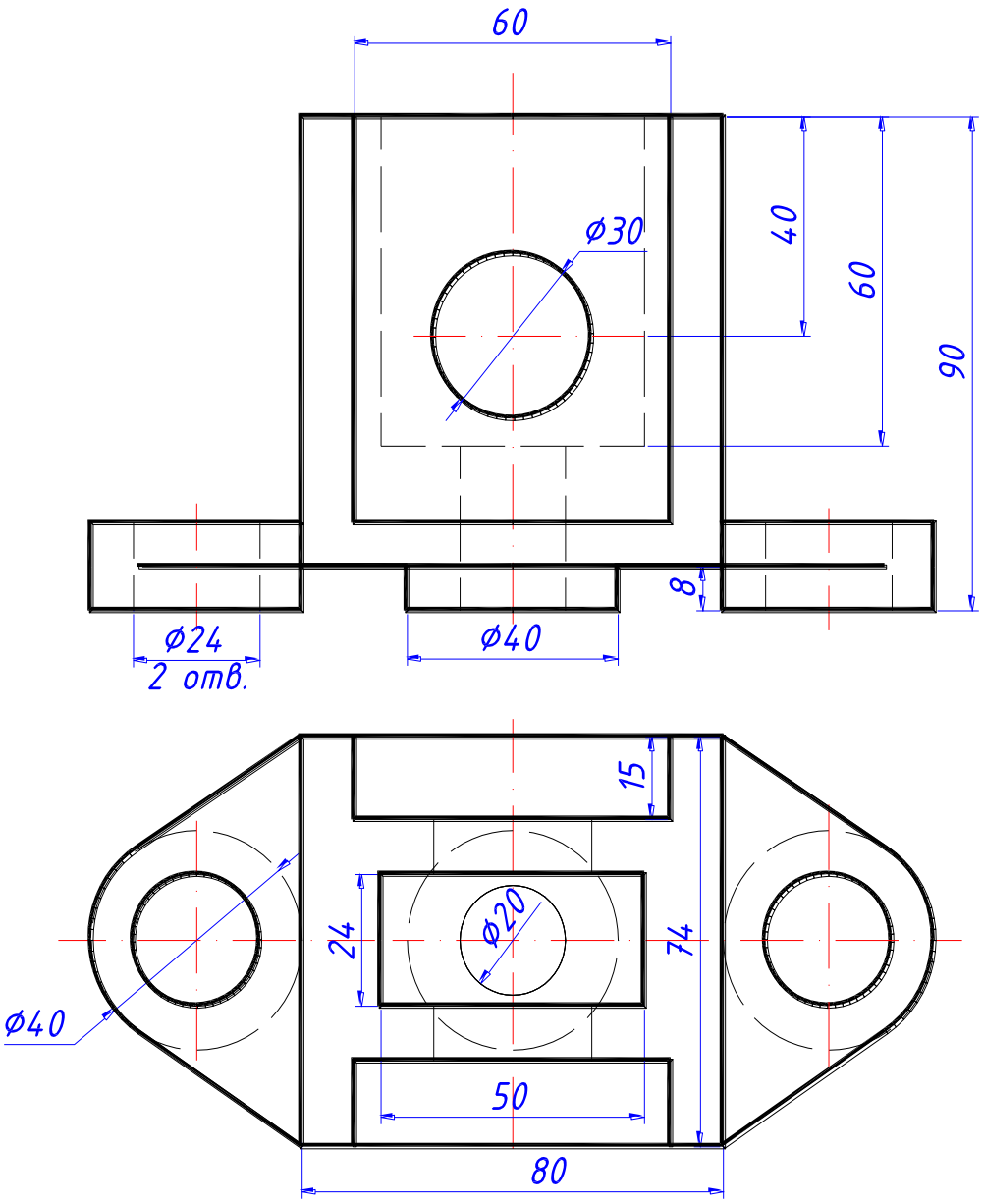
Вариант1





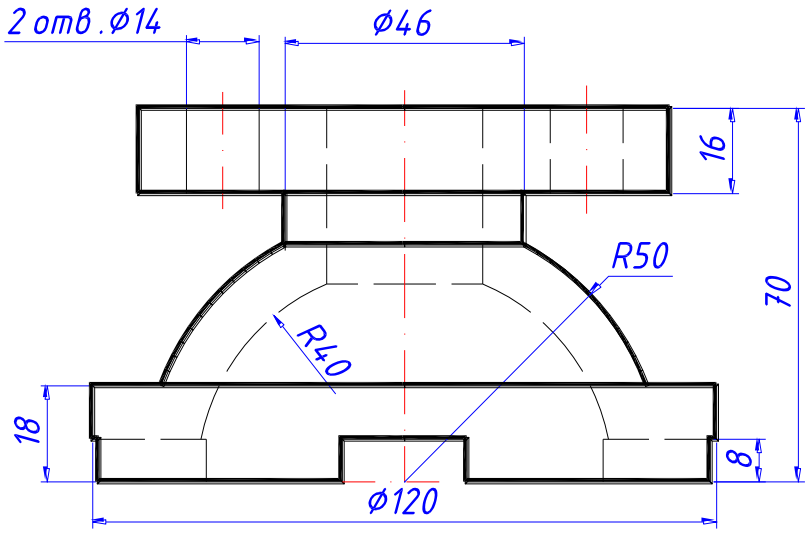
Корпус

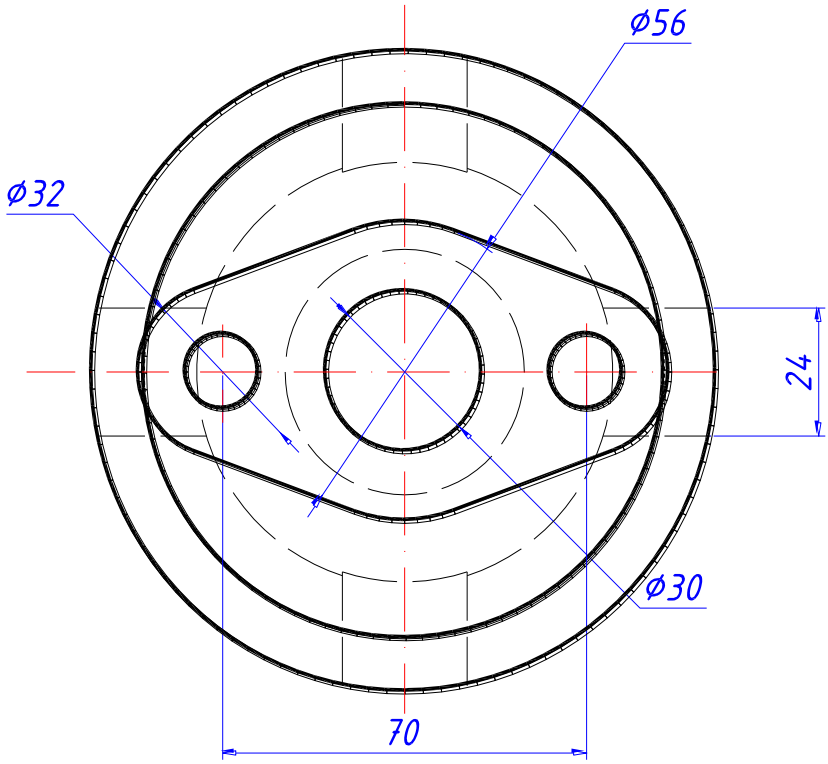
Вариант 2



Основание

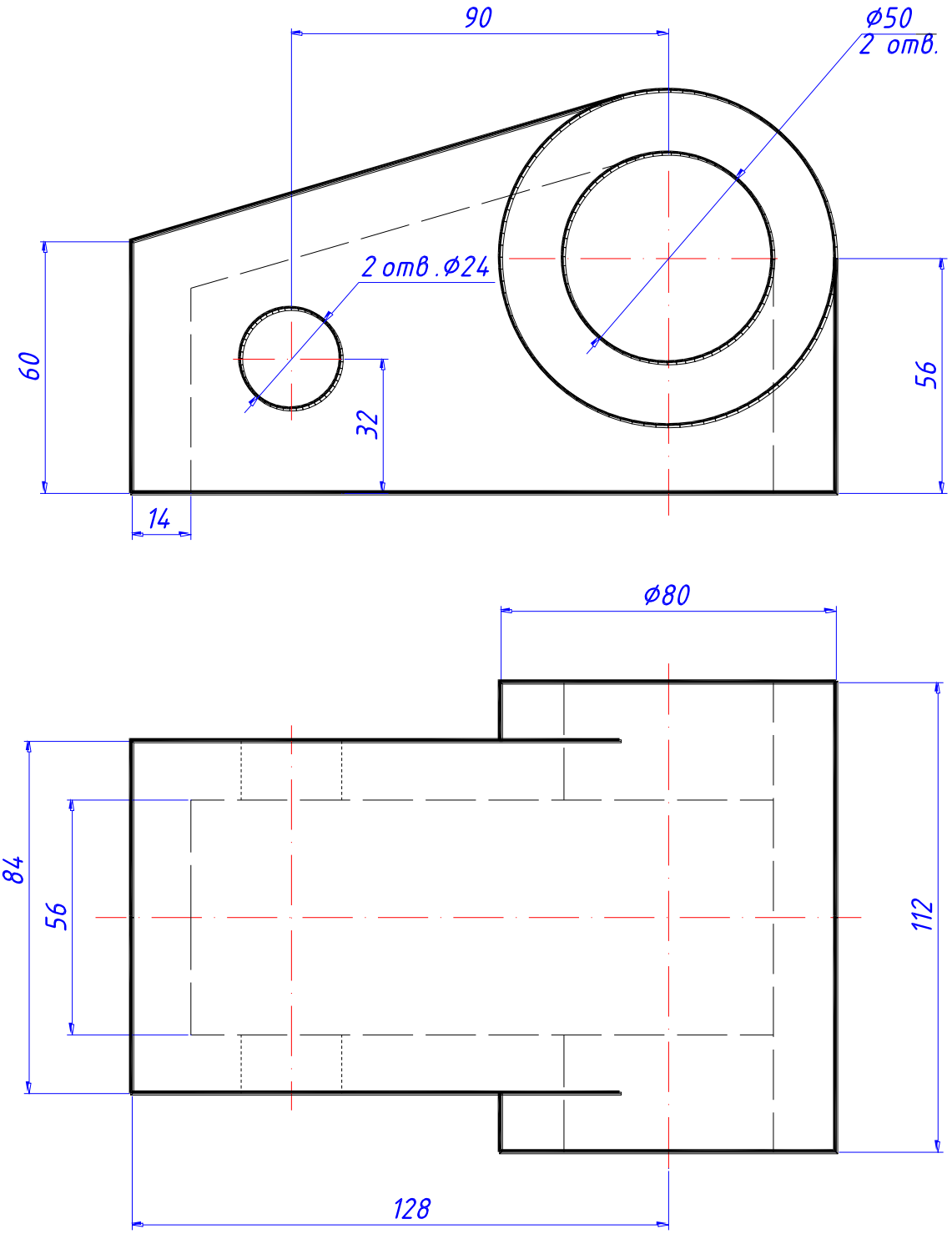
Вариант 3





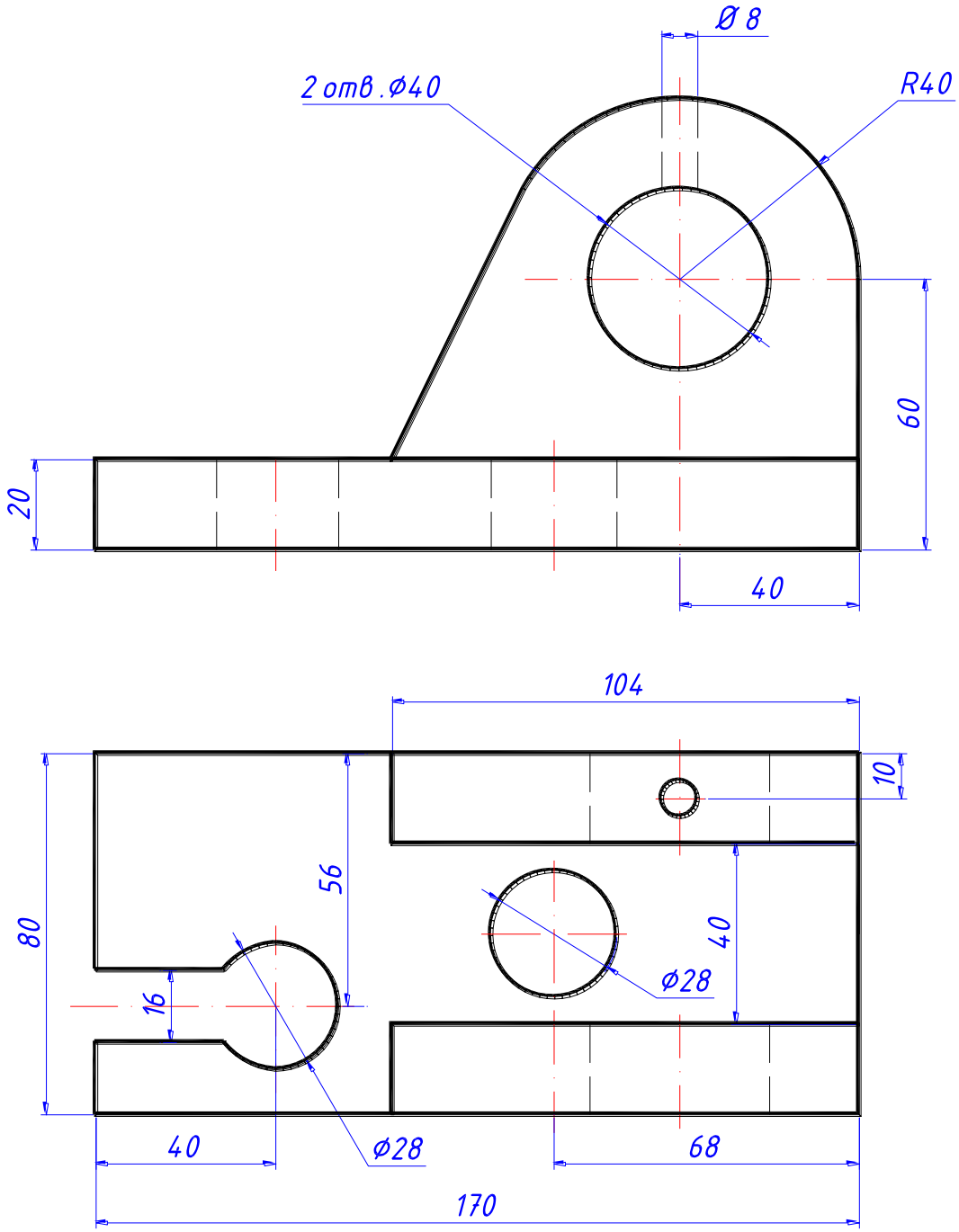
Крышка

Вариант 4



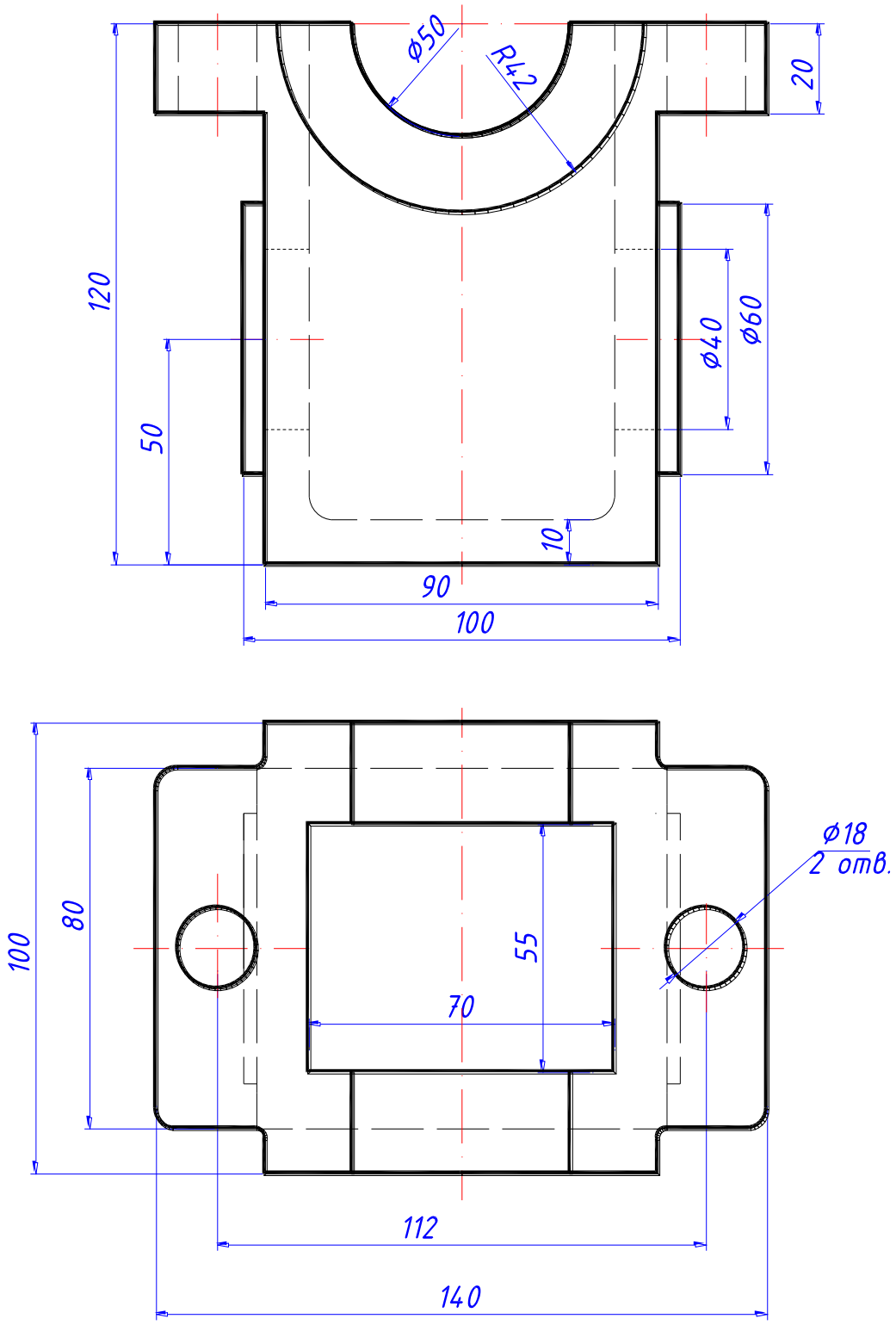
Кожух

Вариант 5



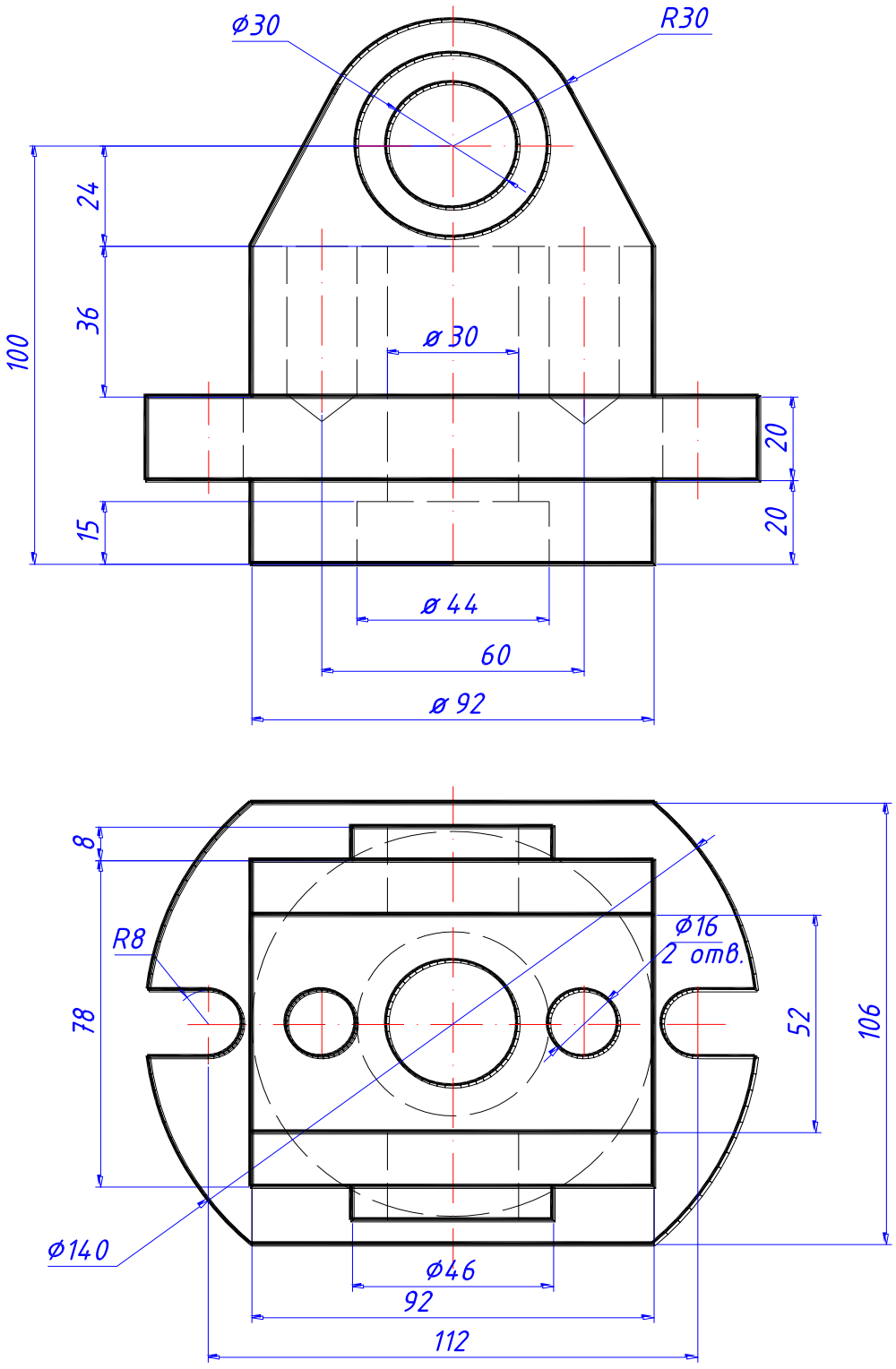
Проушина

Вариант 6



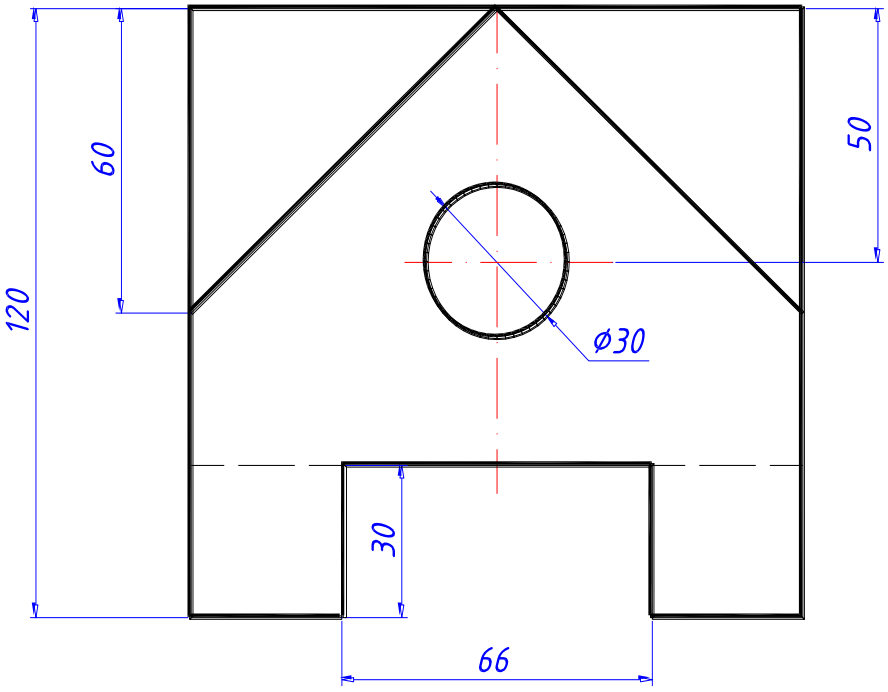
Корпус

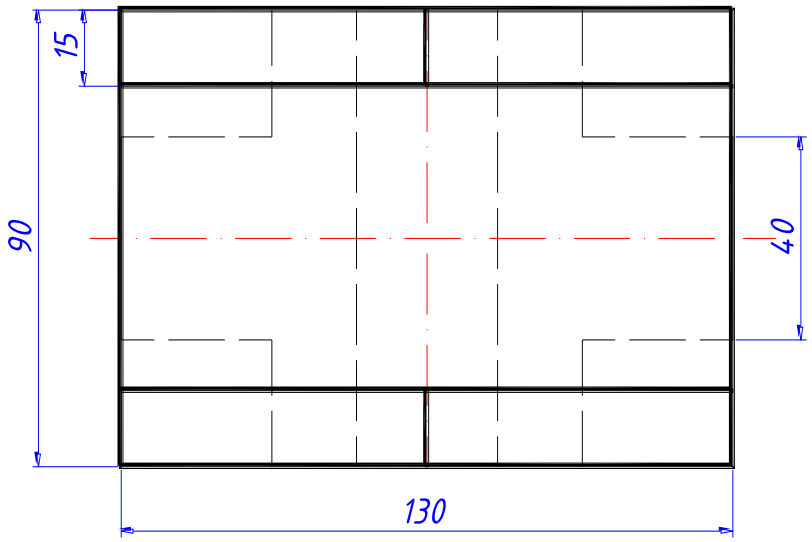
Вариант 7



Проушина

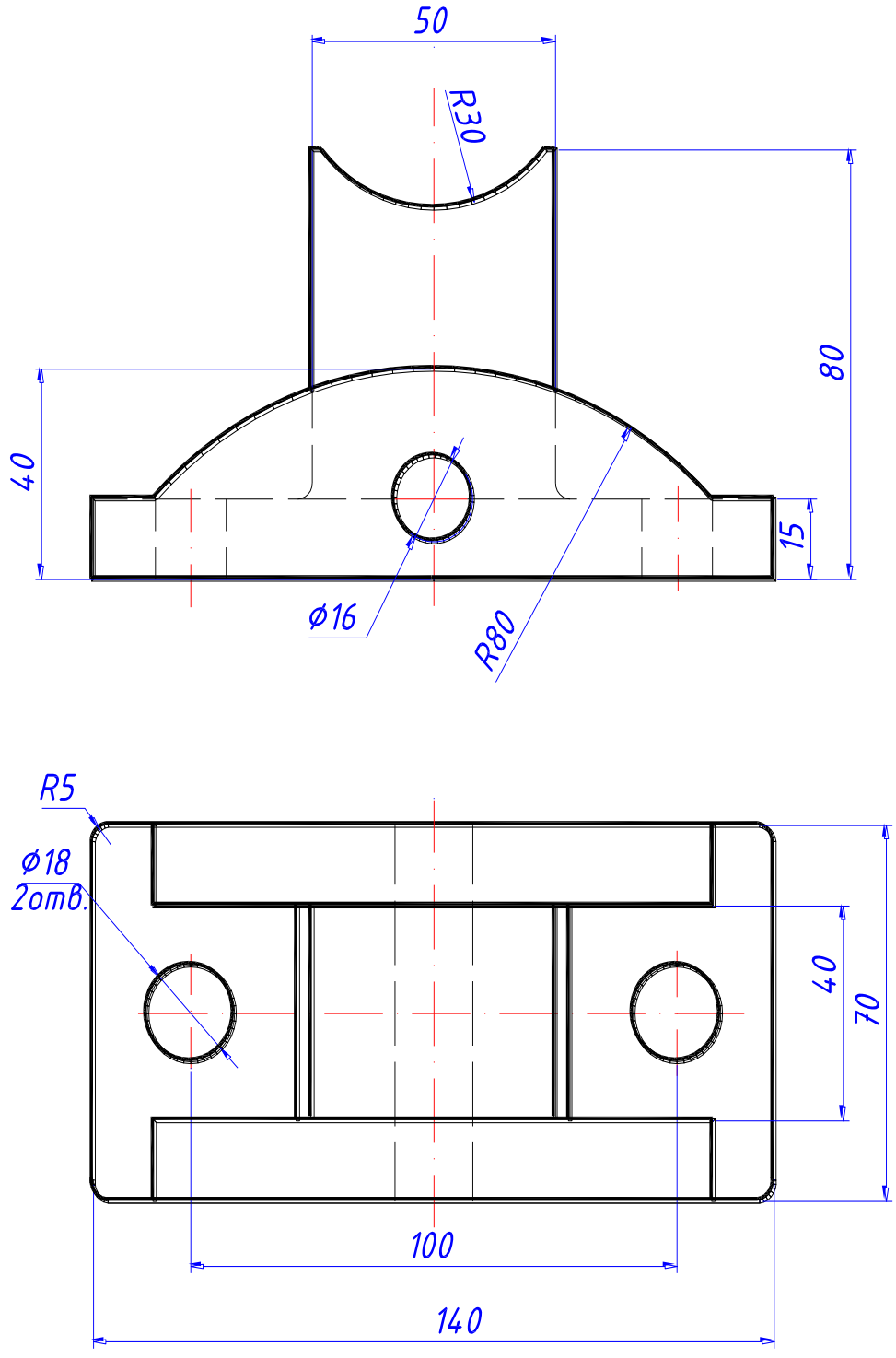
Вариант 8





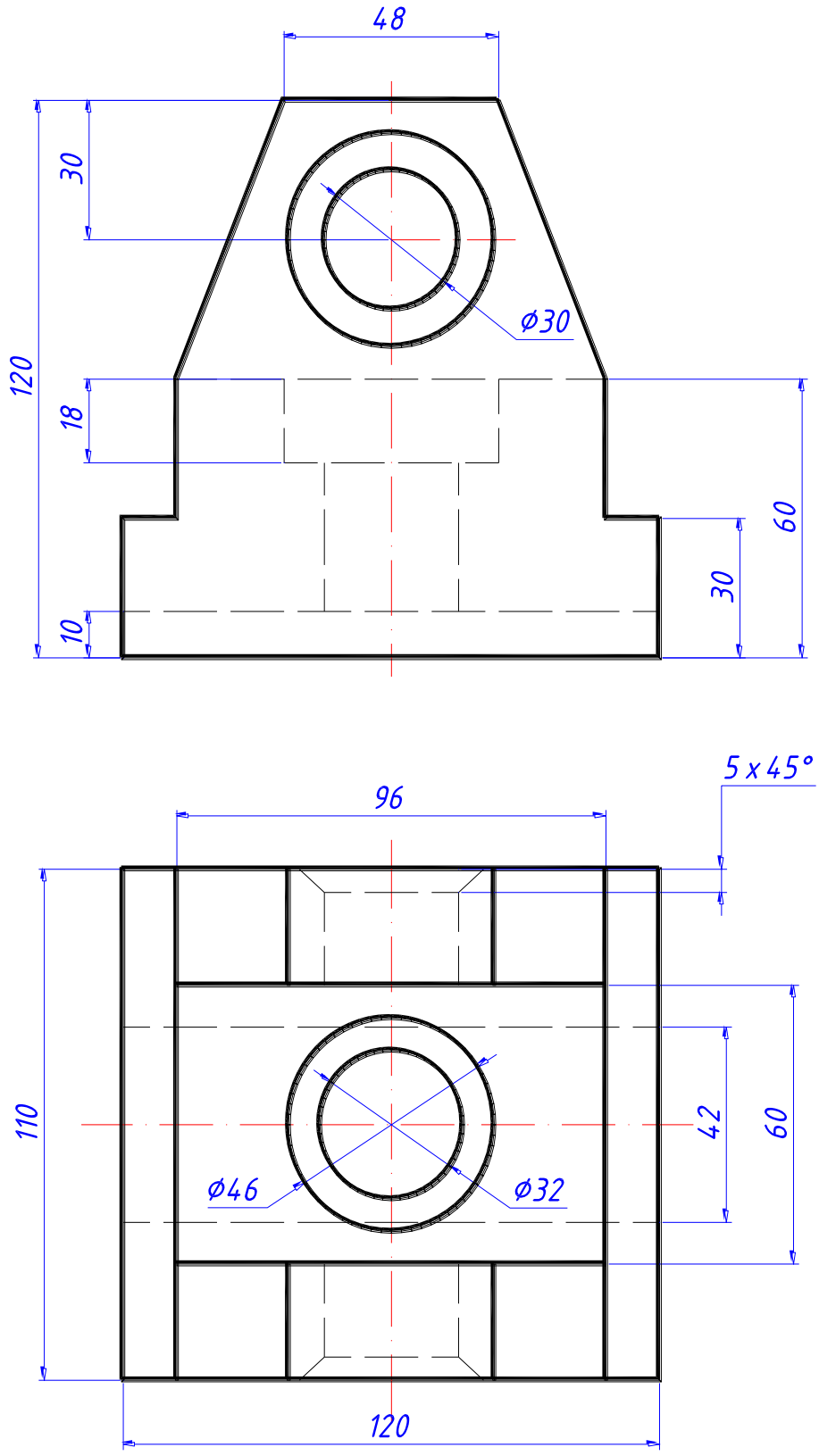
Колодка

Вариант 9



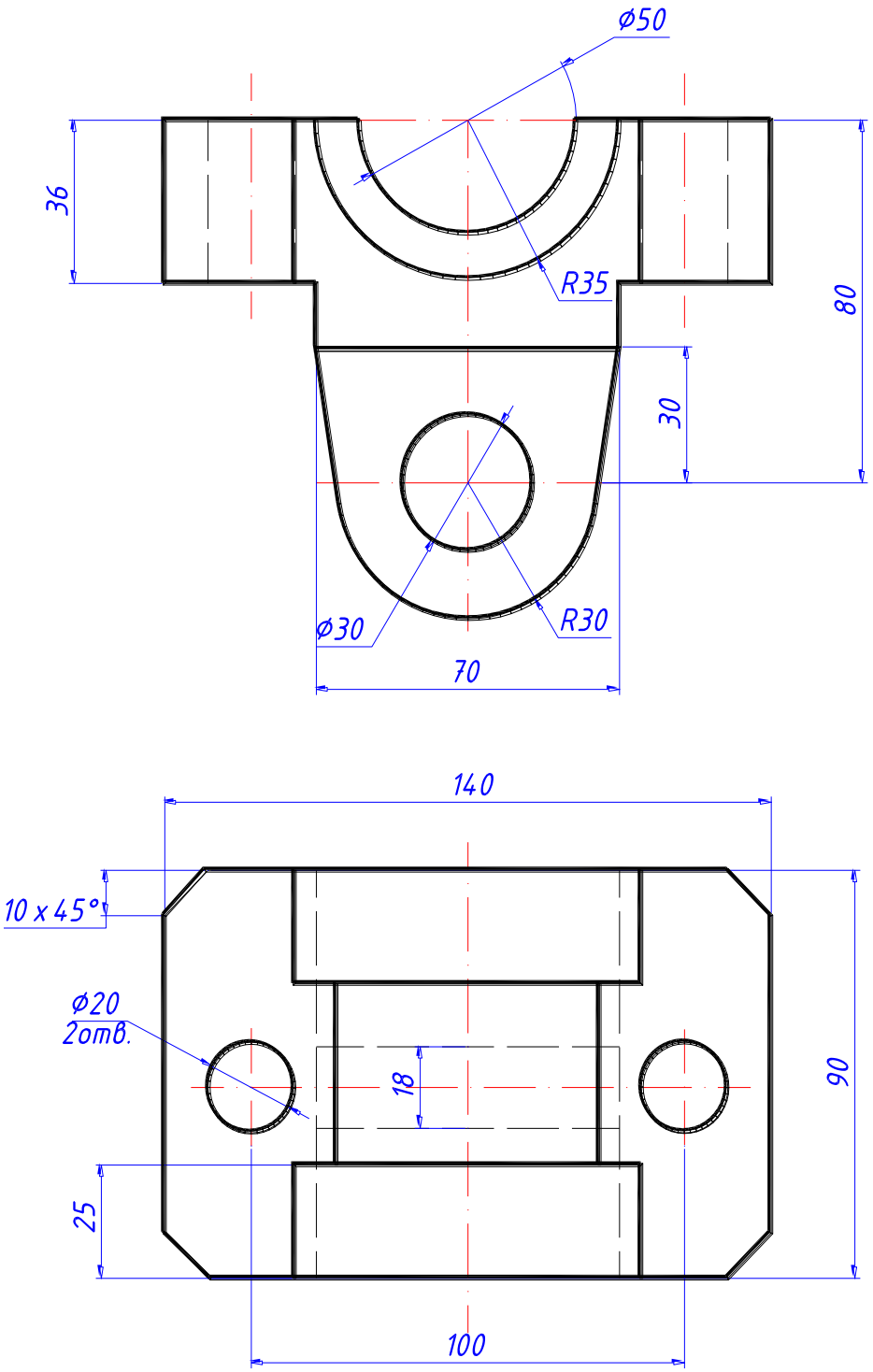
Опора

Вариант 10



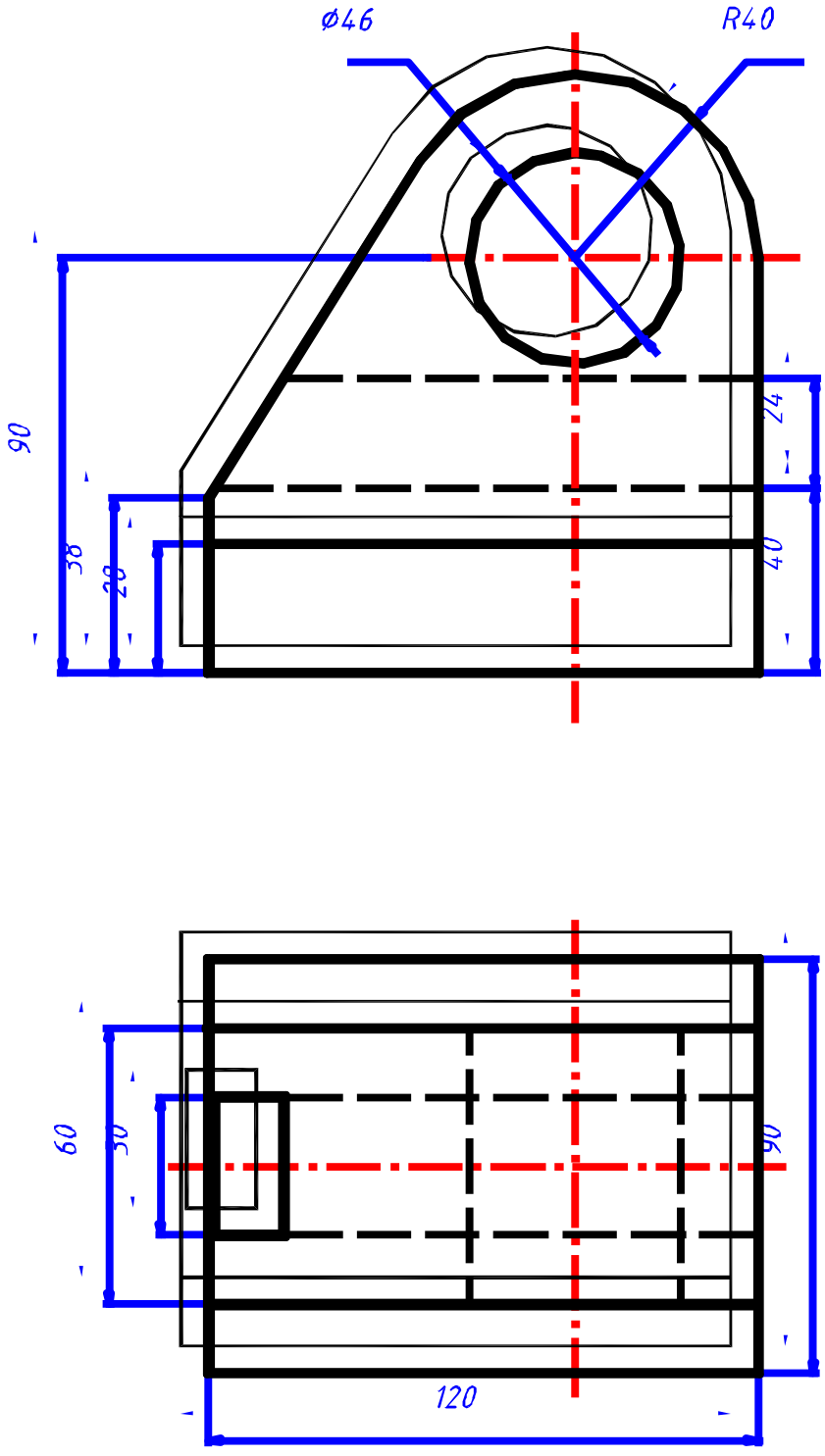
Вилка

Вариант 11



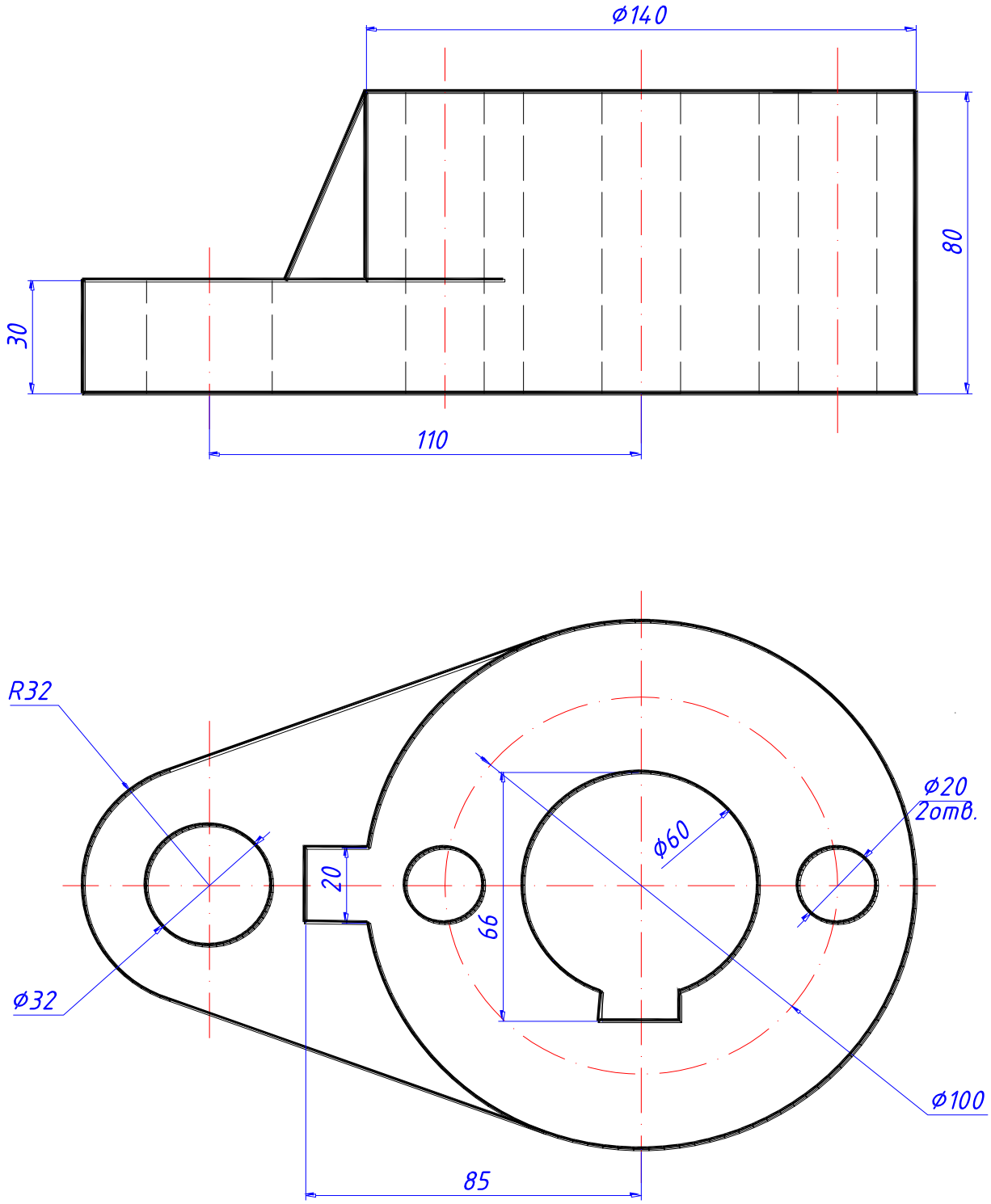
Серьга

Вариант 12



Вилка

Вариант 13



Основание

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полещук Н. Самоучитель AutoCAD 2016. – Санкт-Петербург: Издательство БХВ-Петербург, 2016. – 464с.

2. Шангина Е.И. Компьютерная графика. Учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2006. – 188с.

3. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. Учебно-справочное пособие.— М.: ДИАЛОГ -МИФИ , 2002, 428 с.

Савина Татьяна Евгеньевна

Методическое пособие
по выполнению практической
работы «Создание проекционного чертежа средствами AutoCAD» по дисциплинам:
«Инженерная и компьютерная графика»,
«Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика».

Редактор

Подписано в печать_____.2017 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать на ризографе.
Гарнитура Times New Roman .Печ. л. ___. Уч.- изд. 0,83. Тираж 150 экз.
Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинала – макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия

Екатеринбург – 2006

УДК 514.18
Ш 20
Шангина Е. И.
Ш 20 Компьютерная графика: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 189 с.: ил.
ISBN 5-8019-0098-5

В пособии рассматривается графический интерфейс системы AutoCAD, описываются средства создания двух- и трёхмерных объектов. Приводятся методики и рассматриваются конкретные примеры создания чертежей, позволяющие студентам, начинающим изучение компьютерной графики, легко адаптироваться к среде системы AutoCAD. Пособие содержит описание базовых команд, необходимых для создания твёрдотельных моделей и выполнения чертежей в ортогональных и аксонометрических проекциях.

Отличие этого пособия от существующих в том, что даются основные понятия теории множеств и размерности для корректного задания на чертеже (экране компьютера) различных геометрических многообразий (точка, прямая, плоскость, кривые линии и т. д.).

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 170100-«Горные машины и оборудование», а также может быть использовано студентами технических специальностей всех форм обучения, изучающих курс «Компьютерная графика».

Рецензенты:

В. Н. Бабич – канд. техн. наук, профессор кафедры «Теория искусства, архитектуры и дизайна» Уральской государственной архитектурно-художественной академии.

Д. В. Куреннов– канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Прикладная геометрия и автоматизация проектирования» Уральского государственного технического университета (УПИ).

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета

© Уральский государственный
горный университет, 2006
© Шангина Е. И., 2006

ISBN 5-8019-0098-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Количество прикладных программных систем, функционирующих на персональных компьютерах и решающих различные задачи в различных отраслях промышленности, на сегодняшний день достаточно велико. Направленность и решаемые ими задачи различны. Одна из наиболее важных составляющих использования компьютерной графики – знание законов построения геометрической модели проектируемого объекта, теоретической основой которых является начертательная геометрия.

Известно, что современная начертательная геометрия занимается теорией методов моделирования пространств и многообразий различной размерности (возможно с дополнительной структурой) точками плоскости (экран компьютера тоже плоское поле). Другими словами, начертательная геометрия занимается изучением взаимно однозначных и взаимно непрерывных отображений. При построении какого-либо многообразия, независимо от геометрического определителя, размерность этого многообразия не изменяется. Таким образом, одним из инвариантов является размерность.

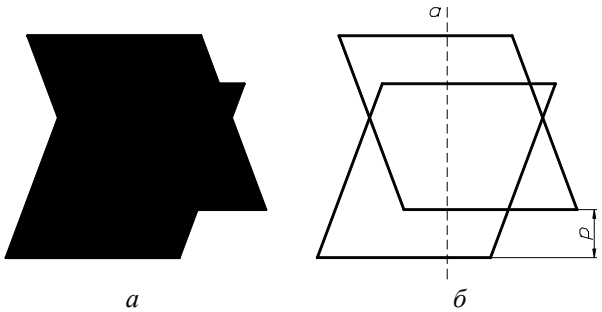
Приведём пример построения окружности в системе ***AutoCAD***. Известно, что окружность задаётся тремя параметрами. Поэтому, вызывая команду ***CIRCLE*** (КРУГ) – формирование окружности – построение может производиться путём задания: 1) центра и радиуса или 2) трёх точек (3P), или 3) двух точек, которые определяют диаметр (2P); 4) двух касательных и радиуса (Ttr); 5) трёх касательных (Tan Tan Ta). В некоторых случаях окружность удобнее задавать одним из перечисленных способов, но число параметров, определяющих данную окружность, остаётся неизменным, то есть равным трём. Таким образом, применяя теорию размерности, можно находить различные решения при построении новых моделей в среде компьютерных программ.

Кроме этого, в современных программах для создания графических объектов нередко используются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

Теоретической основой построения чертежей с использованием этих команд является симметрия. С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего студенты не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

Примером может служить метод построения геометрической фигуры, показанной на рис.1.

Построение геометрической фигуры (рис. 1, а), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии. Однако такая методика является неверной, так как снижается точность изображения и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (рис.1, б), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью *a* и параллельного переноса *p*.



а *б*

Рис. 1.

Итак, построение геометрических фигур на основе их инвариантных характеристик – это основной принцип, который позволяет значительно упростить освоение компьютерной графики.

Использование графических компьютерных программ, безусловно, позволило поднять на новый уровень графические методы решения различных технических задач, за счёт резкого повышения точности построений. Но при этом не следует забывать о теории формирования геометрических моделей, в основе которой лежат классические методы начертательной геометрии.

Глава 1
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как множество точек.

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\bigcap$); 4) объединение ($\bigcup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$):

1. Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).
2. Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.
3. Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, …, называется пересечением этих множеств и обозначается $A \bigcap B \bigcap C, \ldots$.
4. Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.
5. Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 1):

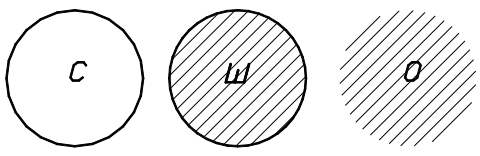


Рис. 1.

Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ – **С**.
Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1$ – **Ш**.
Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1$ – **О**.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:
$\mathbf{C} \bigcap \mathbf{Ш} = \mathbf{C}$, $\mathbf{Ш} \bigcap \mathbf{О} = \mathbf{О}$, $\mathbf{C} \bigcap \mathbf{О} = \varnothing$;
$\mathbf{C} \bigcup \mathbf{Ш} = \mathbf{C} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш}$;

Ш\С=О, **Ш\О=С**, **О\С=О**, **С\О=С**;
С\Ш=О\Ш=∅; **С=О**, **О=С**, **Ш=∅**.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств M и N от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества M самого с собой является множество M).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. ***Пучок плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение ~, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак ~ называется ***отношением эквивалентности***.

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых ***a, b, c,…*** является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности***: в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называет-

ся ***фактор-множеством*** множества ***M*** по отношению к эквивалентности ~. Фактор-множество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества, и, наоборот, любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная ***y*** называется функцией переменной ***x***, если каждому значению ***x***, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений ***y***. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению ***x*** соответствует единственное значение ***y*** (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под ***x*** и ***y*** понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под ***x*** и ***y*** будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества ***X*** ставится в соответствие определённый элемент y_i множества ***Y***, то говорят, что задано отображение ***f*** множества ***X*** в множество ***Y***, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 2). При этом элемент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении ***f*** элементу ***x*** соответствует элемент ***y***» или «отображение ***f*** переводит ***x*** в ***y***».

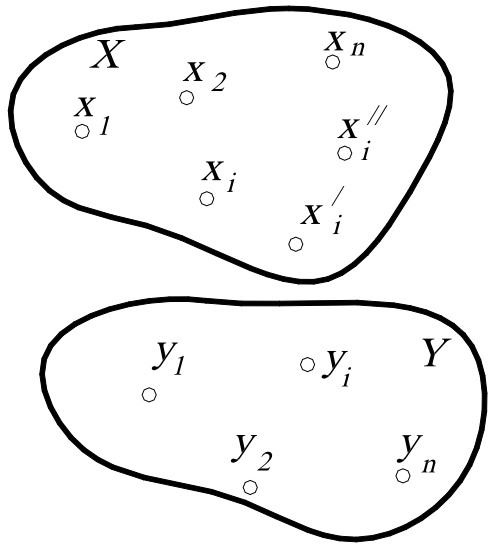


Рис. 2.

Множество ***X*** называют ***областью определения (областью отправления)***, а ***Y*** - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения ***f***.

Пусть область определения ***X*** состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n$, а область значений ***Y*** – из множества точек $y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 2). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области ***X*** соответствует единственный образ y_i в области ***Y***, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i^{/}, x_i^{//} \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

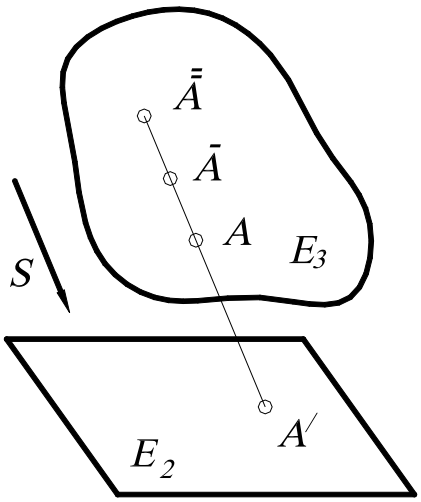


Рис. 3.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ на плоскость (двумерное пространство) $\boldsymbol{E^2}$ путём параллельного проецирования (рис. 3): каждая точка $\boldsymbol{A}$ трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ в данном направлении $\boldsymbol{S}$ проецируется в единственную точку $\boldsymbol{A'}$ плоскости $\boldsymbol{E^2}$. Однако в точку $\boldsymbol{A'}$ проецируется не только точка $\boldsymbol{A}$, но и все точки $\bar{\bar{\boldsymbol{A}}}, \bar{\boldsymbol{A}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть $\boldsymbol{З}$ – множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а $\boldsymbol{К}$ – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае – наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят: «взаимно однозначное соответствие»).

Отображение называется ***взаимно однозначным***, если каждому элементу $\boldsymbol{y_i \in Y}$ соответствует единственный прообраз $\boldsymbol{x_i \in X}$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $\boldsymbol{y = f(x)}$ и обратное соответствие $\boldsymbol{x = f^{-1}(y)}$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным***, или ***биекцией***.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 4 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) $\boldsymbol{AB}$ и $\boldsymbol{CD}$ установлено прямыми, проходящими через точку $\boldsymbol{S}$. При этом точке $\boldsymbol{X \in AB}$ соответствует точка $\boldsymbol{Y \in CD}$, что символически записывается так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$. Между этими отрезками можно установить соответствие так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$, если $\boldsymbol{\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}}$, где $\boldsymbol{CY}$, $\boldsymbol{CD}$, $\boldsymbol{AB}$, $\boldsymbol{AX}$ – длины отрезков.

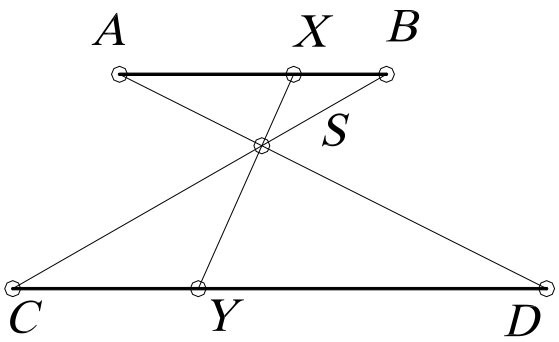


Рис. 4.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соот-

ветствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно-четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 5). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество ***M***, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M.***

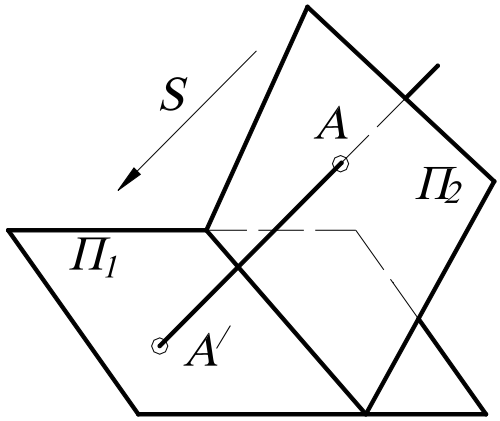


Рис. 5.

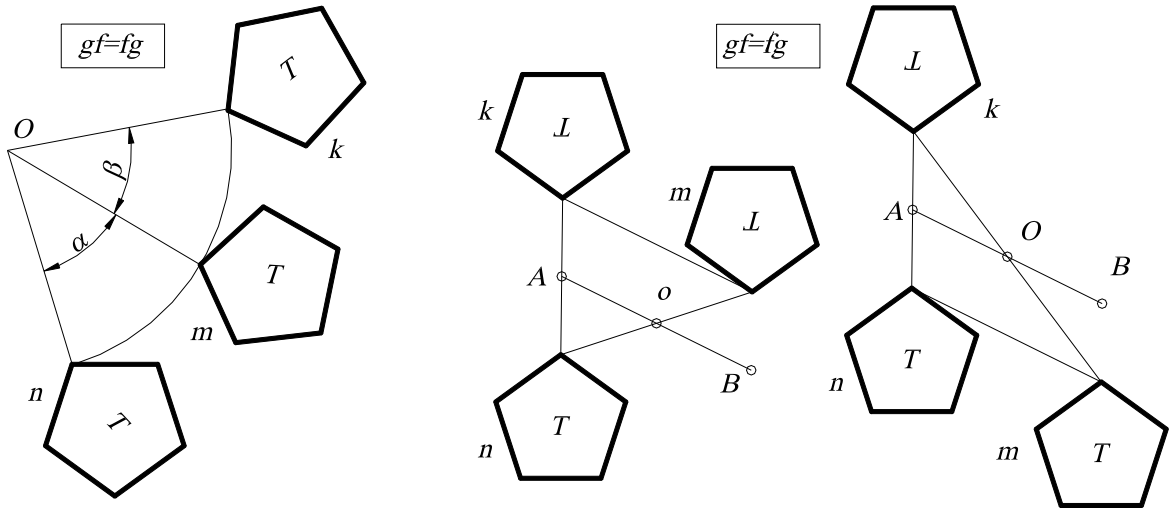
Отображение называется ***преобразованием***, если множества ***X*** и ***Y*** совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество ***X*** отображается на себя ***{X=Y}***. Другими словами, если отображение является обратимым, то оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки ***O*** есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что ***M*** – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры ***F*** сохраняется в преобразовании ***f***, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке ***P*** соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка ***P***. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка ***P*** плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой ***P***. В этом случае точка ***P*** называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит ***k*** в ***n***, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если ***f*** и ***g*** – повороты вокруг центра ***O*** на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 6, *а*). Если ***f*** – перенос на вектор ***AB***, а ***g*** – симметрия с центром ***O***, то $h=fg$ – симметрия с центром ***A***, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 6, *б*).
Здесь в первом примере произведение $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, то есть в этом случае говорят, что ***f*** и ***g перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножителей, то есть не коммутирует: $fg \neq gf$ (сравните два рисунка – 6, *а* и 6, *в* или 6, *а* и 6, *б*).



а *б* *в*

Рис. 6.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции надевания левого и правого ботинок ***Л*** и ***П*** перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям *1*, *2* **…**». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию *1*, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие *2* выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, **…**, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\}=M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 7).

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) согласно первому условию, – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

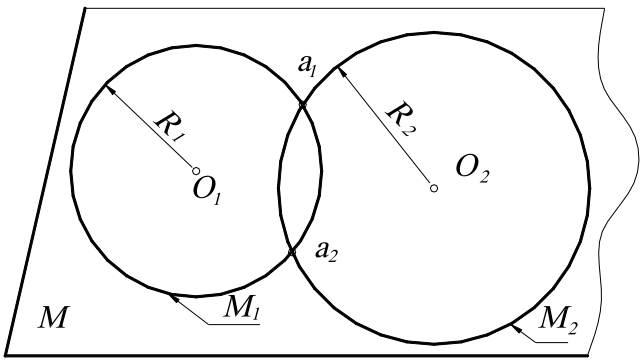
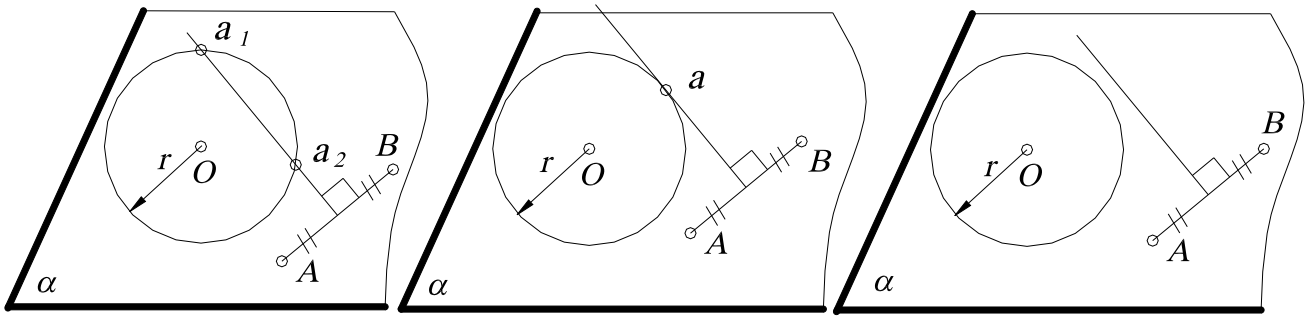


Рис. 7.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпен-

дикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (рис. 8, *а*, *б*, *в*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из ***M***, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

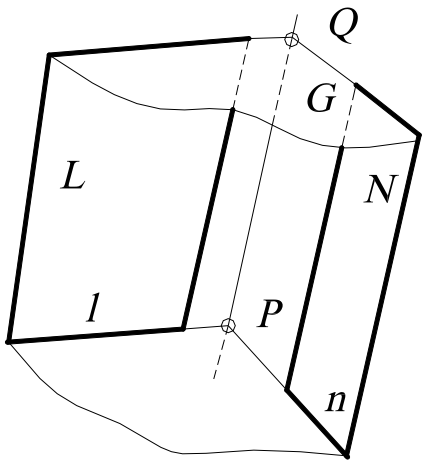


Рис. 9.

Задача 3. Найти прямую пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (рассматривают ***L*** и ***N*** как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис. 9). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности, преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M)=(L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l***, ***n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

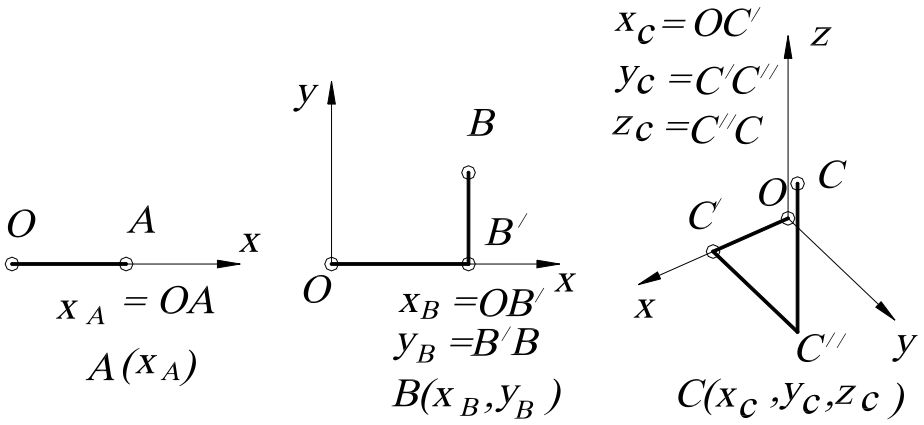
В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющее аксиомам евклидовой геометрии, которая изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество ***M*** можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество ***N***, то ***M*** и ***N*** имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества ***M*** на подмножество $N_1 \in N$, то ***M*** имеет размерность меньше, чем ***N***.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров ***p***, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В качестве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *с*

Рис. 10

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 10, *а*), на плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 10, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 10, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается E_1, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается E_2, или

двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается E_3. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

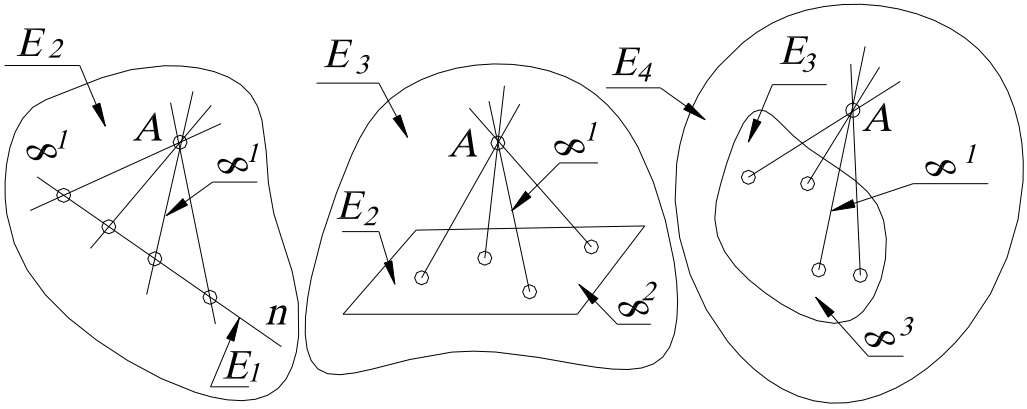
Пусть ***N*** – двупараметрическое множество. Каждый элемент из ***N*** определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между ***N*** и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число ***N*** и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из ***N*** будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью ***N***.

Итак, множество имеет размерность ***n***, если его элементам можно взаимно однозначно поставить ***n***-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит n-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой ***n*** (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 11, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой ***n***.



E_2: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; E_3: $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; E_4: $\infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 11.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками ***2***-пространства (рис.11, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проективным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками ***3***-пространства (рис.11, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая – одномерное множество точек (самое простое множество), множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно; цилиндров вращения – пятимерно; множество сфер, касающихся данной плоскости, - трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

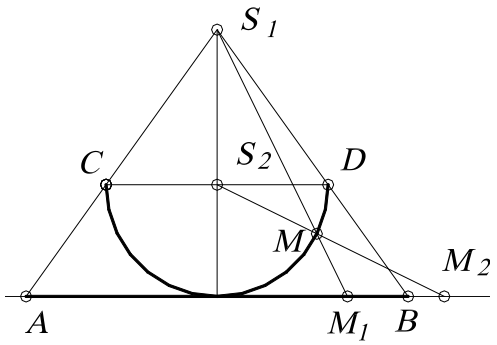


Рис. 12.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $x_A < x_i < x_B$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (рис.12). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки S_1, то есть точке M_1 соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка M_2) из центра S_2. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции $y = tg\ x$. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось ***y*** (рис. 13).

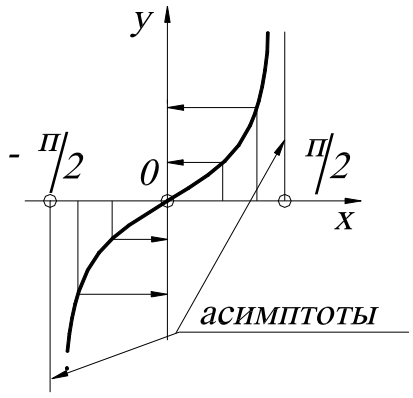


Рис. 13.

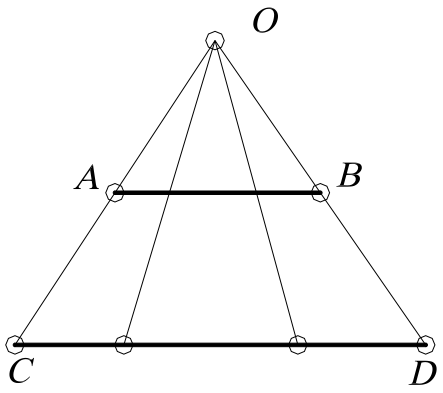


Рис. 14.

<u>Замечание 2.</u> Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос: где больше точек, на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 14.

Отобразим отрезок ***AB*** на отрезок ***CD*** из точки ***O*** пучком прямых. Каждой точке отрезка ***AB*** соответствует единственная точка отрезка ***CD***. Трудно примириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

<u>3. Степени свободы подпространств.</u> Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, ***m=1***, ***n=2*** – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее ***n***-мерное пространство, E_m – ***m***-мерная плоскость или ***m***-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется ***(n-1)***-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (***1***-плоскость) определяется двумя точками, ***2***-плоскость – тремя неколлинейными точками, ***3***-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, ***n***-плоскость – ***(n+1)***-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием ***(m+1)***-точек, и эти точки не должны содержаться в ***(m-1)***-пространстве.

Рассмотрим множество ***m***-плоскостей E_n (где ***n*** – размерность пространства), элементом этого множества является ***m***-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

<u>ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО.</u> Точка (***0***-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

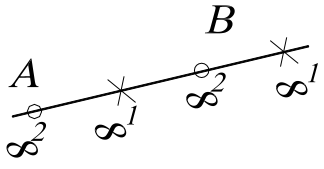


Рис. 15.

Прямая (***1***-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками ***A*** и ***B*** (то есть ***m+1=1+1=2***), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два параметра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек – следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.15). Другими словами, го-

ворят, что система из ***(m+1)***- точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

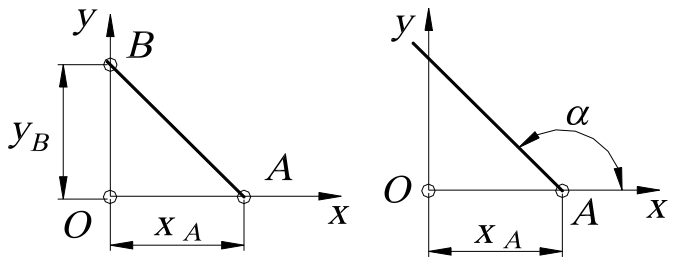
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $\dfrac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}$.

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$

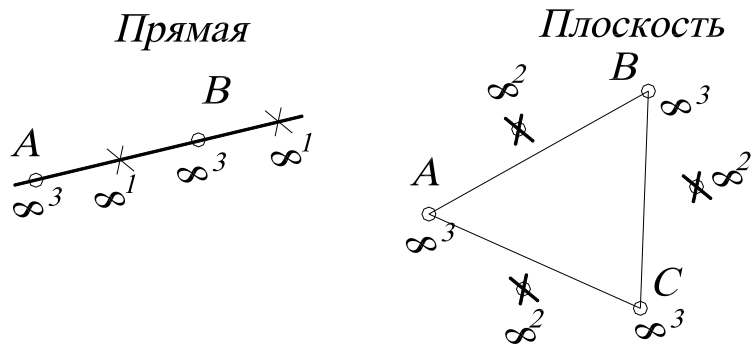


а *б*

Рис. 16.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 16, *а*) или x_A, α (рис. 16, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 17, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит, пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, имеющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^{1}\cdot\infty^{1}=\infty^{2}$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***3***-пространстве $\infty^{6}:\infty^{2}=\infty^{4}$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***



$$\frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{3+3}}{\infty^{1+1}}=\infty^{6-2}=\infty^{4} \qquad \frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{2}\cdot\infty^{2}\cdot\infty^{2}}=\frac{\infty^{3+3+3}}{\infty^{2+2+2}}=\infty^{9-6}=\infty^{3}$$

а *б*

Рис. 17.

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.17, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***3***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 18).

```
          1
        2   2
      3   4   3
    4   6   6   4
  5   8   9   8   5
6  10  12  12  10  6
.....................
```

Рис. 18.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве E_3 - ∞^4, так как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве E_3 определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве E_3 – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат ***3·3=9***. Аналогично, тетраэдров в ***3***-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в ***3***-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы ***n***-мерного многообразия ***M*** (например, ***M***-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки ***M*** должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из ***M***, которые удовлетворяют этому условию, образуют n_1-мерное подмножество $M_1 \subset M$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $n-n_1$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $n-n_1$ параметров, мы выделяем из ***M*** подмножество той же размерности n_1. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает $n-n_1$ параметров***», «***ограничение поглощает $n-n_1$ параметров***», «***требование накладывает на параметры $n-n_1$ связей (понижает размерность многообразия на $n-n_1$)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного

определения необходимо дозадать еще $(m+1)-(r+1)=m-r$ точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \quad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых $(m=1)$ плоскости $(n=2)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: $P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1$.

ПРИМЕР 2. Множество прямых $(m=1)$ пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-1)(1-0)=2$.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей $(m=2)$ трехмерного пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-2)(2-0)=2$.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства $(n=3)$, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок $(m=2)$ в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n m-пространство имеет $(n-m)(m+1)$ степеней свободы, но если оно проходит через r-пространство, то оно имеет $(n-m)(m-r)$ степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы m-пространство в E_n проходило через данное r-пространство (где $n>m>r$):

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \quad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве $(n=3)$ число условий, необходимых для прохождения прямой линии $(m=1)$ через данную точку $(r=0)$: $D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2$. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично $(P_1=(3-1)(1+1)=4)$, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично $(P_2=(3-1)(1-0)=2)$. Поэтому число условий D, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть $D=4-2=2$.

Если r-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в q-пространстве, равное $(r+1)(q-r)$, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы m-пространство и q-пространство в пространстве E_n пересекались по r-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \quad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии $(m=1)$ с одной направляющей прямой $(q=1)$ в точке $(r=0)$ равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: $D=(3-1-1+0)(0+1)=1$. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3): $(3-1)(0+1)=2$. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap = m_1 + m_2 - n, \qquad (5)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются ***i*** пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap} = m_1 + m_2 + ... + m_i - n(i-1);$$

$$n_{\cap} = \sum_{i=1}^{n} m_i - n(i-1), \qquad (6)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы:

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r= -1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но возможно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то, следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1 в вышеприведенном примере такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» (A_0, B_0, C_0, D_0) $\rightarrow$ плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов kA, kB, kC, kD, где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$
$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k), соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты x, y, z связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число P плоской алгебраической кривой m-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка $m=2$ (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть, чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности m-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где n – размерность объемлющего пространства; m – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка $m=2$ в трехмерном пространстве $n=3$ имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1\cdot 2\cdot 3} - 1 = \frac{3\cdot 4\cdot 5}{2\cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка – заданием девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 19).

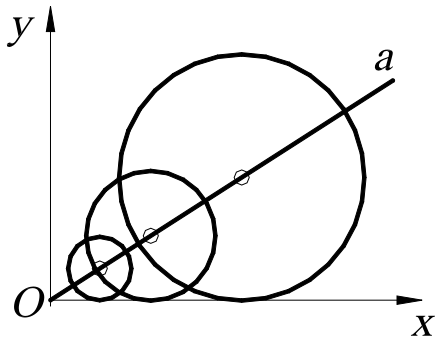


Рис. 19.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в задаче – только два условия (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям ***α*** и ***β*** и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 20).

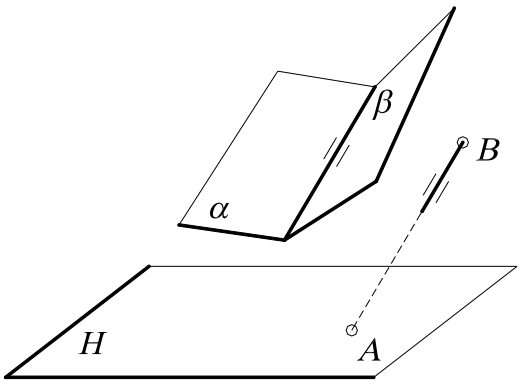


Рис. 20.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b.***

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки, и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и множество прямых связки составляет дву-

параметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2***). Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b***, – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0***. Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую.

Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью***, или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

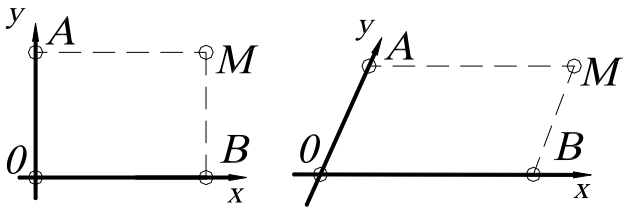
Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляются между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 21, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положительными. Значительную роль в математике сыграла важная идея, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727), о том,



а *б*

Рис. 21.

что эти расстояния можно считать и отрицательными, Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.21, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

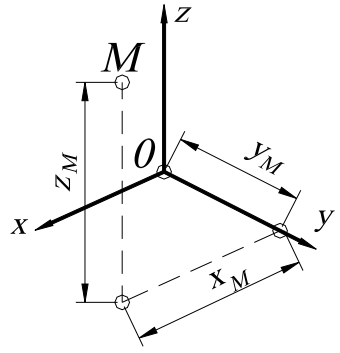


Рис. 22.

Систему координат в пространстве определяют три взаимно перпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимно перпендикулярные оси ***x, y, z*** (z_M– аппликата) (рис. 22). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол ***POM = φ*** между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r*** - радиус-вектор, ***φ*** - полярный угол (рис. 23).

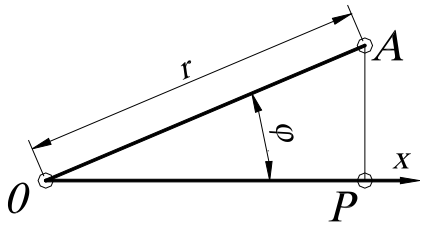


Рис. 23.

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x*** прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180^0)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т. д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

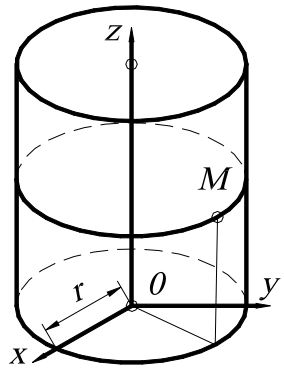


Рис. 24.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 24), связанные с декартовыми координатами ***x, y, z*** следующими уравнениями: ***x = r cos φ;***

y = r sin φ;

z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки M есть три числа r, φ, θ, связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$
$$y = r\sin\varphi\cos\theta;$$
$$z = \sin\theta,$$

где r – радиус-вектор, равный $0M$ (рис. 25);

φ - угол между положительным направлением оси $0x$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $0M$ на плоскость $x0y$, взятый против часовой стрелки;

θ - угол между радиус-вектором $0M$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $x0y$;

Угол $90^0 - \theta = \sigma$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

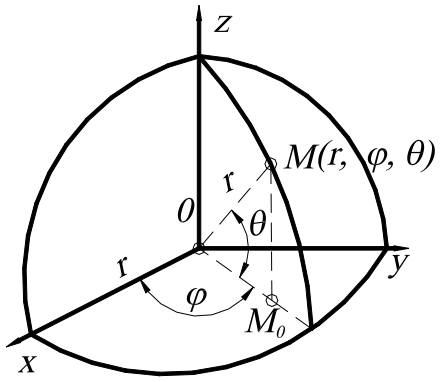


Рис. 25.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах.

Глава 2
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1. ЗАПУСК СИСТЕМЫ *AutoCAD*

Запуск ***AutoCAD*** осуществляется так же, как и любого другого приложения в **Windows**: при помощи ярлыка, размещённого на рабочем столе, или посредством меню (на панели задач щелкнуть на кнопке ***Start*** (Пуск), выбрать пункт ***Programs*** (Программы) и затем из выпавшего меню – ***AutoCAD 2005***).

После запуска ***AutoCAD***, в зависимости от его настройки выводится диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) (рис. 26) или рабочее окно ***AutoCAD*** (рис. 27) .

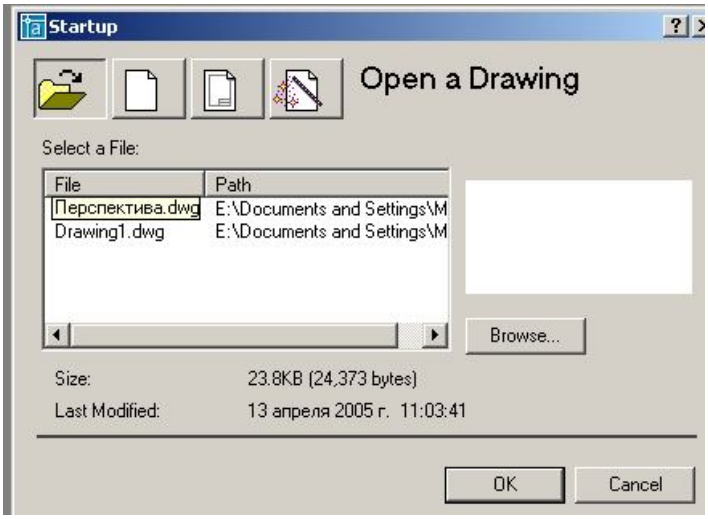


Рис. 26

В диалоговом окне ***Startup*** (Начало работы) предоставляют пользователю 4 кнопки:

1.  ***Open a Drawing*** (Открытие чертежа) для открытия ранее созданного чертежа.
2.  ***Start from Scratch*** (Без шаблона), то есть начать чертёж без предварительной настройки. При этом пользователю предлагается установить только единицы измерения – британские (футы и дюймы) или метрические.
3.  ***Use a Template*** (Использовать шаблон). При этом ***AutoCAD*** выводит список имеющихся шаблонов. Кроме этого пользователь может создать свои шаблоны с нужными ему настройками, например основную надпись и рамку формата.
4.  ***Use a Wizard*** (Вызов Мастера) для выполнения предварительной настройки. Мастер позволяет последовательно выполнить полную установку параметров рабочей среды ***AutoCAD***: установить единицы измерения длины (***Units***); единицы измерения углов (***Angle***); задать начало отсчёта угла (***Angle Measure***); положительное направление отсчета угла (***Angle Direction***); определить границы области рисунка (***Area***).

Диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) вызывается при каждой загрузке сеанса ***AutoCAD*** только один раз. В дальнейшем для создания рисунков в запущенном сеансе ***AutoCAD*** вызывается диалоговое окно ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка). Если после загрузки ***AutoCAD*** сразу открывается рабочее окно, то вышеописанные настройки можно выполнить при помощи команд UNITS и LIMITS (пункт меню ***Format***). Для открытия диалогового окна при запуске ***AutoCAD*** необходимо предварительно настроить, войдя в меню ***Format*** (Формат), выбрать вкладку ***System*** (Система) и в раскрывающемся списке ***Startup*** назначить пункт ***Show traditional startup dialog***, что соответствует выбору традиционного диалогового окна.

2. ВИД РАБОЧЕГО ОКНА *AutoCAD*

Рабочее окно системы ***AutoCAD*** содержит типичные для программ, работающих в Windows, элементы (панели инструментов, строка меню, линейки прокрутки). Кроме этого в рабочем окне располагаются две основные области ***AutoCAD*** – зона чертежа и командная строка, в которых происходит основной диалог пользователя с системой (см. рис. 27).

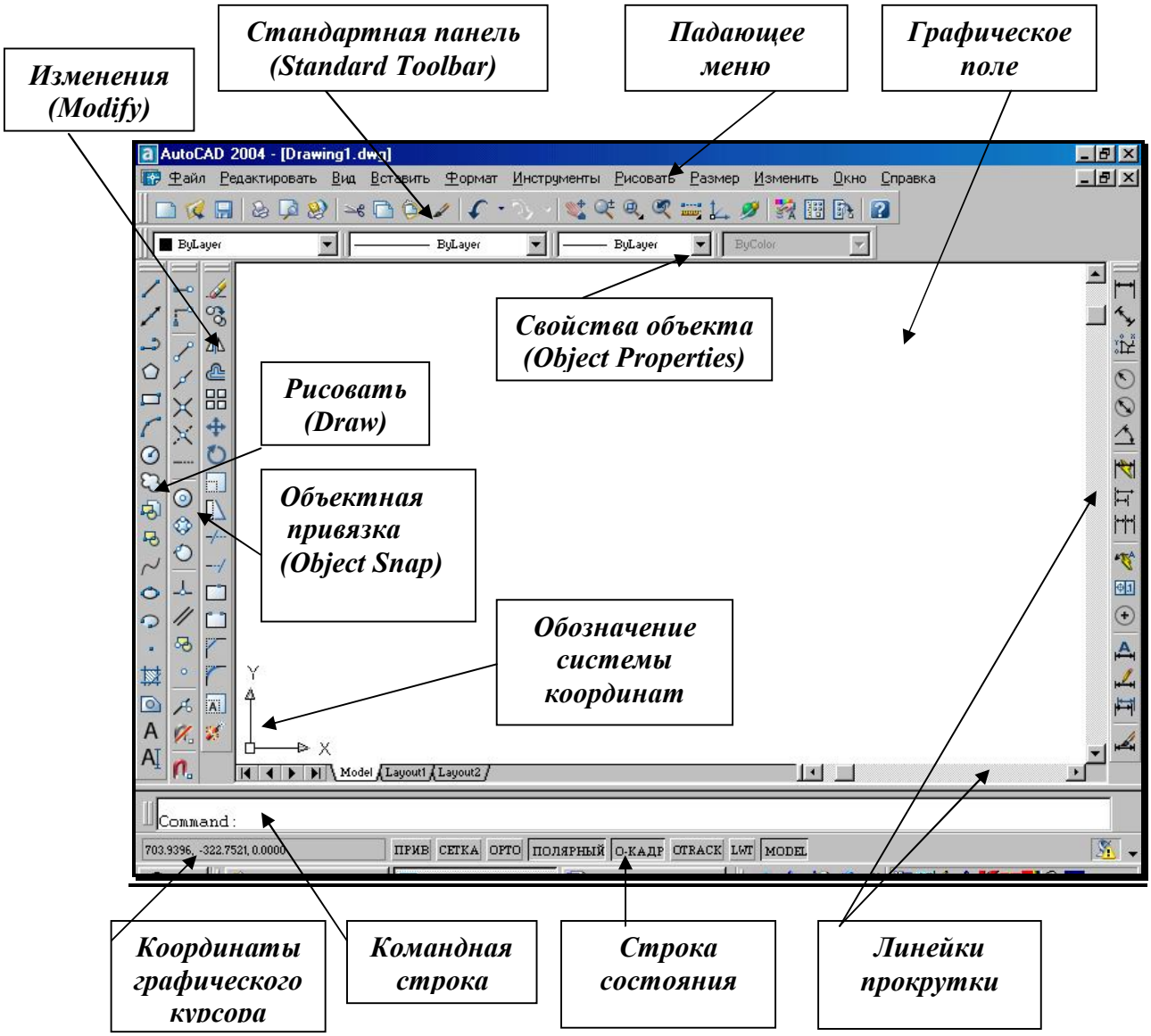


Рис. 27.

3. ПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ

Падающее меню (рис. 28) содержит названия меню, в которых по функциональному признаку сгруппированы часто используемые команды ***AutoCAD***. Команды в меню могут располагаться на нескольких уровнях (отличительный признак – «стрелка-треугольник» в конце строки с именем команды). Если за именем команды идёт многоточие, то это означает, что параметры команды определяются в диалоговом окне.

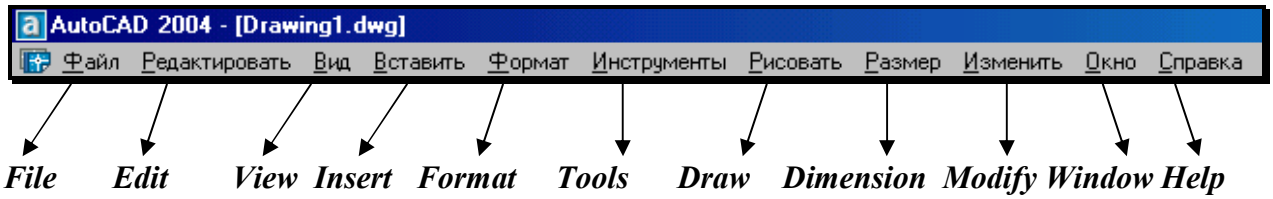


Рис. 28.

Строка падающих меню содержит следующие пункты:

- **File** (Файл) – меню работы с файлами: открытие, сохранение, печать, экспорт файлов в другие форматы и т. д.;
- **Edit** (Правка) – меню редактирования частей графического поля Рабочего стола Wndows;
- **View** (Вид) – команды управления изображением на экране монитора, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, тонирования, позволяет устанавливать необходимые панели инструментов;
- **Insert** (Вставка) – осуществляет вставку блоков, внешних объектов, объектов других приложений;
- **Format** (Формат) – обеспечивает работу со слоями, цветом, типами линий, управление стилем текста, размеров, видом маркера точки, стилем мультилинии; установку единиц измерения, границ чертежа;
- **Tools** (Сервис) – содержит средства управления системой, экраном пользователя, включает установку параметров черчения и привязок с помощью диалоговых окон; обеспечивает работу с пользовательской системой координат;
- **Draw** (Рисование) – содержит команды рисования;
- **Dimension** (Размеры) – включает команды простановки размеров и управления параметрами размеров;
- **Modify** (Редактирование) – включает команды редактирования элементов чертежа;
- **Window** (Окно) – содержит средства управления окнами при работе в многооконном режиме;
- **Help** (Справка) – содержит средства справочной системы ***AutoCAD***.

4. СТРОКА СОСТОЯНИЯ

Строка состояния (рис. 29) находится в нижней части экрана, под командной строкой и содержит следующие кнопки.



Рис. 29.

- **SNAP** (ПРИВ) – Шаговая привязка (***Snap Mode***) – включение и выключение дискретного перемещения курсора с заданным шагом (**F9**);
- **GRID** (СЕТКА) – Отображение сетки (***Grid Display***) – включение и выключение сетки (**F7**);
- **ORTHO** (ОРТО) – Режим «ОРТО» (***Ortho Mode***) – включение и выключение ортогонального режима, параллельного осям ***x*** и ***y*** (**F8**);
- **POLAR** (ПОЛЯРНЫЙ) – Полярное отслеживание (***Polar Tracking***) – включение и выключение режима полярного отслеживания (**F10**);

- **OSNAP** (О-КАДР) – Объектная привязка (***Object Snap***) - включение и выключение режимов объектной привязки (**F3**);
- **OTRACK** (ОТС – ПРИВ) – Отслеживание при объектной привязке (***Object Snap Tracking***) - включение и выключение режима отслеживания при объектной привязке (**F11**);
- **LWT** (ВЕС) – Отображение линий в соответствии с весами (***Show/Hide Lineweight***) – включение и выключение режима отображения линий в соответствии с их толщиной;
- **MODEL/PAPER** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) – Пространство модели или пространство листа (***Model or Paper space***) – переключение из пространства модели в пространство листа.

5. ВВОД КОМАНД

Вводить команды в ***AutoCAD*** можно с клавиатуры, из разнообразных меню или с панелей инструментов. Для ввода команды с клавиатуры необходимо напечатать имя команды в командной строке и нажать клавишу ENTER или SPACE. Ввод команд из меню представляется более удобным и наглядным. Чтобы ввести команду, необходимо выбрать нужную команду из списка меню или панели инструментов и нажать левую кнопку мыши. Для повторения последней команды достаточно нажать клавишу ENTER или SPACE. Выполнение команды можно прервать на любой стадии диалога, нажав клавишу ESC.

6. ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ

Панели инструментов являются частью интерфейса ***AutoCAD***. Они состоят из кнопок (пиктограмм), предназначенных для быстрого ввода наиболее часто используемых команд. При загрузке ***AutoCAD*** по умолчанию выводятся четыре панели: 1) ***Standard Toolbar*** (Стандартная панель инструментов); 2) ***Object Properties*** (Свойства объектов); 3) ***Draw*** (Рисовать); 4) ***Modify*** (Изменить).

Остальные панели инструментов можно вывести на экран через меню ***View*** (Вид)→***Toolbars*** (Панели). *Удобно выбирать требующуюся панель инструментов нажатием правой кнопки мыши, находящейся на любой пиктограмме панелей инструментов*. Далее рассматриваются наиболее часто используемые панели инструментов.

7. СТАНДАРТНАЯ ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ

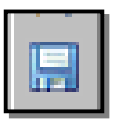
(*Standard Toolbar*)



– ***New*** (Новый) – создание нового чертежа;



– ***Open*** (Открыть) – загрузка существующего файла;



– ***Save*** (Сохранить) – сохранение текущего файла;



– ***Print Preview*** (Предварительный просмотр) – предварительный просмотр чертежа перед выводом на печать;



– ***Plot*** (Печать) – вывод чертежа на плоттер или принтер;



– ***Find and Replace*** (Поиск и замена) – поиск, замена, выбор и показ крупным планом текста на рисунке;



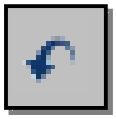
– ***Cut to Clipboard*** (Вырезать) – копирование объектов в буфер обмена с удалением их из рисунка.



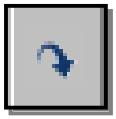
– ***Copy to Clipboard*** (Копировать) – копирование выбранных элементов чертежа в буфер Windows;



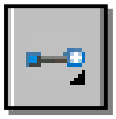
– ***Paste from Clipboard*** (Вставить) – вставка данных из буфера Windows;



– ***Undo*** (Отменить) – отмена действия последней команды;



– ***Redo*** (Повторить) – восстановление только что отменённого действия;



– Подменю ***Object Snap*** (Объектная привязка) – раскрывающийся набор инструментов для выбора объектной привязки;



– Подменю ***UCS*** (ПСК) – раскрывающийся набор инструментов для определения новой пользовательской системы координат;



– Подменю ***Zoom*** (Зумирование) – раскрывающийся набор инструментов для задания различных способов увеличения и уменьшения видимого размера объектов на текущем видовом экране;



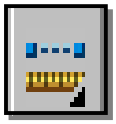
– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени;



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– Подменю ***Inquiry*** (Сведения) – раскрывающийся список инструментов:

- - ***Distance*** (Расстояние) – определение расстояния и угла между точками;
- - ***Locate Point*** (Координаты) – определение координат указанной точки;
- - ***Area*** (Площадь) – вычисление площади и периметра объекта;
- - ***Mass Properties*** (Масса) – вычисление массоинерционных характеристик;
- - ***List*** (Список***)*** – вывод информации о примитиве;



– ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) – вызов диалогового окна ***Viewports*** (Видовые экраны);



– ***Named Views*** (Именованные виды) – вызов диалогового окна для работы с видами и выбора аксонометрических проекций;



– ***3D Orbit*** (3М Орбита) – интерактивный просмотр объектов в трёхмерном пространстве; позволяет, изменяя направление взгляда на модель, рассмотреть её с любой точки зрения;



– ***Properties*** (Свойства) – вызов окна для управления свойствами выбранных объектов.

8. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Properties* *(Свойства объекта)*

Панель инструментов ***Object Properties*** (рис.30) облегчает работу со слоями и типами линий и размещается сверху от рабочей зоны чертежа.

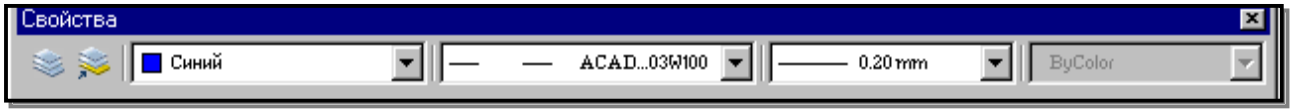
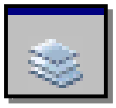


Рис. 30.

Построенные объекты всегда размещаются на определённом слое. Слой – это средство для группировки данных, подобное наложению друг на друга прозрачных калек с фрагментами чертежа («слоёный пирог»). Слои могут быть использованы по умолчанию, а также заданы и именованы пользователем (имя слоя может содержать до 255 символов). Слой может отображаться на экране монитора отдельно или в комбинации с другими слоями, он может быть включён, выключен или заблокирован для редактирования. С каждым слоем связаны определённый цвет, тип и вес (толщина) линии, стиль печати.



– ***Layers*** (Слои) – вызов диалогового окна установки параметров слоёв ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя), также может загружаться из падающего меню ***Format*** (Формат)→***Layer…***(Слой).



– ***Make Object's Layers Current*** (Сделать слой объекта текущим) – установка текущего слоя в соответствии со слоем выбранного объекта.

При создании нового рисунка автоматически создаётся слой с именем ***0***. Слой ***0*** не может быть удалён или переименован. С помощью кнопки ***New*** (Новый) диалогового окна ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя) создается новый слой (рис. 31), в котором можно задать другой цвет объекта, тип линии и вес (толщину) линии. После щелчка мышью по этой кнопке в списке слоёв появляется новый слой с временным именем.

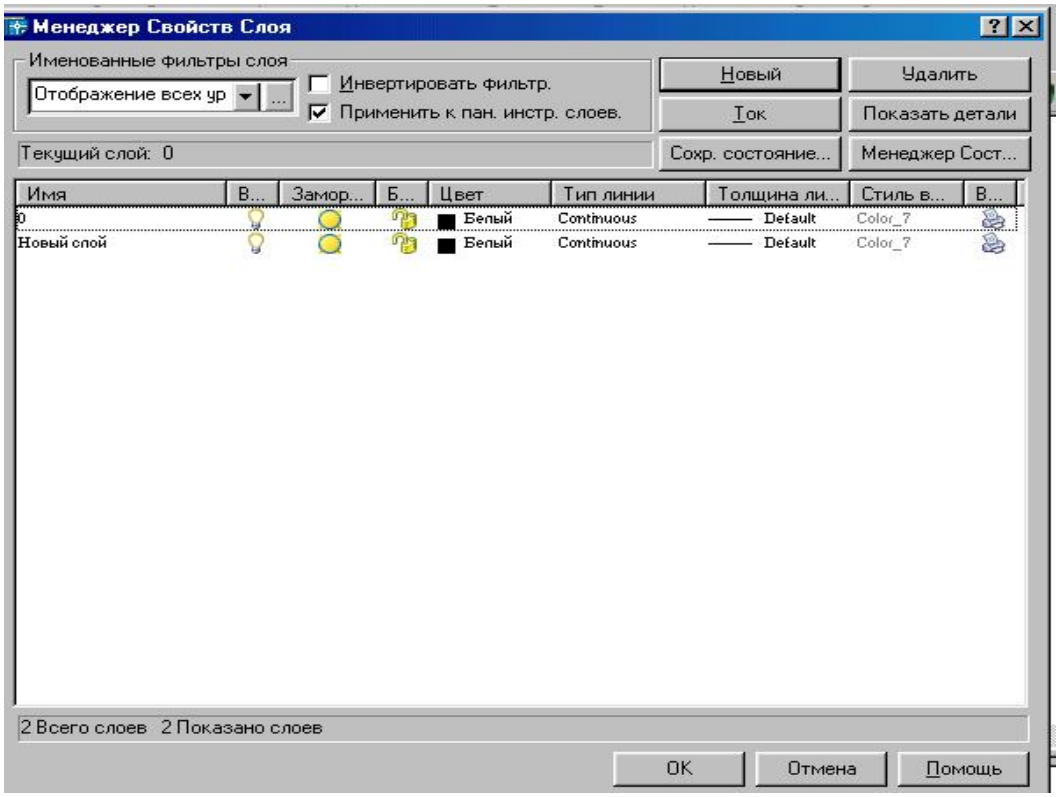


Рис. 31.

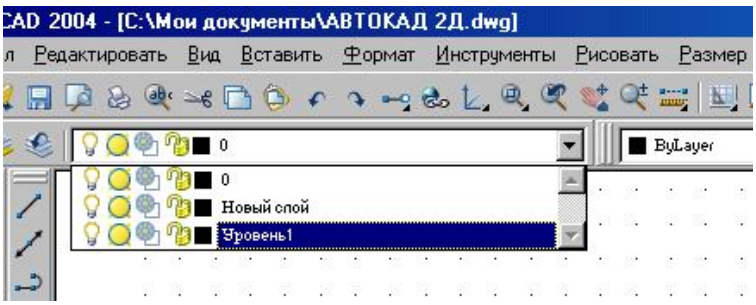


Рис. 32.

Все новые слои именуются в порядке их создания. Чтобы присвоить слою другое имя, необходимо набрать его с клавиатуры в поле временного имени и нажать Enter. Для переименования имеющегося слоя необходимо войти в поле имени слоя двойным щелчком мыши. Для того, чтобы сделать слой текущим, необходимо либо установить курсор мыши на нужный слой и щелкнуть мышью по кнопке ***Current*** (Текущий), либо выбрать его из раскрывающегося списка управления слоями в строке свойств объектов (рис. 32).

Управление видимостью слоя.

AutoCAD не отображает на экране объекты, расположенные на невидимых слоях, и не выводит их на плоттер. Если при работе с деталями рисунка на одном или на нескольких слоях рисунок слишком загромождён, допускается отключить или заморозить неиспользуемые слои.

Для запрещения вывода на печать объектов определённых слоёв, например слоёв для вспомогательных линий, можно оставить эти слои видимыми, но отключить их вывод на печать.

Выбор способа отключения видимости слоёв зависит от характера использования слоёв и от сложности рисунка. Замораживание слоёв лучше осуществлять в тех случаях, когда видимость слоя можно отключить на длительное время. В тех случаях, когда требуется частое изменение видимости слоев, лучше использовать отключение слоёв, а не

замораживание. На печать могут выводиться только объекты включенных и размороженных слоёв. Видимый слой печатается, если не отключен его вывод на печать.

Редактировать объекты на блокированных слоях нельзя. Однако они остаются видимыми, если слой включен и разморожен. Можно установить блокированный слой текущим и создавать на нем объёкты.

Для управления слоями используются следующие пиктограммы, которые активизируются при помощи щелчка мышью на соответствующей пиктограмме.

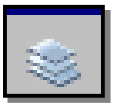


– Раскрывающийся список управления слоями ***Layer*** (Слой) содержит пиктограммы состояний слоя

Название слоя
Цвет слоя
Управление выводом содержимого слоя на печать
Блокирование/Разблокирование слоя
Замораживание/Размораживание слоя на всех видовых экранах
Включение/Отключение слоя

Выполнить упражнение № 1.

Создать слой ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ ***№ 1***



LAYER (Слои)

Падающее меню FORMAT (Формат) → LAYER (Слои)

В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) выбрать кнопку New (Новый) и в появившемся поле нового слоя ввести имя ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ.

В области *Line type* (Тип линии) выбрать (щелчком мыши) Continuous.

В диалоговом окне *Select Line type* (Выбор типа линии) выбрать кнопку *Load…* (Загрузить).

В диалоговом окне *Load or Line type* (Загрузка или Перезагрузка типов линий) выбрать *Hidden 2*

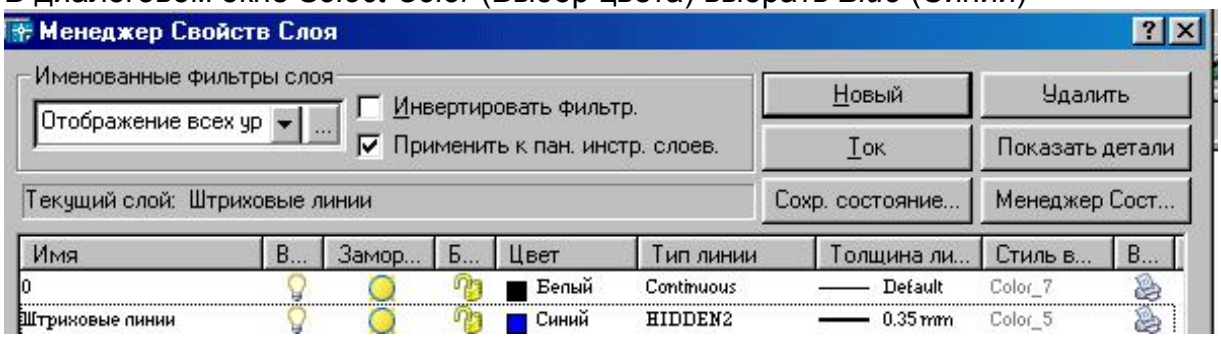
В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) установить *Hidden 2*.

В области *Lineweight* (Толщина линии) выбрать (щелчком мыши) *Default*.

В диалоговом окне *Lineweight* выбрать 0,35.

В области *Color* (Цвет линии) выбрать (щелчком мыши) *White* (Белый).

В диалоговом окне *Select Color* (Выбор цвета) выбрать *Blue* (Синий)



9. ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИМИТИВЫ

Примитив – это заранее определённый основной геометрический элемент, при помощи которого строятся более сложные модели. Система ***AutoCAD*** использует обширный набор

примитивов: точки, отрезки, круги, дуги, полилинии (непрерывная последовательность отрезков и дуг), мультилинии (ломаная линия, сегменты которой состоят из нескольких параллельных отрезков), сплайны (гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек), тексты, блоки (именованный объект, сформированный из нескольких примитивов), эллипсы, многоугольники, фигуры (часть плоскости, ограниченная тремя или четырьмя отрезками) и т. д. Общими свойствами, которыми обладают все примитивы, являются принадлежность к слою, цвет и тип линии. Многие примитивы обладают также толщиной. Отдельные примитивы (текст, блок) имеют специальные свойства (угол наклона, точка вставки и др.).

10. ВВОД КООРДИНАТ ТОЧКИ

Ввод координат в **AutoCAD** осуществляется двумя способами:

1. Непосредственно с клавиатуры, путём задания численных значений в командной строке.
2. При помощи графического курсора, который перемещается по экрану мышью или клавишами управления курсором. Ввод координаты осуществляется щелчком левой кнопки мыши.

При этом в строке состояния, расположенной в нижней части Рабочего стола, происходит отображение текущих значений координат. Для удобства ввода координат можно использовать следующие режимы, которые устанавливаются в строке состояния:

- ***ORTHO*** (Орто) – режим, когда изменение происходит только по осям ***x*** или ***y***.
- ***SNAP*** (Шаговая привязка) – привязка к узлам невидимой сетки, определённой с некоторым шагом по ***x*** и ***y***.

КООРДИНАТЫ ТОЧКИ В ДВУМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В двумерном пространстве точка определяется в плоскости ***xOy***, которая называется плоскостью построений. Точка может быть задана *абсолютными* и *относительными координатами*. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x,y**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координаты ***y***, а также направление (+ или -).

- *Полярные координаты***: …point: ρ<φ**,

где ρ - длина вектора (расстояние), соединяющего точку с началом координат,

φ - угол наклона этого вектора относительно предыдущей точки (< - специальный символ, знак «меньше»). За положительное направление изменения угла принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***x***.

Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***x*** и ***y*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую и приращение по оси ординат ***y***.

- *Полярные координаты*: **…point: @ρ<φ**.

В системе ***AutoCAD*** допускается использовать *прямую запись расстояния*, что особенно удобно для быстрого ввода длины линии. Для ввода координат точки, отстоящей на заданное расстояние и в заданном направлении, необходимо вначале переместить графический курсор в желаемом направлении, а затем напечатать в командной строке требуемое расстояние: **point: 85**.

11. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Draw* (*Рисовать*)

Панель инструментов ***Draw*** (рис. 33) содержит кнопки для вызова команд вычерчивания, наиболее часто используемых графических примитивов.

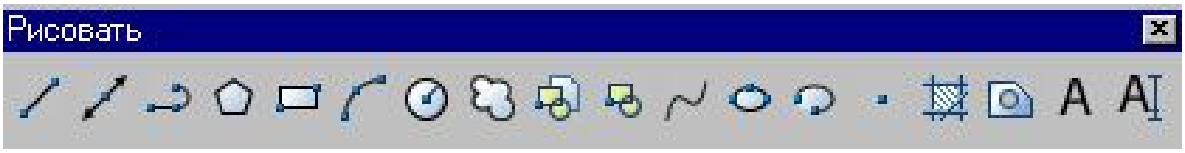


Рис. 33.

Панель инструментов ***Draw*** (Рисовать), показанная на рис. 33, содержит кнопки (пиктограммы) для вызова команд вычерчивания наиболее часто используемых графических примитивов. Для ввода команды достаточно щелкнуть мышью по этой кнопке. Панель инструментов разделена на следующие группы:

- команды для вычерчивания отрезков прямых линий различного типа и специальных линий;
- команды для вычерчивания линий, содержащих прямолинейные и дуговые сегменты, а также прямоугольников и правильных многоугольников;
- команды для вычерчивания рациональных B-сплайнов, окружностей, эллипсов и их дуг;
- команды создания блоков и точек;
- команды нанесения штриховок и создание замкнутых контуров и областей;
- команды нанесения текстов.

12. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ

Графические примитивы создаются командами рисования, которые вызываются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) или панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Необходимо отметить, что одни и те же элементы чертежа могут быть получены с помощью различных команд.

При построении чертежей требуется их редактирование. *Прежде чем редактировать объекты чертежа, необходимо выбрать, то есть указать системе набор примитивов, с которыми предполагается дальнейшая работа. Выбранные примитивы изображаются на экране монитора пунктирными линиями, что служит визуальным подтверждением их выбора.*

Здесь разрешены следующие способы выбора объектов: указание объекта «прицелом» графического курсора; выбор с помощью предполагаемой рамки (для этого графический курсор устанавливают над частью чертежа, нажимают левую кнопку мыши и «растягивают» рамку по диагонали, указывая вторым щелчком мыши размер рамки). Если диагональ рамки определяется слева направо, то выбираются объекты, полностью разместившиеся в окне выбора. Если же диагональ рамки определяется справа налево, то выбираются объекты не только полностью разместившиеся в окне рамки, но и пересекающие рамку.

Иногда невозможно выбрать объекты без случайного указания другого близлежащего объекта. В этом случае нужно указать примитив «прицелом» курсора и щелкнуть левой кнопкой мыши при нажатой клавише *Shift*. Для удаления объектов необходимо выбрать объект и нажать клавишу *Delete*.

12.1. ТОЧКА



Команда ***Point*** (Точка) – формирование точки, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Point*** (Точка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Point*** (Точка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Точка определяется указанием её координат или указанием курсора.



Рис. 34.

Форма точки задается с помощью системной переменной PDMODE, а её размер – с помощью переменной PDSIZE. Значения этих переменных пользователь устанавливает в диалоговом окне ***Point Style*** (Стиль точки), которое вызывается из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Point Style*** (Стиль точки) (рис. 34). В этом диалоговом окне показано 16 образцов значков. Для выбора любого из них нужно щелкнуть мышью на любом из них.

Размер маркера точки может определяться в процентах от размера экрана монитора или в абсолютных единицах. Чтобы настроить размер точки, необходимо выбрать один из переключателей и вписать с клавиатуры нужное значение размера точки.

12.2. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ

Линии в ***AutoCAD*** являются базовым примитивом и могут быть различных видов: одиночные отрезки, ломаные (с сопряжениями дугами и без них), пучки параллельных линий (мультилинии), сплайны, а также эскизные линии.

12.2.1. ОТРЕЗОК



Команда ***Line*** (Отрезок) – формирование отрезка – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Line*** (Отрезок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Line*** (Отрезок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Отрезки могут быть одиночными или объединёнными в ломаную линию. *При этом каждый отрезок ломаной линии является отдельным примитивом*; если же необходимо, чтобы набор линейных сегментов был единым объектом (областью), лучше применять полилинии.

При построении непрерывной ломаной линии конец предыдущего звена ломаной является началом следующего. Завершение построения ломаной линии осуществляется после нажатия клавиши ***Enter*** (условное обозначение – ↵). Если же ломаная линия является замкнутой, то в командной строке нужно с клавиатуры набрать слово ***Close*** (Закрыть) или начальную букву этого слова ***C***.

Выполнить упражнения № 2, 3, 4 (см. «Ввод координат точки»).

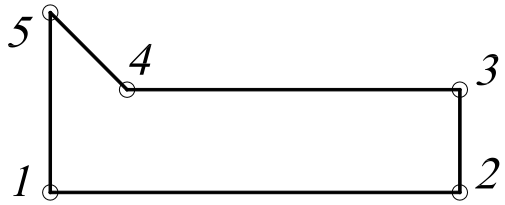
Построить многоугольник, задавая точки в абсолютных координатах № 2

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	100, 20	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	100, 40	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	35, 40	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	20, 55	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	Close	замкнуть ↵

Undo

Отмена последнего действия

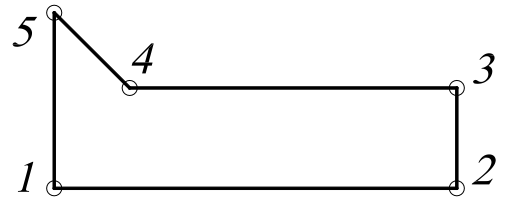


Построить многоугольник, задавая точки в относительных координатах № 3

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80, 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 0, 20	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -65, 0	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -15, 15	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2

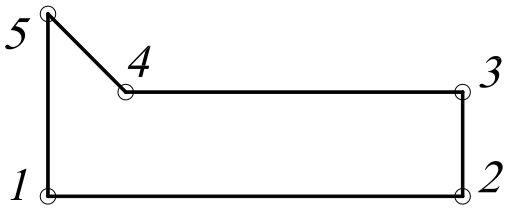


Построить многоугольник, задавая точки в полярных координатах № 4

Line Падающее меню ***Draw → Line***

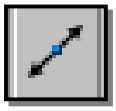
Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80 < 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 20 < 90	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 65 < 180	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 21 < 135	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2



12.2.2. ПРЯМАЯ И ЛУЧ

В ***AutoCAD*** допускается построение линий, не имеющих конца в одном или в обоих направлениях. Такие линии называются соответственно *лучами* или *прямыми*. Их можно использовать в качестве вспомогательных линий при построении объектов, и удобнее строить их в отдельных слоях.



Команда ***XLine*** (Прямая) – формирование прямой – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Construction line*** (Конструкционная прямая) или щелчком мыши по пиктограмме ***Construction line*** (Конструкционная прямая) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда ***XLine*** (Прямая) применяется в двумерном и трехмерном черчении.

Опции команды ***XLine*** (Конструкционная прямая):

- ***Hor*** (Гор) – для построения горизонтальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать h \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ver*** (Вер) – для построения вертикальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать v \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ang*** (Угол) – для построения наклонной вспомогательной прямой линии нужно ввести с клавиатуры a \Enter. Далее AutoCAD выведет дополнительные запросы:
  Enter angle of xline (0) or [Reference] \ Задайте угол наклона или…
  Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:

После ответа на эти запросы система строит вспомогательную линию через указанную точку под заданным углом. Задавая следующие точки, можно строить пучок линий, параллельных первой построенной линии. Если в ответ на запрос - Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:…- нажать клавишу Enter, то это действие приведёт к завершению работы с командой.

- ***Bisect*** (Биссект) –эта опция позволяет построить биссектрису угла по его вершине и двум точкам, расположенным на сторонах угла;
- ***Offset*** (Смещение) – по смещению от заданной линии (следует задать величину смещения, выбрать базовую линию и указать, с какой стороны должна проходить прямая).



Команда ***Ray*** (Луч) – построение луча – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ray*** (Луч) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ray*** (Луч) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Эта команда применяется при выполнении вспомогательных построений, которые используются как база при вычерчивании контурных линий. В отличие от прямых, бесконечных с обеих сторон, луч не имеет конца только в одном направлении, что позволяет снизить загромождённость рисунка.

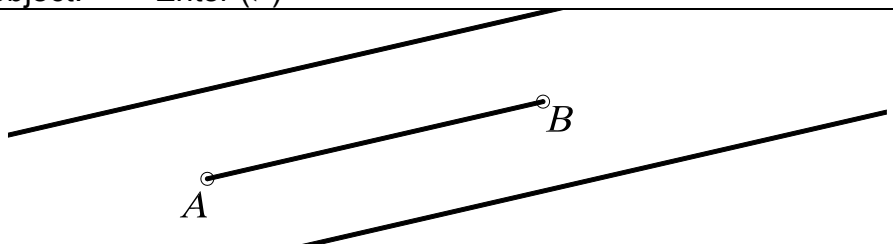
Выполнить упражнение № 5.

Построить вспомогательную прямую,
с величиной смещения 20 от заданного отрезка AB ***№ 5***

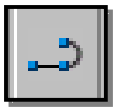


XLine Падающее меню ***Draw → XLine***

XLine Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]: offset задать опцию - смещение
Specify offset distance or [Through] < Through>: 20 задать расстояние 20 или <по умолчанию>
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув выше отрезка AB
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув ниже отрезка AB
Select a line object: Enter (↵)



12.2.3. ПОЛИЛИНИЯ



Команда ***PLine*** (ПЛиния) – построение полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Polyline*** (Полилиния) или щелчком мыши по пиктограмме ***Polyline*** (Полилиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***PLine*** (ПЛиния) служит для вычерчивания линии заданной толщины, состоящей из непрерывной последовательности отрезков прямых линий и дуг окружностей, и обрабатывается системой как графический примитив. Разрешено многократное переключение между режимом вычерчивания отрезков прямых и режимом вычерчивания дуг окружностей. Каждый режим имеет собственный набор параметров, который повторяется после вычерчивания каждого сегмента. По умолчанию эта команда использует режим вычерчивания отрезков прямых линий. При вычерчивании дуги окружности на экране монитора последовательно визуализируются её промежуточные положения.

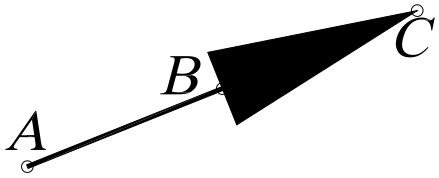
После вызова команды система выдает запрос о местоположении начальной точки. После ввода координат (с клавиатуры или с помощью графического курсора) появляется сообщение о текущей толщине линии Current line-width is 0.0000 (Текущая ширина линии равна 0.0000). Затем появляется список параметров команды:

- ***Arc*** (Дуга) – переход в режим дуг;
- ***Close*** (Замкнуть) – замыкает полилинию отрезком;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – позволяет задать полуширину, то есть расстояние от осевой линии широкого сегмента до края;
- ***Length*** (Длина) – длина сегмента, созданного как продолжение предыдущего в том же направлении;
- ***Undo*** (Отменить) – отменяет последний созданный сегмент;
- ***Width*** (Ширина) – позволяет задать ширину последующего сегмента.

Опции команды ***PLine*** (ПЛиния) в режиме дуг:

- ***Angle*** (Угол) – ввести центральный угол. По умолчанию дуга вычерчивается против часовой стрелки. Если требуется построить дугу по часовой стрелке, необходимо задать отрицательное значение угла;
- ***CEnter*** (Центр) – указать центр дуги;
- ***Close*** (Замкнуть) – замкнуть дугой;
- ***Direction*** (Направление) – задать направление касательной;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – определить полуширину полилинии;
- ***Line*** (Линейный) – переход в режим отрезков;
- ***Radius*** (Радиус) – ввести радиус дуги;
- ***Second pt*** (Вторая) – вторая точка дуги по трём точкам. Если дуга не является сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводится по касательной к нему;
- ***Undo*** (Отменить) – отменить последнюю точку;
- ***Width*** (Ширина) – определить ширину полилинии.

Выполнить упражнения № 6, 7, 8, 9.

Построить полилинию с переменной толщиной	***№ 6***
PLine Падающее меню ***Draw → Polyline*** Specify start point: 90,50 начальная точка A Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию) Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии Specify starting width <0.0000>: 1 стартовая ширина Specify ending width <1.0000>: 1 конечная ширина Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 140, 70 точка B Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии Specify starting width <1.0000>: 20 стартовая ширина Specify ending width <20.0000>: 0 конечная ширина Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 190, 90 точка C Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Enter	
	

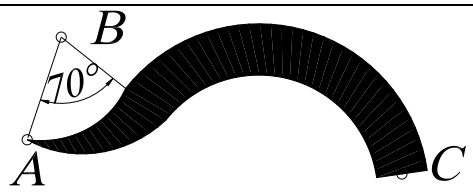
Многократное применение параметра Undo приводит к последовательному уничтожению сегментов полилинии и соответствующему переключению режимов работы команды.

Построить полилинию в режиме дуг *№ 7*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 0 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 15 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Ang задать углом
Specify included angle: 70 величина угла
Specify endpoint of arc or [Center/Radius]: Cen задать центр
Specify center point of arc: 100, 80 точка B
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: 200,40 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter

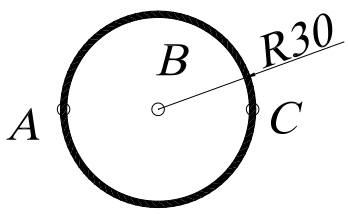


Построить окружность командой полилиния *№ 8*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CE задать центром
Specify center point of arc: 120, 50 точка B
Specify endpoint of arc or [Angle/Length]: @150, 0 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CL замкнуть

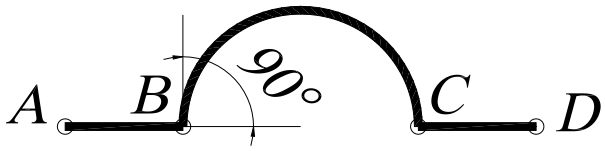


Построить полилинию с помощью направления	*№ 9*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 120 ,50 точка B
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/Direction/…/Second pt/Undo/Width]: Dir задать направлением
Specify the tangent direction for the start point of arc: 90 направление от точки A
Specify endpoint of the arc:180, 50 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: Line режим линий
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 210 ,50 точка D
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter



12.2.4. СПЛАЙН



Команда ***Spline*** (Сплайн) – построение сплайна – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Spline*** (Сплайн) или щелчком мыши по пиктограмме ***Spline*** (Сплайн) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Система ***AutoCAD*** вычерчивает неоднородные рациональные B-сплайны (NURBS-кривые). Сплайны могут быть как двумерными, так и трёхмерными объектами, которые строятся на основе некоторого множества точек.

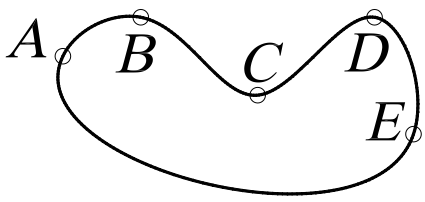
Выполнить упражнение № 10.

Построить сплайн	*№ 10*



Spline Падающее меню ***Draw*** → ***Spline***

Specify first point or [Object]: 90,50 начальная точка A
Specify start point: 110,60 точка B
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 140,40 точка C
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 170,60 точка D
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 180,30 точка E
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: Close замкнуть
Specify tangent: Enter



Замечания:

1. Выбор параметра Object в первом основном запросе системы позволяет преобразовать существующие сглаженные сплайном полилинии в правильный сплайн. После ввода этого параметра следует указать существующую полилинию, сглаженную сплайном.
2. Сплайн обрабатывается системой как единый объект.
3. Толщина линии не задается и соответствует толщине, установленной для текущего слоя.
4. Параметр Close можно использовать, если предварительно вычерчено не менее двух сегментов.
5. Параметр Fit tolerance используется, если необходимо задать, насколько близко к введенным точкам должен проходить сплайн. Величина допуска сглаживания выражается в единицах измерения текущего чертежа. По умолчанию принято значение допуска 0, при котором сплайн проходит точно по данным точкам.
6. Параметр <start tangent> (определить касательную к сплайну) задается по умолчанию (скобки вида < > определяют параметр по умолчанию). Для выбора принятого по умолчанию направления касательной следует нажать клавишу Enter или, перемещая точку с помощью курсора, определяющую направление касательной, задать форму кривой.

12.3. ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

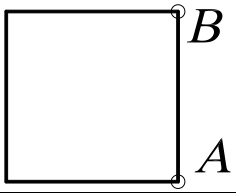
12.3.1. МНОГОУГОЛЬНИК

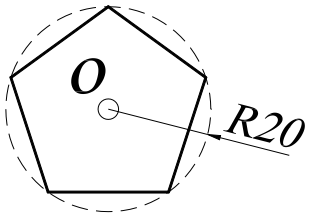


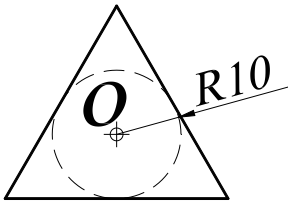
– Команда ***Poligon*** (Многоугольник) – построение правильного многоугольника с числом сторон от 3 до 1024 – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Poligon*** (Многоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Poligon*** (Многоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

- ***Edge*** (Сторона) – задание длины одной стороны;
- ***Inscribed in circle*** (Вписанный в окружность) – определяет способ построения многоугольника
- ***Circumscribed about circle*** (Описанный вокруг окружности) – определяет способ построения многоугольника как описанного вокруг некоторой окружности (как вписанного в некоторую окружность);

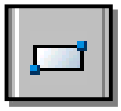
Выполнить упражнения № 11, 12, 13.

Построить многоугольник по известной стороне		***№ 11***
 ***Polygon***	Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon***	
	Enter number of side <4>: 4	количество сторон
	Specify center of polygon or [Edge]: E	задать стороной
	Specify first endpoint of edge: 90, 50	точка A
	Specify second endpoint of edge: 90, 100	точка B
		

Построить многоугольник, вписанный в окружность	*№ 12*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 5 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: i вписанный многоугольник в окружность Specify radius of circle: 20 радиус окружности	
	

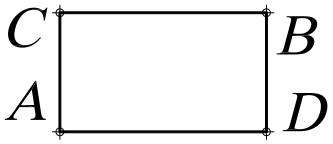
Построить многоугольник, описанный вокруг окружности	*№ 13*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 3 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: c описанный многоугольник вокруг окружности Specify radius of circle: 10 радиус окружности	
	

12.3.2. ПРЯМОУГОЛЬНИК



Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) – построение прямоугольника – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Rectangle*** (Прямоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rectangle*** (Прямоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Прямоугольник строится по двум любым диагональным точкам.

Выполнить упражнение № 14.

Построить прямоугольник	*№ 14*
 ***Rectangle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle*** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A (или точку C) Specify other corner point: указать точку B (или точку D)	
	

Опции команды ***Rectangle*** (Прямоугольник):

- ***Chamfer*** (Фаска) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определёнными фасками;
- ***Fillet*** (Сопряжение) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённым радиусом сопряжения углов;
- ***Width*** (Толщина) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии.

Во всех случаях система предлагает параметры по умолчанию, которые проставлены в скобках <…>.

Выполнить упражнения № 15, 16.

Построить прямоугольник с фасками ***№ 15***



Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

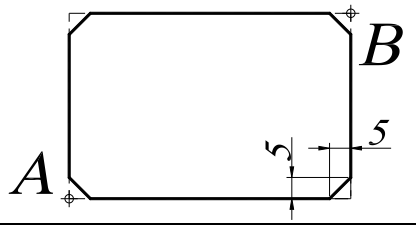
Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: c — задать фаски

Specify first chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — первый размер фаски

Specify second chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — второй размер фаски

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Построить прямоугольник с сопряжением углов ***№ 16***



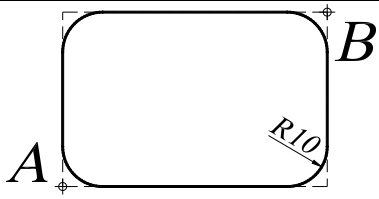
Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: f — задать радиус сопряжения

Specify fillet radius for rectangles <0.0000>: 5 — размер радиуса сопряжения

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Замечания:

1. Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) формирует полилинию, поэтому прямоугольник можно рассматривать как единый объект.
2. Параметр Width используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии. Если задать значение толщины, равное нулю, то линия вычерчивается с толщиной, установленной для текущего слоя.
3. Использование параметров Elevation, Thickness, Width позволяет создать трёхмерный объект (параллелепипед с прямоугольником в основании).

12.4. ПОСТРОЕНИЕ ОКРУЖНОСТЕЙ, ЭЛЛИПСОВ И ИХ ДУГ

12.4.1. ОКРУЖНОСТЬ



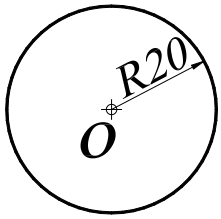
– Команда ***Circle*** (Круг) – построение окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Circle*** (Круг) или щелчком мыши по пиктограмме ***Circle*** (Круг) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Окружности можно строить различными способами. По умолчанию построение выполняется путём задания центра и радиуса.

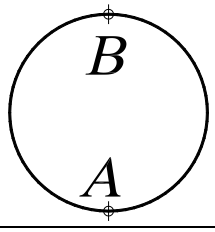
Опции команды ***Circle*** (Круг):

- ***3P*** (3Т) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
- ***2P*** (2Т) – по двум точкам, лежащим на диаметре;
- ***Ttr*** (ККР) – по двум касательным и радиусу;
- ***Tan Tan Tan*** (Кас Кас Кас) – окружность, касающаяся трёх объектов. В этом случае система автоматически включает режим объектной привязки Tangent (см. панель инструментов «Объектная привязка»).

При построении окружности, касательной к двум примитивам, необходимо указать графическим курсором на экране монитора приблизительную точку касания на заданных примитивах. Данный способ построения окружности предполагает её вычерчивание как касательной к двум отрезкам прямых, касательной к двум окружностям, касательной к отрезку и окружности.

Выполнить упражнения № 17 - 26 (для выполнения упражнений постройте примитивы, показанные штриховой линией).

Построить окружность по центру и радиусу	***№ 17***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 100,100 центр O Specify radius of circle or [Diameter]: 20 радиус окружности	
	

Построить окружность по двум точкам диаметра	***№ 18***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B	
	

Построить окружность по трём точкам	*№ 19*



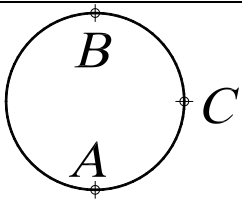
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A

Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B

Specify third end point of circle's diameter: 120,70 точка C



Построить окружность, касательную двум примитивам	*№ 20*



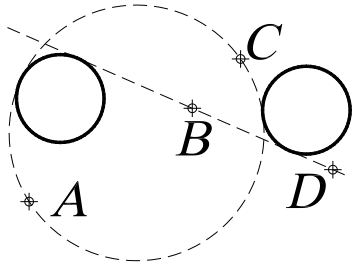
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность, касательную к прямой	*№ 21*



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

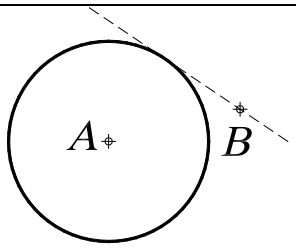
Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]:

указать центр окружности A

Specify radius of circle or [Diameter]:_ tan to щелкнуть мышью по пик-тограмме панели объектной привязки Tangent и



указать на точку B



Построить окружность, касательную двум окружностям ***№ 22***



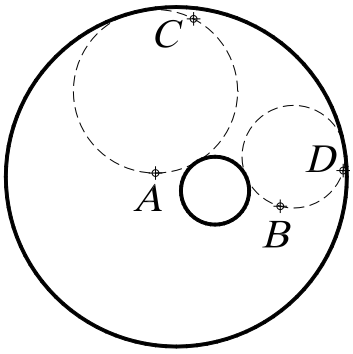
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность по двум точкам диаметра, лежащим на концах отрезка ***№ 23***

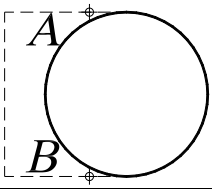


Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P

Specify first end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку A

Specify second end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку B



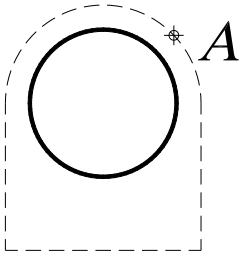
Построить концентрическую окружность ***№ 24***



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки CENter  и указать графическим курсором на точку A

Specify radius of circle or [Diameter]: 15 радиус окружности



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 25***



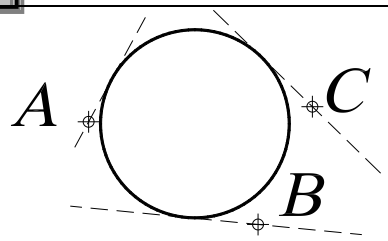
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 26***



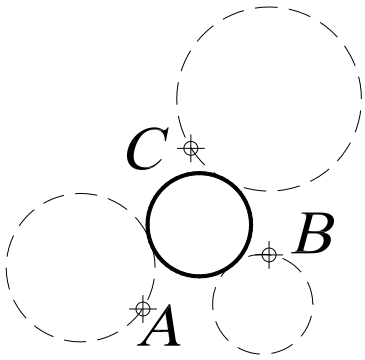
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



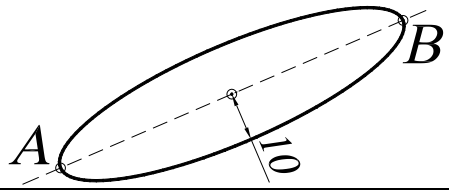
12.4.2. ЭЛЛИПС

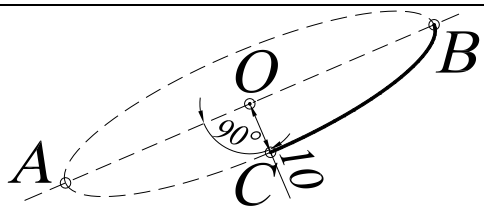


– Команда ***Ellipse*** (Эллипс) – построение эллипса – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ellipse*** (Эллипс) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ellipse*** (Эллипс) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Эллипсы можно строить различными способами. По умолчанию строится путём указания начала и конца первой оси эллипса, а также половины второй оси.

- ***Center*** (Центр) – построение эллипса по точке его центра и двум конечным точкам его осей;
- ***Arc*** **(**Дуга**) –** режим построения эллиптических дуг. По умолчанию эллиптические дуги, как и эллипсы, строятся путём указания конечных точек первой оси и половины длины второй. После этого задаются начальный и конечный углы. За начало отсчёта углов эллиптической дуги принимается большая ось эллипса. Если начальный и конечный углы совпадают, строится полный эллипс. Вместо задания конечного угла можно указать центральный угол дуги, измеренный от начальной точки.

Выполнить упражнения №27, 28

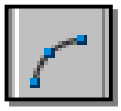
Построить эллипс по двум осям	***№ 27***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis [Rotation]: 10 длина половины оси	
	

Построить эллиптическую дугу	***№ 28***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: A режим построения дуг Specify axis endpoint of elliptical arc or [Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis or [Rotation]: 10 длина половины оси Specify start angle or [Parameter]: 90 угол AOC Specify end angle or [Parameter/ Included angle]: 180 угол AOB	
	



Для построения эллиптической дуги можно использовать команду - ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

12.4.3. ДУГА ОКРУЖНОСТИ



– Команда ***Arc*** (Дуга) – построение дуги окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Arc*** (Дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Arc*** (Дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Дуги строятся различными способами, однако по умолчанию построение производится по трём точкам – начальной, промежуточной и конечной.

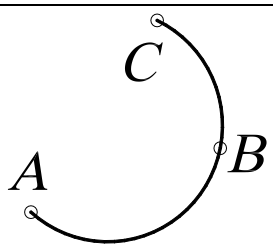
Опции команды ***Arc*** (Дуга):

- ***Center*** (Центр) – точка центра дуги;
- ***End*** (Конец) – конечная точка дуги;
- ***Angle*** (Угол) – величина угла;
- ***Chord Length*** (**Длина хорды**) – длина хорды;
- ***Direction*** (Направление) – направление касательной;
- ***Radius*** (Радиус) – радиус дуги.

Существует несколько способов построения дуги окружности по следующим трём параметрам:

1) ***3 Point*** (3 точки) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
2) ***St, C, End*** (Н, Ц, К) – по стартовой точке, центру и конечной точке дуги (положительным считается направление против часовой стрелки);
3) ***St, C, Ang*** (Н, Ц, Угол) – по стартовой точке, центру и углу;
4) ***St, C, Len*** (Н, Ц, Длин) – по стартовой точке, центру и длине хорды. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая из двух возможных дуг (та, что меньше 180^0). Если же вводится отрицательное значение длины хорды, будет построена большая дуга;
5) ***St, E, Ang*** (Н, К, Угол) – по стартовой точке, конечной точке и углу;
6) ***St, E, Dir*** (Н, К, Напр) – по стартовой точке, конечной точке и направлению – углу наклона касательной из начальной точки;
7) ***St, E, Rad*** (Н, К, Рад) – по стартовой точке, конечной точке и радиусу. Меньшая дуга строится против часовой стрелки;
8) ***Ce, S, End*** (Ц, Н, К) – построение дуги по центру, стартовой и конечной точке;
9) ***Ce, S, Ang*** (Ц, Н, Угол) – построение дуги по центру, стартовой точке и углу;
10) ***Ce, S, Len*** (Ц, Н, Длин) – построение дуги по центру, стартовой точке и длине хорды;
11) ***ArcCont*** (ПродДуг) – построение дуги как продолжение отрезка или дуги.

Выполнить упражнения № 29 – 33.

Построить дугу по трём точкам	***№ 29***
 ***Arc*** Падающее меню ***Draw*** → ***Arc (3 point)*** Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A Specify second point of arc or [Center/End]: 130, 260 точка B Specify start point of arc: 120,280 точка C	
	

Построить дугу по начальной точке, центру и величине угла	*№ 30*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Ang)***

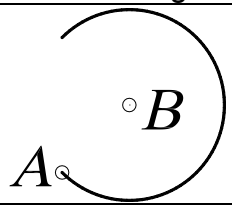
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 110, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify included angle: 270 угол



AutoCAD всегда проводит дугу от начальной точки в направлении против часовой стрелки. Две дуги, построенные одним и тем же способом, могут совершенно отличаться друг от друга. В следующих упражнениях показаны различия в построении одних и тех же дуг, но с противоположным значением длины хорды, размера радиуса. Необходимо помнить, что положительным считается направление против часовой стрелки.

Построить дугу по начальной точке, центру и длине хорды	*№ 31*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Len)***

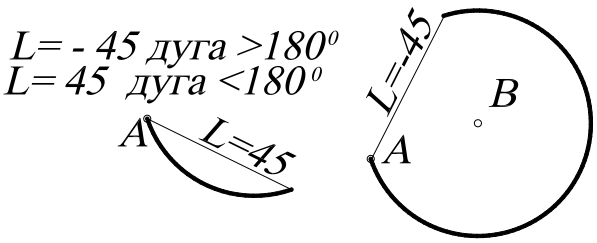
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 130, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: - 45 длина хорды



Построить дугу по двум точкам и радиусу	*№ 32*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Rad)***

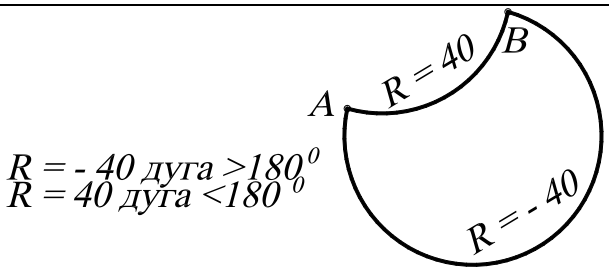
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: e

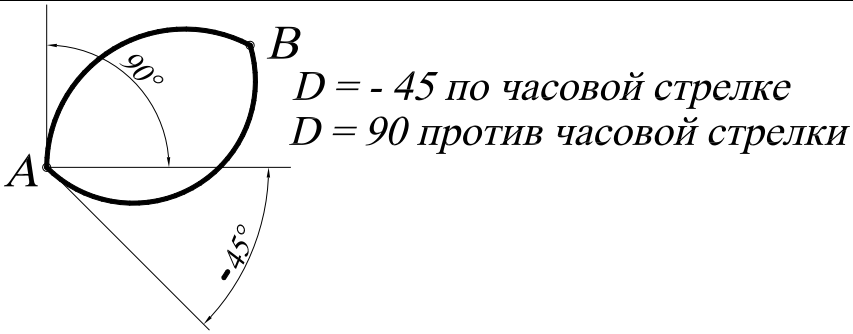
Specify end point of arc:150,280 конечная точка B

Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: r

Specify radius of arc: -40



Построить дугу по двум точкам и касательной		*№ 33*
Arc	Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Dir)***	
	Specify start point of arc or [Center]: 80,420	точка A
	Specify second point of arc or [Center/End]: e	
	Specify end point of arc: 130,450	точка B
	Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: d	
	Specify tangent direction for the start point of arc: -45	направление



13. ТЕКСТОВЫЕ СТИЛИ

При нанесении надписи в ***AutoCAD*** используется некоторый текстовый стиль, который задает высоту, угол поворота, ориентацию и др. В одном рисунке можно создавать и использовать несколько текстовых стилей.

Все текстовые стили, кроме STANDART, пользователь создает по своему желанию. Создание текста и команды его регенерации производятся в диалоговом окне ***Text Style*** (Текстовые стили) (рис. 35), вызываемом из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Text Style*** (Текстовые стили).

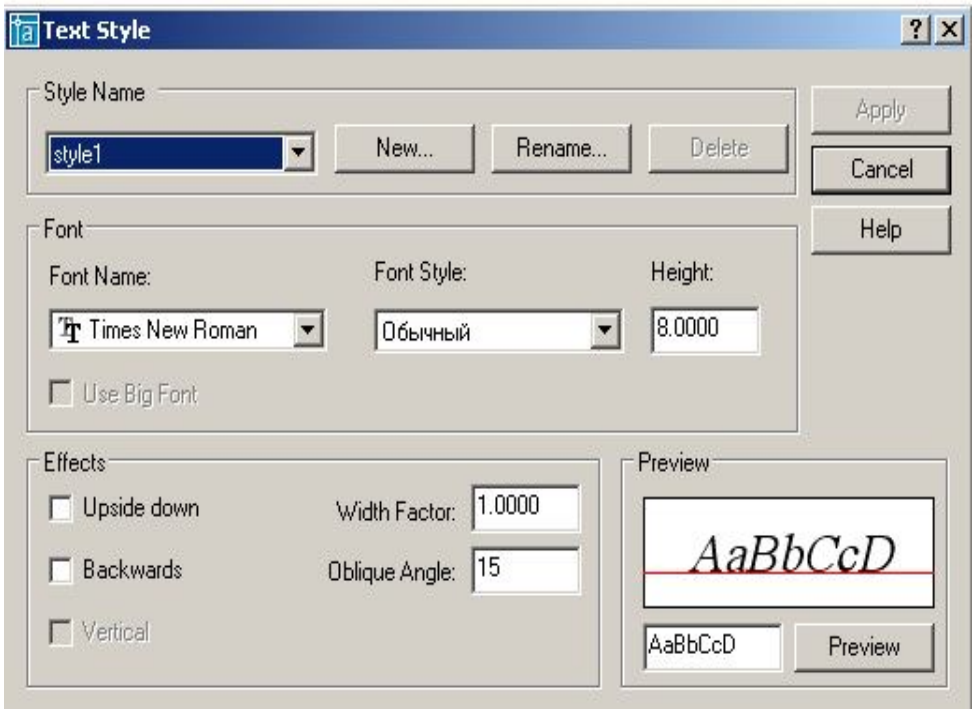


Рис. 35.

Для создания нового стиля необходимо щелкнуть мышью по кнопке ***New*** (Новый), при этом открывается диалоговое окно ***New Text Style*** (Новый текстовый стиль), в котором задается имя создаваемого стиля. Новому стилю присваиваются значения параметров, заданные первоначально в окне ***Text Style*** (**Текстовые стили**), которые, как правило, нуждаются в изменении.

В области ***Font*** (Шрифт) в раскрывающемся списке поля ***Font Name***: (Имя шрифта:) следует выбрать подходящий шрифт, например Times New Roman. Сделанные изменения для нового шрифта иллюстрируются в поле ***Preview*** (Образец).

Высота текста задается в поле ***Height:*** (Высота:) и определяет размер знаков используемого шрифта. Если в процессе описания стиля текста задана фиксированная высота текста, при создании однострочных надписей запрос ***Height:*** (Высота:) не выводится. При необходимости нанесения надписей разной высоты с использованием одного и того же текстового стиля следует при его создании указать высоту, равную 0.

Угол наклона текста задается в поле ***Oblique Angle*** (Угол наклона). Угол наклона текста задается от вертикальной линии по часовой стрелке.

13.1. ОДНОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Надписи на чертежах могут представлять собой сложные спецификации, элементы основной надписи, заголовки и т. п. Небольшие надписи, не требующие внутреннего форматирования, создаются в виде однострочных текстов при помощи команды ***TEXT*** (**ТЕКСТ**). Однострочные тексты удобно применять для заголовков.



– Команда ***TEXT*** (Текст) – формирование текста – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***TEXT*** (Текст) → ***Single Line Text*** (Однострочный) или щелчком мыши по пиктограмме ***TEXT*** (Текст) одноимённой панели инструментов.

Однострочный текст формируется по следующим опциям команды:

- ***Style*** (**Стиль**) – установление нового текстового стиля, путем выбора его из имеющихся стилей;
- ***Justify*** (**Выравнивание**) – выравнивание текстовой строки с использованием ключей выравнивания:

1. ***Align***, ***Fit*** – формируют вписанный текст между двумя введёнными точками:



– ***Align*** – высота и ширина каждого символа вычисляется автоматически;



– ***Fit –AutoCAD*** запрашивает высоту шрифта и автоматически подбирает ширину символа;

2.***Center***, ***Middle*** – центрирует текст относительно введенной точки:



– ***Center*** – центрирование текста по горизонтали;

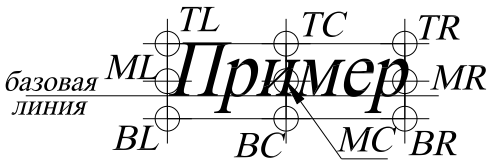


– ***Middle*** – центрирование текста по горизонтали и по вертикали;

3.***Right*** – выравнивание текста по правому краю:



4. Выравнивание текста относительно указанной точки, обозначаемой следующими символами – ***TL***, ***TC***, ***TR***, ***ML***, ***MC***, ***MR***, ***BL***, ***BC***, ***BR***, аббревиатуры слов:
T – ***Top*** (верхний), ***M*** – ***Middle*** (средний), ***B*** – ***Bottom*** (нижний), ***L*** – ***Left*** (левый), ***C***-***Center*** (центр), ***R*** – ***Right*** (правый).



Выполнить упражнения № 34 – 40.

Сформировать однострочный текст	***№ 34***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
Current text style:  "Standard"  Text height:  8.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: 100,500     начальная точка 1
                Specify height <8.0000>: 20                 высота текста
          Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                                Enter text: пример          формируемая надпись
                                Enter text: выполнения      формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

1 пример
выполнения

Для продолжения многострочных текстов команду ***Text*** повторяют обычным, принятым в системе способом, а затем на первый запрос отвечают нажатием клавиши ENTER. Тогда новая строка текста разместится под последней строкой вычерченного перед этим текста и будет иметь тот же текстовый стиль, высоту и угол поворота (см. упражнение 34).

Сформировать однострочный вписанный текст	***№ 35***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
                                Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
          Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Align            вписанный
       Specify first endpoint of text baseline: 150,490                      точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 240,490                            точка 2
                                Enter text: пример                  формируемая надпись
                                Enter text: вписанного текста       формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

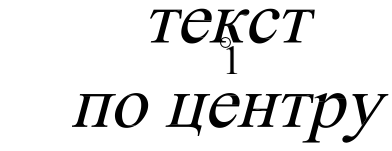
1 *пример* 2
вписанного текста

Сформировать текст, выровненный по центру	*№ 36*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
                    Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Center     по центру
                  Specify center point of text: 60,530                точка 1
                    Specify height <15.0000>: 10                      высота символа
                    Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                    Enter text: текст                                 формируемая надпись
                    Enter text:  по центру                            формируемая надпись
                    Enter text: <ENTER>
```



Первоначальное представление строки текста на экране дисплея не зависит от выбора параметра. Текст модифицируется в соответствии с указанным параметром в момент окончания работы команды.

Сформировать текст, выровненный по ширине	*№ 37*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
 Current text style:  "style2"  Text height:  10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Fit     по ширине
Specify first endpoint of text baseline: 10,610                    точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 70,610                   точка 2
Specify height <10.0000>: 10                                       высота символа
Enter text: Текст,                                                 формируемая надпись
Enter text: выровненный по ширине                                  формируемая надпись
Enter text: <ENTER>
```



Сформировать текст, выровненный по средней точке **№ 38**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Middle
— по средней точке
Specify middle point of text: 170,620 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота
Enter text: **Надпись,** — формируемая надпись
Enter text: **выровненная по средней точке** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Надпись,
выровненная по средней точке

Сформировать текст, выровненный вправо **№ 39**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Right — вправо
Specify right endpoint of text baseline: 240,680 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота строки
Enter text: **Текст**, — формируемая надпись
Enter text: **выровненный вправо** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Текст,
выровненный вправо

Создать новый наклонный стиль **№ 40**

Падающее меню ***Format*** → ***Text Style***
В диалоговом окне ***Text Style*** выбрать кнопку *New* (Новый)
В поле Style Name: указать новое любое имя стиля
В раскрывающемся списке названий шрифтов ***Font Name:*** выбрать arial
В поле Oblique Angle: (Угол наклона:) указать 10 градусов
В поле Height: (Высота:) указать 0
Используя команду  ***TEXT*** написать свое имя, фамилию

решение
новых вопросов

Использование специальных символов в однострочном тексте осуществляется с помощью управляющих кодов, которые вводятся в командную строку непосредственно перед вводом текста:

- %%o – включает или выключает режим надчеркивания символов;
- %%u - включает или выключает режим подчеркивания символов;
- %%d – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «градус» (°);
- %%p – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «плюс-минус» (±);
- %%c – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «диаметр окружности» (∅).

13.2. МНОГОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Многострочный текст используется для нанесения многострочных текстов на чертежах.



– Команда ***MTEXT*** (**МТЕКСТ**) – формирование многострочного текста - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Text*** (Текст) → ***Multiline Text*** (Многострочный текст) или щелчком мыши по пиктограмме ***Multiline Text*** (Многострочный текст) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

В ответ на команду система выдает в первой строке сообщение, а затем запрос: Current text style: "Standard" Text height: 8 (Текущий текстовый стиль).

Specify first corner: (Задайте первый угол:). Задать координаты первой точки рамки текстового окна (с помощью клавиатуры или графическим курсором).

Specify opposite corner or [Height/Justify/Line spacing/Rotation/Style/Width]: (Задайте противоположный угол или…)

- ***Height*** используется, если необходимо изменить высоту символов многострочного текста;
- ***Justify*** используется, если необходимо изменить способ выравнивания многострочного текста;
- ***Line spacing*** используется, если необходимо изменить расстояния между строками в текстовом окне;
- ***Rotation*** используется, если необходимо изменить угол поворота рамки текстового окна;
- ***Style*** используется, если необходимо изменить текстовый стиль;
- ***Width*** используется, если необходимо задать ширину рамки текстового окна.

После указания размеров абзаца загружается диалоговое окно ***Text Formatting*** (Форматирование текста) (рис. 36), которое содержит средства форматирования символов текста:

- Font – раскрывающийся список выбора шрифтов;
- Font Height – раскрывающийся список ввода высоты шрифта;
- Bold – кнопка установки полужирного начертания символов;
- Italic – кнопка начертания символа курсивом;
- Underline – кнопка установки начертания символа с подчеркиванием;
- Undo – кнопка отмены;
- Stack/Unstack – кнопка установки начертания дробей в одну или две строки;
- Text Color – раскрывающийся список выбора цвета символа.

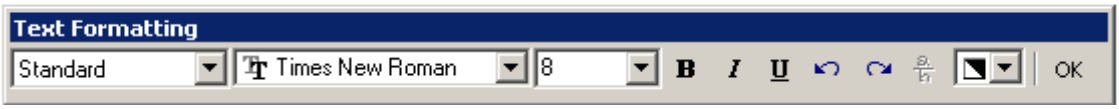


Рис. 36.

14. БЛОК

Пакет ***AutoCAD*** предоставляет пользователю различные способы работы с данными в чертежах. В том случае, когда часто встречается одна и та же группа объектов (крепежные изделия, подшипники, уплотнения и т. п.), целесообразно использовать блоки. *Блоки* – это именованные объекты, состоящие из любого количества примитивов системы ***AutoCAD***. Блоки можно вставлять в рисунок с масштабирование и поворотом, расчленять на составляющие объекты и редактировать. Блок может включать в себя другие блоки. При создании блока задается базовая точка и выбираются объекты, входящие в блок.

Возможны два типа блоков: *локальные* и *автономные*. Локальные блоки входят в состав того чертежа, в котором они были созданы, и не могут быть перенесены в другой чертеж. Автономные блоки хранятся в виде отдельного файла чертежа и могут быть использованы в других чертежах.

С каждым блоком можно связать *атрибуты*, то есть текстовую информацию для хранения вместе с блоком, которую допускается редактировать в процессе вставки блока. Распространенный пример использования атрибутов – заполнение основной надписи чертежа.

14.1. СОЗДАНИЕ БЛОКОВ



– Команда ***Block*** (Блок) – создание локального блока из объектов текущего чертежа - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Block*** (Блок) → ***Make*** (Создать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Make Block*** (Создать блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда раскрывает диалоговое окно ***Block Definition*** (Описание блока), представленное на рис. 37.

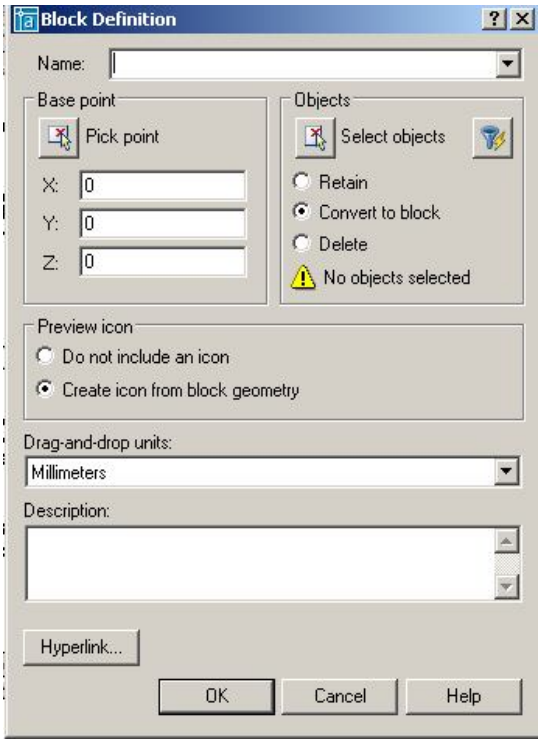


Рис. 37.

При создании блока в диалоговом окне ***Block Definition*** (Описание блока) следует:

- в поле ***Name:*** (Имя:) ввести имя создаваемого блока;
- в области ***Objects*** (Объекты) нажать кнопку ***Select objects*** (Выбрать объекты) и выбрать объекты на экране монитора, подлежащие включению в блок. При этом диалоговое окно временно закрывается. Затем следует нажать клавишу ***Enter*** после окончания выбора объектов и диалоговое окно снова откроется;
- в области ***Base point*** (Базовая точка) задать координаты базовой точки вставки или нажать на кнопку ***Pick point*** (Указать) для выбора базовой точки. После щелчка по этой кнопке диалоговое окно временно закрывается, и пользователь имеет возможность указать базовую точку на изображении блока;
- в поле ***Description*** (Пояснение) ввести текстовые пояснения для облегчения идентификации и поиска блока в дальнейшем;
- кнопка ***Hyperlink*** позволяет включить в описание создаваемого объекта гиперсвязь.

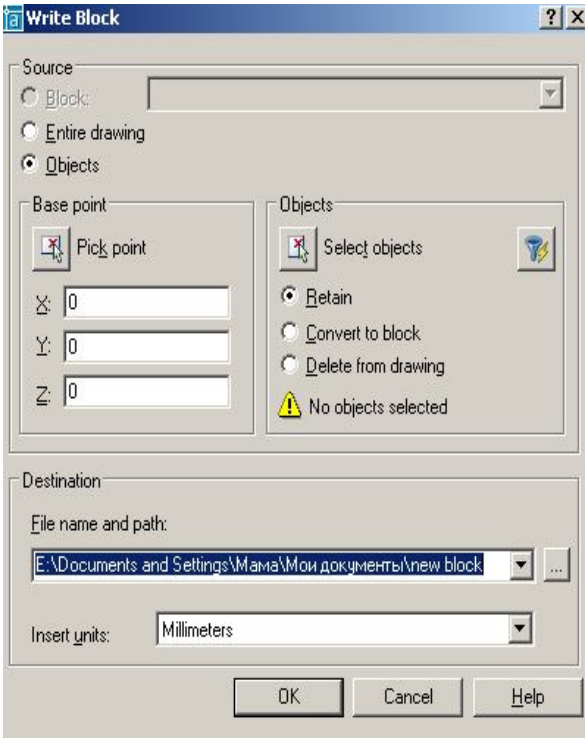
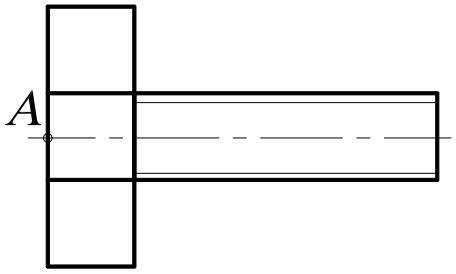


Рис. 38.

Для создания автономных блоков применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК), которая вызывается через командную строку: ***WBLOCK*** (***W***). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Write Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 38, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном чертеже.

Выполнить упражнение № 41 (для выполнения упражнения создайте чертёж, показанный в данном упражнении).

Создать локальный блок	***№ 41***
Block Падающее меню ***Draw*** → ***Block*** → ***Make*** В диалоговом окне ***Block Definition*** в поле Name: ввести произвольное имя создаваемого блока, например, BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***Pick point***. Specify insertion base point: указать точку A Щелкнуть мышью по кнопке ***Select objects*** Select objects: выбрать весь объект рамкой. Select objects: <ENTER> Щелкнуть мышью по кнопке OK.	
	

14.2. ВСТАВКА БЛОКА

– Команда ***Insert*** (Вставить) – служит для вставки ранее созданного блока или чертежа из файла в текущий чертёж. Вызывается из падающего меню ***Insert*** (Вставить) → ***Block*** (Блок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Insert*** (Вставить) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Insert*** (Вставить), представленное на рис. 39.

Раскрывающийся список ***Name:*** (Имя:) позволяет выбрать для вставки в текущий чертёж существующий локальный блок. Чтобы вставить в текущий чертёж автономный блок,

нужно нажать кнопку ***Browse***, а затем выбрать необходимый файл. Информационное поле ***Path*** содержит путь к отобранному файлу автономного блока. Флажок ***Explode*** (Взорвать) разрешает системе при вставке блока расчленить его на исходные данные.

Диалоговое окно ***Insert*** (Вставить) содержит три основные панели.

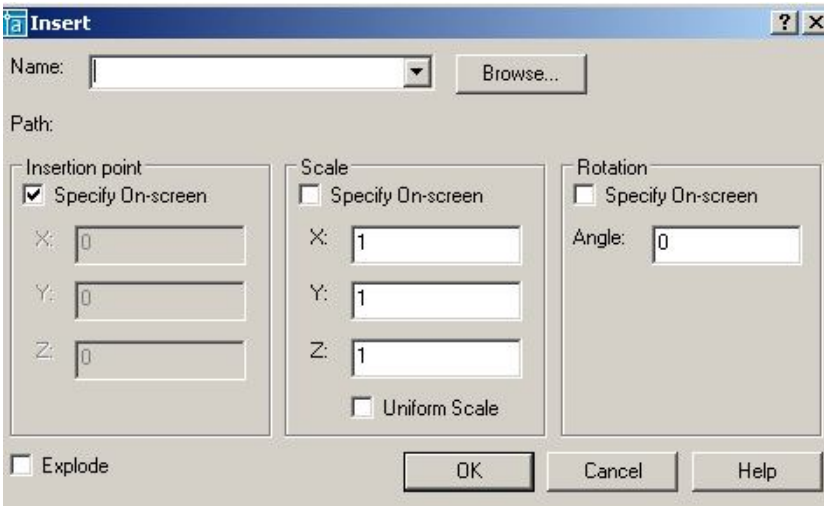


Рис. 39.

1. Панель ***Insertion point*** позволяет выбрать способ задания координат точки вставки блока (точки, с которой будет совмещена базовая точка, созданная при формировании блока): указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения координат точки вставки блока в текущей системе координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает указать нужную точку на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и пользователь имеет возможность указать точку вставки блока на чертеже.

2. Панель ***Scale*** (Масштаб) позволяет выбрать способ задания коэффициентов масштабирования при вставке блока: указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения масштабирования при вставке блока по осям координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать значения коэффициентов масштабирования на чертеже.

Флажок ***Uniform Scale*** устанавливает по осям координат одинаковые значения коэффициентов масштабирования.

3. Панель ***Rotation*** позволяет выбрать способ задания при вставке блока угла поворота относительно номинального его положения: указание на чертеже или ввод числового значения. Панель содержит кнопку-переключатель и поле ввода числового значения угла поворота. Поле ввода ***Angle*** позволяют задать числовые значения угла поворота при вставке блока. Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать числовые значения угла поворота на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и дальнейший диалог осуществляется в командной строке. Выполнить упражнение № 42.

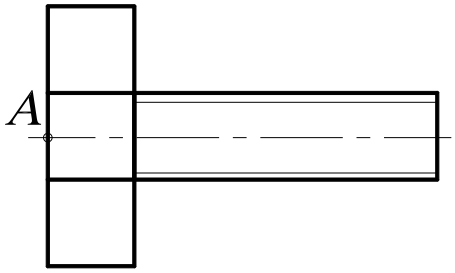


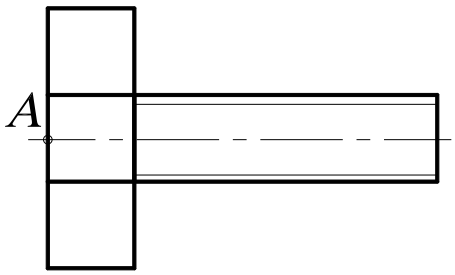
– Команда ***Explode*** (Взорвать) – расчленяет блок, размер, штриховку на отдельные составляющие объекты. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) или щелчком мыши по пиктограмме ***Explode*** (Взорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

При вставке блока в чертёж ***AutoCAD*** обрабатывает его как графический примитив, то есть единый объект, который нельзя изменять. Для обеспечения работы с отдельными составляющими блока его необходимо разбить или «взорвать». Это можно сделать и в момент вставки блока в чертёж, установив в диалоговом окне ***Insert*** (Вставить) флажок ***Explode*** (Взорвать).

Команда ***Explode*** (Взорвать) используется для расчленения объектов, созданных командой ***Region*** (Область) (см. далее в разделе «Создание замкнутых объектов»).

Выполнить упражнение № 43.

Вставить блок в чертёж	***№ 42***
 ***Insert*** Падающее меню ***Insert*** → ***Block*** В диалоговом окне ***Insert*** в поле Name: ввести имя вызываемого блока, которое можно указать из раскрывающегося списка, например: BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***OK*** Specify insertion point or [Scale/X/Y/Z/Rotate/PScale/PX/PY/PZ/PRotate]: указать точку вставки блока	
	

Взорвать (расчленить) блок	***№ 43***
 ***Explode*** Падающее меню ***Modify*** → ***Explode*** Select objects: указать блок в любой точке контура, например, точка А Select objects: <ENTER>	
	

15. СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕКТОВ

Для построения некоторых объектов, например трёхмерных объектов методом выдавливания или вращения, могут быть использованы замкнутые полилинии либо области. Разница между этими двумя типами объектов состоит в том, что объект *полилиния* представляет собой именно замкнутую линию, а объект *область* – часть плоскости, ограниченную замкнутой линией. Поэтому последний объект может характеризоваться массогабаритными параметрами вроде веса, положения центра тяжести, площади и т. д.

Массогабаритные параметры области вычисляются с помощью команды MASSPROP, которая запускается из меню ***Tools*** (Инструменты)→ ***Inquiry*** (Запрос).

Если исходный контур состоит из нескольких объектов (отрезков, дуг, эллиптических дуг и т. п.), его можно превратить в единый объект, используя команду ***Region*** (Область).



– Команда ***Region*** (Область) – создаёт замкнутую область из набора существующих объектов – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Region*** (Область) или щелчком мыши по пиктограмме ***Region*** (Область) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

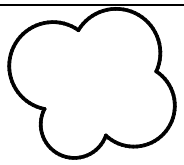
Выполнить упражнение № 44. Для выполнения этого упражнения вначале создайте произвольный объект, состоящий из нескольких элементов, например, из четырёх дуг, контур которых является замкнутым.

Создать замкнутую область	*№ 44*

Region Падающее меню ***Draw*** → ***Region***

Select objects: Specify opposite corner: 4 found выбрать графическим курсором все четыре дуги с помощью предполагаемой рамки, растягивая по диагонали.
Select objects: <ENTER>
Щелкните мышью на контур – создан единый объект

Разбейте данный объект на составляющие его четыре дуги с помощью команды *Explode*.



16. ШТРИХОВКА

– Команда ***Hatch*** (Штриховка) – выполнение штриховки замкнутой области – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Hatch*** (Штриховка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hatch*** (Штриховка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***Hatch*** (Штриховка) позволяет штриховать область, ограниченную замкнутой линией, как путём указания любой точки внутри контура, так и путём выбора объектов. Эта команда автоматически определяет контур и игнорирует любые целые примитивы и их составляющие, которые не являются частью контура. Текущим значением по умолчанию (в угловых скобках) может быть или имя одного из образцов штриховки, или по желанию пользователя (User). В первом случае в ответ на запрос системы необходимо указать имя одного из образцов, а во втором случае пользователь сообщает системе о намерении создать свой несложный топ штриховки, для чего отвечает символом ***U***.

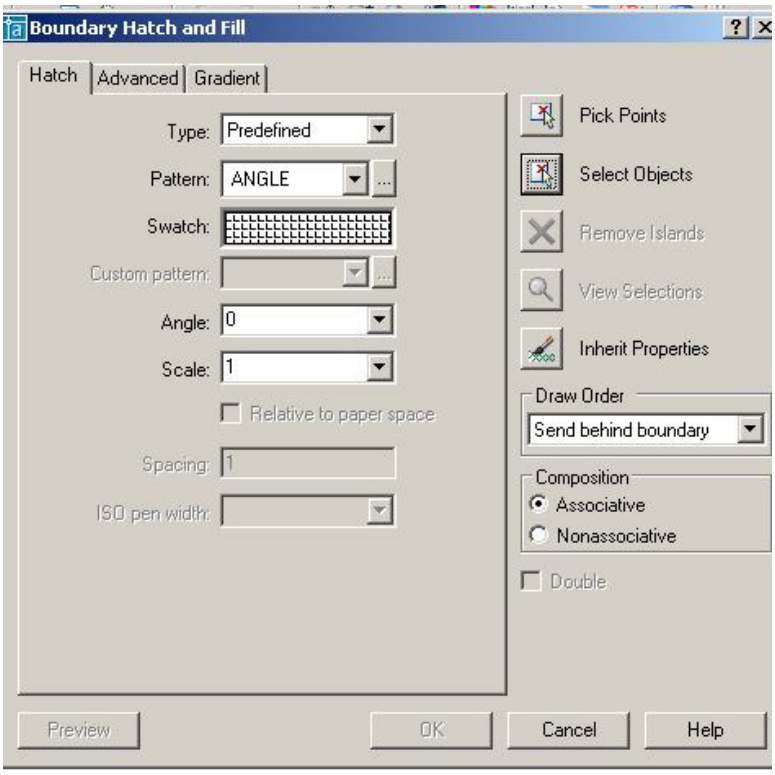


Рис. 40.

Обращение к команде ***Hatch*** (Штриховка) загружается диалоговое окно ***Boundary Hatch and Fill*** (Штриховка по контуру и заполнение), представленное на рис. 40.

1. Вкладка ***Hatch*** (Штриховка) позволяет выбирать образцы штриховки, которые имеются в области ***Pattern:*** (Образец:). Можно пользоваться как раскрывающимся списком, так и диалоговым окном ***Hatch Pattern Palette*** (Палитра образцов штриховки), содержащим пиктограммы с графическими образцами различных штриховок (рис. 41). Для выбора образца штриховки достаточно указать его изображение.

Для использования стандартных образцов штриховок необходимо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать

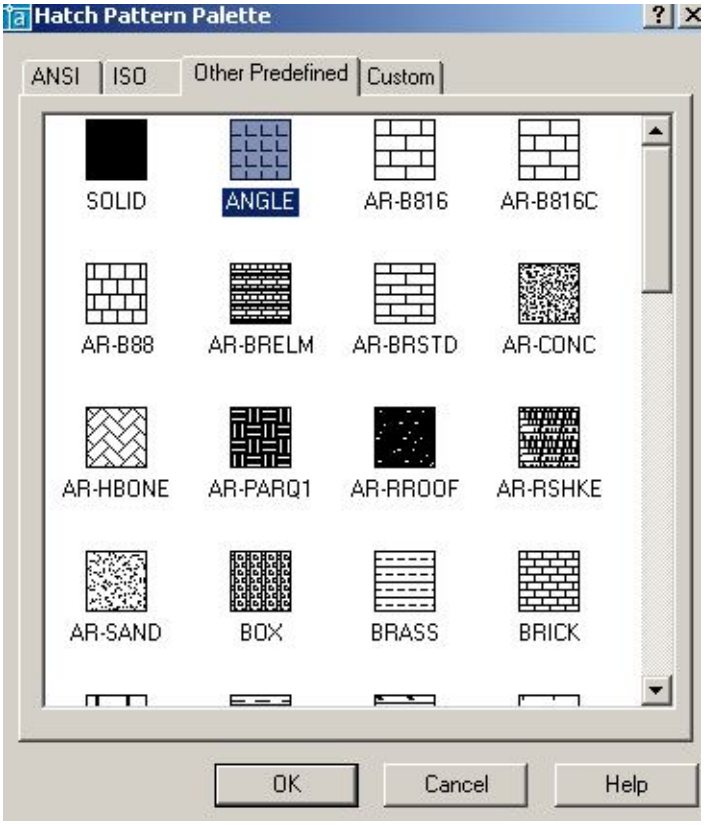


Рис. 41.

Predefined (Стандартный). Текстовые поля ***Scale:*** (Масштаб:) и ***Angle:*** (Угол:) позволяют задать масштабный коэффициент и угол наклона для выбранного образца штриховки.

Чтобы создать свой образец штриховки, надо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать ***User defined*** (**Пользовательский**). При использовании типа штриховки ***Custom*** (По типу линии) следует задать угол наклона в поле ***Angle:*** (Угол:), расстояние между линиями штриховки в поле ***Spacing:*** (Интервал:), если необходимо включить флажок ***Double*** (Крест-накрест) для вычерчивания дополнительных линий под углом 90^0 к основным линиям штриховки.

Для автоматического определения контура штриховки необходимо указать кнопку ***Pick Points*** (Указание точек). Это возможно в том случае, если на чертеже создана замкнутая область.

При определении нескольких контуров штриховки необходимо выбрать несколько внутренних точек, после чего нажать клавишу Enter. Если ***AutoCAD*** определяет, что контур не замкнут или что точка находится вне контура, на экране появляется сообщение об ошибке в диалоговом окне ***Boundary Definition Error*** (Ошибка определения контура).

Для выбора объектов в качестве контура штриховки любым из стандартных способов выбора необходимо указать кнопку ***Select objects*** (Выбор объектов).

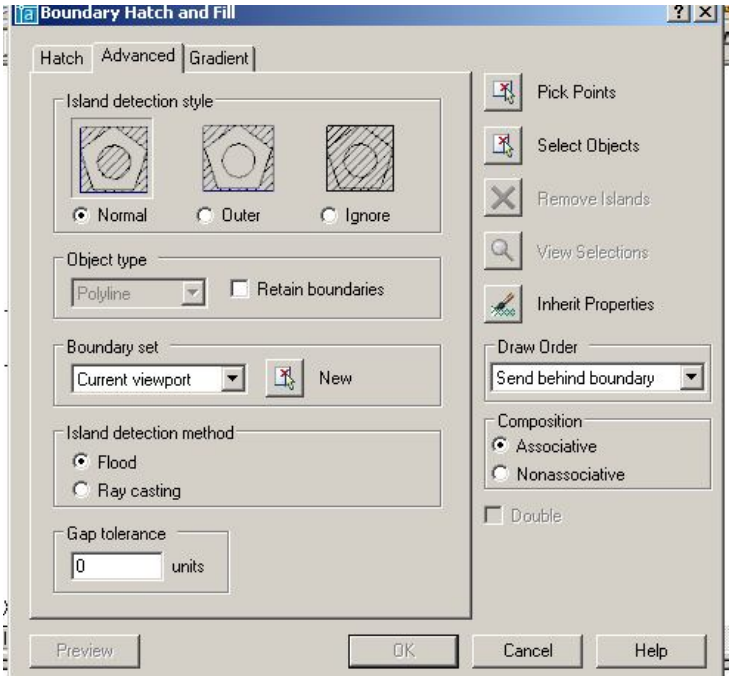


Рис. 42.

2. Вкладка ***Advanced*** (рис. 42) обеспечивает настройку параметров штриховки и содержит четыре панели.

Панель ***Island Direction Style*** содержит три кнопки выбора.

- ***Normal*** – устанавливает стиль штриховки, при котором режим штриховки изменяется при пересечении внутренних границ (используется по умолчанию).
- ***Outer*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка только внешней замкнутой области.
- ***Ignore*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка всей области внутри контура (внутренние границы игнорируются).

Панель ***Object Type*** содержит раскрывающийся список, который позволяет указать, в каком виде сохранять границу штриховки: как полилинию или как область. Кроме того, в этом поле размещена кнопка-переключатель ***Retain Boundaries*** – разрешает режим сохранения границ штриховки.

Панель ***Boundary Set*** – содержит раскрывающийся список, который определяет набор объектов для штрихуемой области.

Панель ***Island Direction Method*** – управляет методом поиска границ внутри выделенной области и содержит две кнопки выбора.

- ***Float*** – включать изолированные участки как граничные объекты.
- ***Ray Casting*** – исключать изолированные участки.

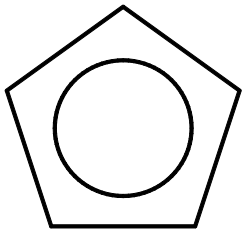
3. Вкладка ***Gradient*** позволяет заполнять замкнутые области градиентной заливкой. При этом можно выбирать угол заливки, количество цветов, центрировать.

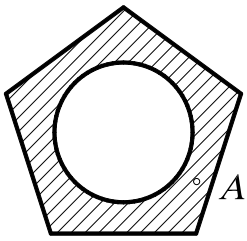
Выполнить упражнения № 45, 46. Для выполнения упражнений сначала создайте замкнутую область, показанную слева в этих упражнениях.

Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 45***

Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку ….
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку ANSI.
В закладке ANSI выбрать шаблон ANSI31.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать Pick Points, указать точку A внутри контура, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.



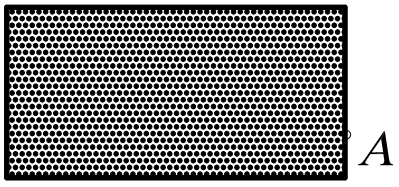


Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 46***

Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку ….
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку Other Predefined.
В закладке Other Predefined выбрать шаблон DOTS.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать Select Objects, указать точку A на контуре, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.





17. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Snap*
(Объектная привязка)

Объектная привязка (***Osnap***), панель которой показана на рис. 43, позволяет строить новые точки на чертеже, привязываясь к характерным точкам существующих объектов или относительно них, без необходимости знания её координат, а также для построения вспомогательных линий.



Рис. 43.

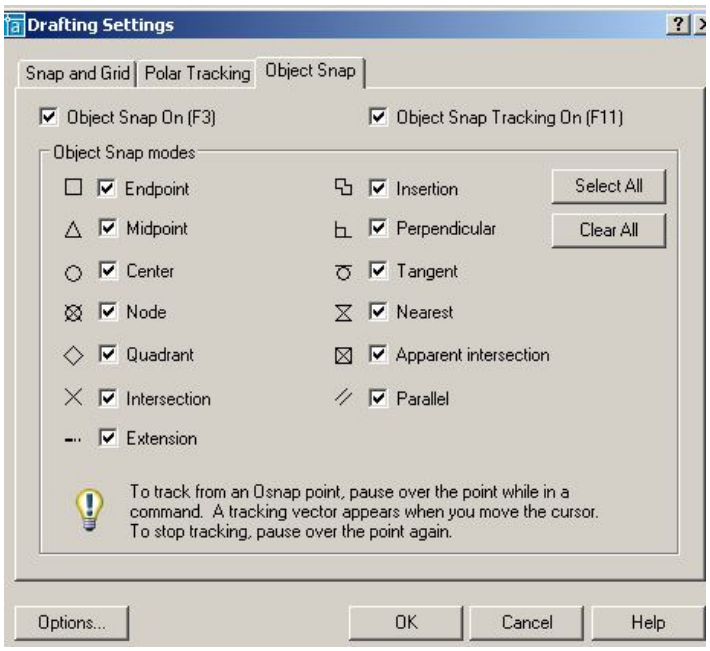
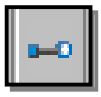


Рис. 44.

Перед применением этого способа необходимо настроить и включить режим ***Osnap***. Настройка осуществляется в диалоговом окне режимов черчения ***Drafting Settings*** (Настройки эскиза) выпадающего меню ***Tools*** (Инструменты), которое также может быть вызвано на экран командой ***OSNAP*** или нажатием правой кнопки мыши при указании на индикатор режима в строке состояния (рис. 44). В системе предусмотрена возможность временного отключения постоянного режима ***Osnap***, для чего достаточно щелкнуть на индикаторе ***Osnap*** в строке состояния.

Для одноразового использования какого-либо инструмента из набора объектных привязок в процессе выполнения команды используют контекстное меню, которое вызывают, удерживая клавишу ***SHIFT*** и нажимая правую кнопку мыши при нахождении графического курсора в рабочей зоне окна ***AutoCAD***.

Инструменты режима объектной привязки перечислены ниже:



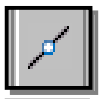
– ***Temporary Tracking Point*** (Точка отслеживания) – привязка к временной линии, проведённой через выбранную точку параллельно одной из осей координат;



– ***Snap From*** (Смещение) – привязка к точке, находящейся на заданном расстоянии от указанной точки (сначала выбирают любую точку, а затем вводят с клавиатуры расстояние или координаты точки, к которой нужна привязка);



– ***Snap to Endpoint*** (Привязка к конечной точке) – привязка к конечной точке линии, дуги, границы области, трёхмерного тела;



– ***Snap to Midpoint*** (Привязка к средней точке) – привязка к средним точкам объектов (отрезков, дуг и т. п.);



– ***Snap to Intersection*** (Привязка к пересечению) – привязка к точке пересечения двух объектов;



– ***Snap to Apparent Intersection*** (Привязка к предполагаемому пересечению) – привязка к воображаемой или предполагаемой точке пересечения линий или границ областей;



– ***Snap to Extension*** (Привязка к продолжению) - привязка к точке, лежащей на продолжении линии или дуги;



– ***Snap to Center*** (Привязка к центру) – привязка к центру окружности, дуги или эллипса (необходимо указывать на линию дуги или окружности или эллипса, а не на их центр);



– ***Snap to Quadrant*** (Привязка к квадранту) – привязка к ближайшему квадранту (точке, расположенной под углом 0^0, 90^0, 180^0 или 270^0 от центра) дуги, окружности или эллипса;



– ***Snap to Tangent*** (Привязка к касательной) – привязка к точке на дуге, окружности, эллипсе или сплайне, которая при соединении с последней точкой образует касательную к выбранному объекту;



– ***Snap to Perpendicular*** (Привязка к перпендикуляру) – привязка к точке на линии, окружности, эллипсе, сплайне или дуге, которая при соединении с последней точкой образует нормаль к выбранному объекту;



– ***Snap to Parallel*** (Привязка к параллели) – привязка объектов к точке на линии, которая при соединении с последней точкой образует линию, параллельную выбранному отрезку;



– ***Snap to Insert*** (Привязка к точке вставки) – привязка к точке вставки блока, формы, текста;



– ***Snap to Node*** (Привязка к узлу) – привязка к точке, сформированной командой ***Point*** (Точка);



– ***Snap to Nearest*** (Привязка к ближайшей) – привязка к произвольной точке примитива (на линии, дуге, окружности и др.), являющейся ближайшей к позиции перекрестия графического курсора;

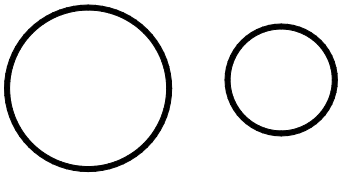
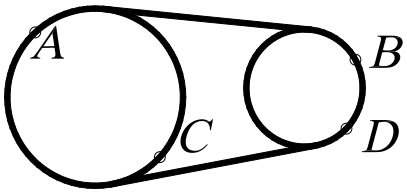


– ***None*** (Ничего) – этот режим отменяет на одну команду все текущие режимы объектных привязок;



– ***Object Snap Sitting*** (Установка объектных привязок) – установка режима объектной привязки.

Выполнить упражнения № 47, 48, 49, 50 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Построить касательные к окружностям	***№ 47***
 ***Line*** Падающее меню ***Draw → Line***	
Specify first point: объектная привязка tangent  указать A (или C)	
Specify next point or [Undo]: объектная привязка tangent  указать B (или D) Specify next point or [Undo]: <ENTER>.	
	

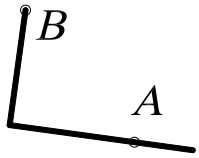
Восстановить перпендикуляр к концу отрезка	*№ 48*



Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: объектная привязка perpendicular  указать A
Specify next point or [Undo]: указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





Привязка к точке предполагаемого пересечения примитивов	*№ 49*

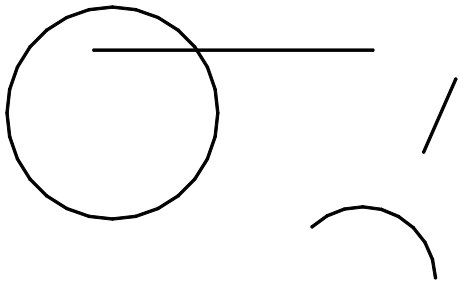


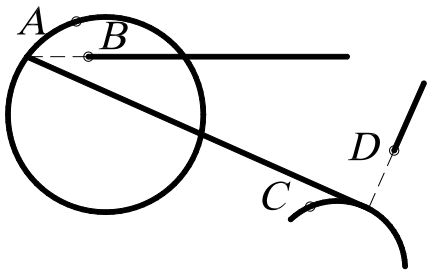
Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка Apparent Intersection  указать A, B

Specify next point or [Undo]: об. привязка Apparent Intersection  указать C, D

Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





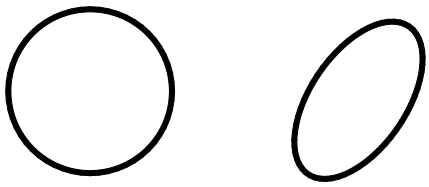
Привязка к центру окружности и эллипсу	*№ 50*

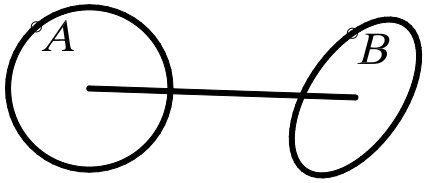


Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка  Center указать A

Specify next point or [Undo]: об. привязка  Center указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





18. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Modify*
(Изменить или редактировать)

Ни один чертёж не удается выполнить без корректировки. Вносить изменения в чертёж приходится по различным причинам. Некоторые процедуры редактирования являются частью процесса построения чертежа, например, копирование объекта вместо его повторного вычерчивания. Другие операции приводят к изменению большого количества объектов, на-

пример перенос целого фрагмента чертежа, если необходимо освободить место в графическом поле для новых объектов. Часто возникает потребность в удалении каких-то фрагментов, переносе повороте или изменении масштаба. Каждой из этих операций в наборе команд ***AutoCAD*** соответствует отдельная команда или набор команд, которые вызываются с помощью панели инструментов ***Modify*** (рис. 45) или с помощью падающего меню ***Modify*** (Редактировать).

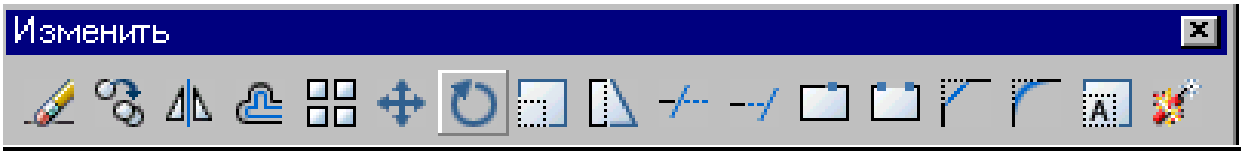


Рис. 45.

Для выполнения команд редактирования необходимо вначале выбрать эти объекты. Выбранная группа объектов называется *набором*, который состоит из одного или нескольких объектов. Набор объектов можно создавать как до, так и после вызова команды редактирования. Как только вызвана одна из команд редактирования, ***AutoCAD*** предлагает выбрать объекты. В командной строке появляется запрос ***Select objects:*** (Выберите объекты:). При этом перекрестье курсора заменяется прицелом выбора. Выбирать объекты можно с помощью предполагаемой рамки, с помощью курсора и др. Далее рассматриваются команды и примеры выполнения редактирования объектов. В примерах сначала создайте примитивы, показанные на рисунках слева, а затем редактируйте эти объекты.

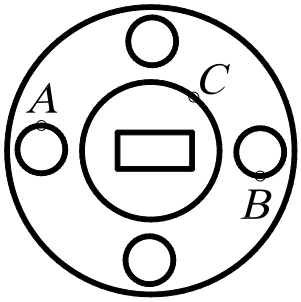
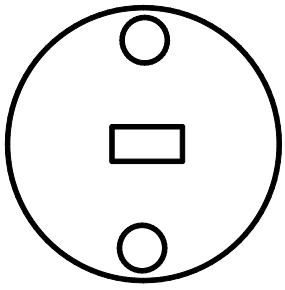
18.1. УДАЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



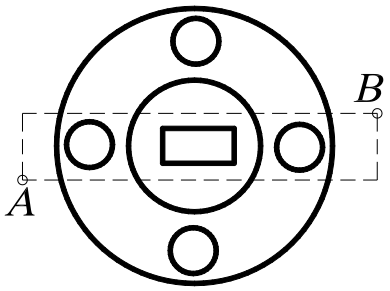
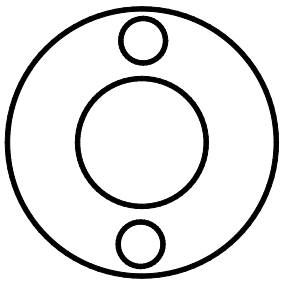
– Команда ***Erase*** (Стереть) – удаляет графический примитив и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Erase*** (Стереть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Erase*** (Стереть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

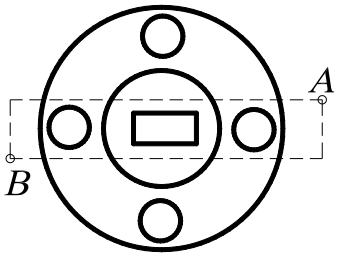
Для восстановления удаленных объектов последней командой ***Erase*** (Стереть) используется команда ***OOPS*** (Ой), название которой переводится на русский язык как «ой» и может пригодиться чересчур «активным» пользователям.

Выполнить упражнения № 51-53 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Удалить набор примитивов, используя точечный выбор	***№ 51***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать курсором объект A Select objects: указать курсором объект B Select objects: указать курсором объект C Select objects: <ENTER> *OOPS* - восстановить последний удаленный объект C.	
	

Выбор геометрических объектов может производиться с помощью рамки. Если указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении слева направо, то выбираются объекты, которые полностью попали в рамку. Если же указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении справа налево, то секущая рамка выбирает все объекты, которые находятся внутри или пересекают контур рамки.

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 52***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 53***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

18.2. КОПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Copy*** (Копировать) – копирует выбранные объекты и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Copy*** (Копировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Copy*** (Копировать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Команда позволяет создавать множество копий одного или нескольких объектов. При её применении последний запрос требует указания точки смещения (или расстояния) относительно базовой точки. После получения нужного числа копий в ответ на запрос нажать клавишу Enter.

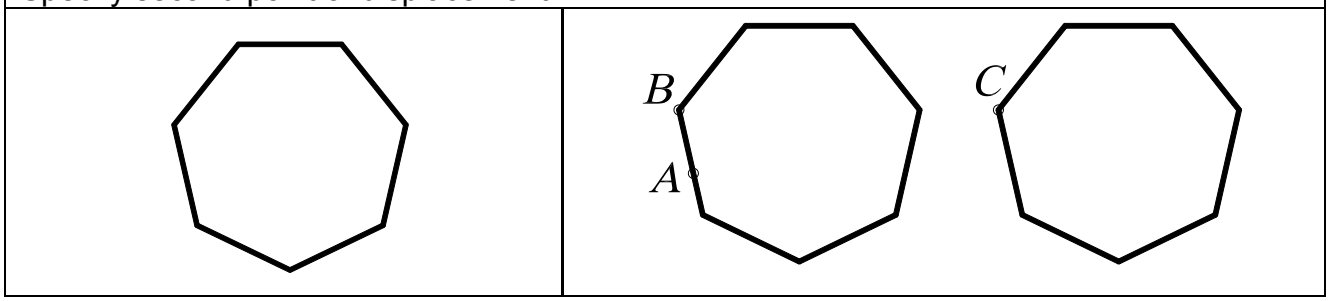
Выполнить упражнение № 54.

Скопировать объект	*№ 54*



Copy Падающее меню ***Modify*** → ***Copy***

Select objects: указать A
Select objects: ENTER
Specify base point or displacement: указать базовую точку B с использованием любой объектной привязки
Specify second point of displacement or
<use first point as displacement>: указать новое положение объекта – точку C
(или задавая расстояние BC с указанием направления курсора)
Specify second point of displacement: <ENTER>



18.3. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Mirror*** (Зеркало) – зеркально отображает выбранный объект или набор объектов, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Mirror*** (Зеркало) или щелчком мыши по пиктограмме ***Mirror*** (Зеркало) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Замечания:

1. Ось симметрии (отрезок, положение которого определяется первой и второй точками) может проходить под любым углом к горизонтальной линии.
2. Ось симметрии может быть предполагаемым отрезком, то есть не обязательно его вычерчивать.
3. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) рекомендуется в строке состояния установить режим ***Orto***, так как в большинстве случаев оси симметрии ортогональны.
4. При зеркальном отображении участков чертежа, содержащего текст, последний становится трудночитаемым. Чтобы устранить данный недостаток, необходимо предварительно установить значение системной переменной MIRRTEXT равным нулю (то есть в командной строке написать слово MIRRTEXT и затем в следующей строке на запрос Enter new value for MIRRTEXT <0>: установить значение 0).
5. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) можно исходные объекты (оригиналы) сохранять или удалять. При этом на запрос команды Delete source objects? [Yes/No] <N>: указать Yes.

Выполнить упражнение № 55.

Зеркально отобразить объект	*№ 55*



Mirror Падающее меню ***Modify*** → ***Mirror***

Select objects: выбрать объекты, показанные на рисунке толстыми линиями

Select objects: ENTER

Specify first point of mirror line: указать точку A,

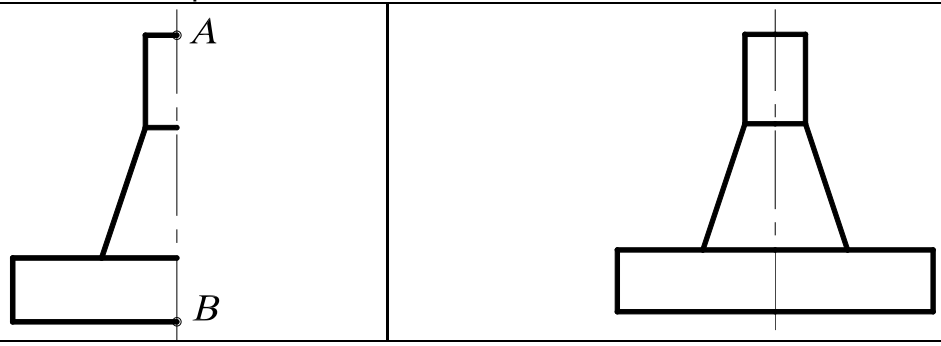
используя любой удобный режим об. привязки

Specify second point of mirror line: указать точку B,

используя любой удобный режим об. привязки

Delete source objects? [Yes/No] <N>: <ENTER>

Если на последний запрос команды ответить Y, то исходный объект не сохранится.



18.4. ПОСТРОЕНИЕ ПОДОБНЫХ ПРИМИТИВОВ



– Команда ***Offset*** (Подобие) – строит примитив, подобный другому графическому примитиву (строит эквидистантные линии); вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Offset*** (Подобие) или щелчком мыши по пиктограмме ***Offset*** (Подобие) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). Новый, подобный примитив проходит через заданную точку на чертеже или на заданном расстоянии от исходного.

Первый запрос системы в ответ на команду Specify offset distance or [Through] <Through>: (Задайте величину постоянного смещения каждого объекта или…<значение по умолчанию>)

Если выбрать режим Through, то подобный объект будет построен проходящим через заданную впоследствии точку на чертеже.

Если выбрать режим Offset, то системе необходимо указать величину смещения (ввести числовое значение с помощью клавиатуры) и позицию относительно примитива-оригинала. Подобный элемент будет построен на заданном смещении от оригинала и в нужную сторону от него. По умолчанию система всегда предлагает тот режим использования данной команды, который был применен в предыдущий раз.

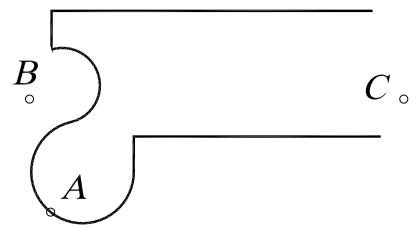
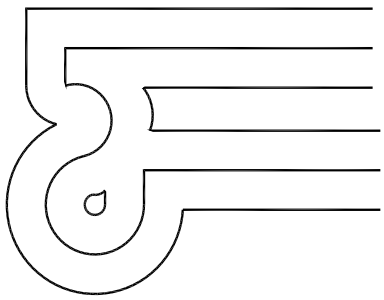
Замечания:

1. Для использования с командой ***Offset*** (Подобие) можно выбирать дуги, окружности, эллипсы, отрезки, лучи, прямые полилинии, сплайны, при этом указанные примитивы трансформируются следующим образом:
   - дуга – новая дуга имеет центральный угол и точку центра исходной дуги, однако длина дуги изменяется;
   - окружность, эллипс – новые объекты имеют центр исходных объектов, однако их радиусы изменяются;
   - отрезки, лучи, прямые – новые объекты являются дубликатами исходных;
   - полилинии – конечные точки новой полилинии размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим точкам исходной полилинии, в результате чего изменяются длины линейных и дуговых сегментов новой полилинии;

- сплайн – конечные точки нового сплайна размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим конечным точкам исходного сплайна, в результате чего изменяются длина и форма нового сплайна.

2. Для создания подобных объектов можно одновременно выбирать только один объект, причем разрешен только явный выбор.
3. Нельзя трансформировать объекты, находящиеся в плоскости, не параллельной текущей ПСК.

Выполнить упражнение № 56.

Построить эквидистанту полилинии	***№ 56***
Offset Падающее меню ***Modify*** → ***Offset*** Specify offset distance or [Through] <Through>: 10 величина смещения Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку B (сторону смещения) Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку C (сторону смещения) Select object to offset or <exit>:<ENTER>	
	

18.5. РАЗМНОЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МАССИВОМ

Команда ***Array*** (Массив) – тиражирует изображение графического примитива или их группы в заданной прямоугольной или круговой структуре, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Array*** (Массив) или щелчком мыши по пиктограмме ***Array*** (Массив) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

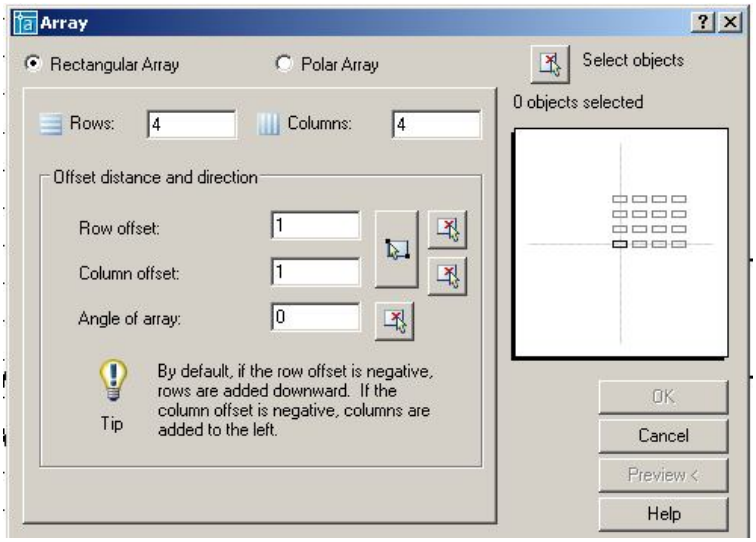


Рис. 46.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Array*** (рис. 46). Окно содержит две кнопки выбора, информационное поле, панель и кнопку.

- Кнопка выбора ***Rectangular Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде прямоугольного массива.
- Кнопка выбора ***Polar Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде кругового массива.
- Кнопка ***Select Object*** позволяет перейти в режим указания объектов, массив из которых необходимо создать.
- Информационное поле отображает вид создаваемого массива.

Панель служит для ввода параметров массива. В зависимости от выбора пользователя ***Rectangular Array*** или ***Polar Array*** состав компонентов панели изменяется. В режиме создания массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты.

- Поле ввода ***Rows*** служит для задания числа строк прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Columns*** служит для задания числа столбцов прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Rows offset*** служит для задания расстояния между строками массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Column offset*** служит для задания расстояния между столбцами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle of array*** служит для задания угла наклона осей, вдоль которых строится массив. Поле снабжено контекстным меню.
- Кнопка ***Pick Both Offset*** позволяет задать расстояния между строками и столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки. При этом расстояние между строками равно разности координат указанных точек вдоль оси ***x***, а расстояние между столбцами – разности координат указанных точек вдоль оси ***y***.
- Кнопка ***Pick Row Offset*** позволяет задать расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Column Offset*** позволяет задать расстояния между столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Angle of Array*** позволяет задать угол наклона осей массива, расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.

В режиме создания полярного массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты (рис. 47).

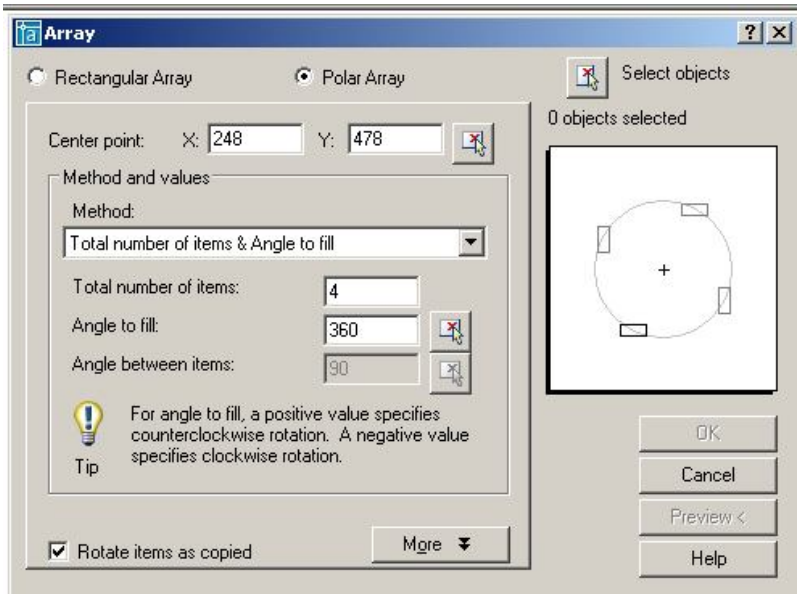


Рис. 47.

- Поля ***Center X:***, ***Y:*** служат для задания координат центра массива. Поля снабжены контекстным меню.
- Кнопка ***Center Pick Point*** позволяет задать центр массива, указав на графическом поле произвольную точку (можно использовать объектную привязку).

- Раскрывающийся список ***Method*** позволяет выбрать режим создания полярного массива:

  -***Total number of items & Angle to fill*** – создание массива с определённым числом элементов, равномерно распределённых в пределах заданного угла;

  -***Total number of items & Angle between items*** - создание массива с определенным числом элементов и заданным угловым шагом;

  -***Angle to fill & Angle between items*** – создание массива элементов, расположенных в пределах определённого угла с заданным угловым шагом.
- Поле ввода ***Total number of items*** служит для задания общего числа элементов массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle to fill*** служит для задания угла, в пределах которого размещаются элементы массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle between items*** служит для задания углового шага между элементами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Флажок ***Rotate items as copie***d разрешает режим, при котором объекты создаваемого массива поворачиваются на соответствующий угол.
- Кнопка ***More*** открывает дополнительную панель ***Object base point***, позволяющую задать положение базовой точки объекта (точки, расстояние до которой от центра массива остается постоянным).

Панель ***Object base point*** содержит следующие компоненты.

- Флажок ***Set to object's default*** разрешает использовать режим определения базовой точки, принятой для данного объекта по умолчанию:

  -точка центра для окружностей и эллипсов;

  -первый угол для многоугольников и прямоугольников;

  -начальная точка для линий, полилиний, сплайнов и лучей;

  -точка вставки для блоков и текста;

  -средняя точка для конструкционных линий.
- Поля ввода ***Base point X:***, ***Y:*** служат для задания координат базовой точки объекта, которая отличается от принятой по умолчанию.
- Кнопка ***Pick Base Point*** позволяет задать базовую точку объекта, указав на графическом поле произвольную точку.

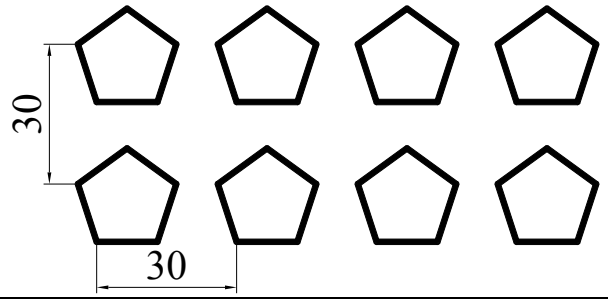
После задания всех необходимых параметров и выбора кнопки ***OK*** система производит построение массива элементов и завершает работу с командой. Кнопка ***Preview*** позволяет предварительный просмотр построенного массива, изображение которого можно редактировать или согласиться с тем, которое построено, нажав кнопку ***OK***.

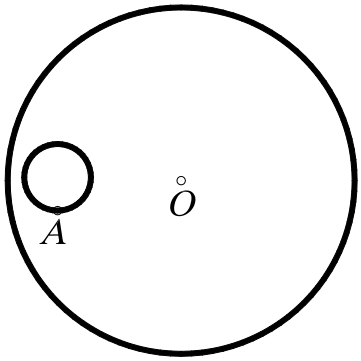
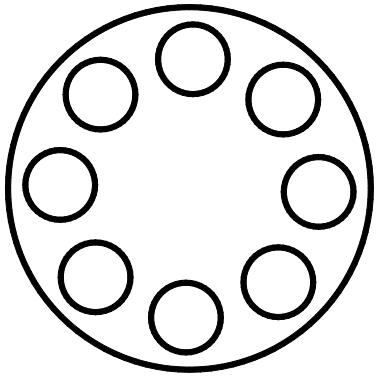
Замечания:

1. Команда позволяет выбрать объекты как после ее задания, так и до ее задания.
2. Каждый элемент массива можно редактировать независимо от других элементов.
3. Прямоугольные массивы выравниваются по осям ***X*** и ***Y*** текущей системы координат.

Для многих пользователей системы ***AutoCAD*** привычнее и удобнее работа с командной строкой. В этом случае команда ***Array*** (Массив) вводится с префиксом ***–ARRAY*** или ***(-AR)***.

Выполнить упражнение № 57, 58 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнений).

Размножить объект прямоугольным массивом	***№ 57***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY*** или ***-AR*** Select objects: выбрать объект (пятиугольник) Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: Enter выбрать прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 количество строк Enter the number of columns (|||) <1> 4 количество столбцов Enter the distance between rows or specify unit cell (---): 30 расстояние между строками Specify the distance between columns (|||): 30 расстояние между столбцами	
	

Размножить объект круговым массивом	***№ 58***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY (-AR)*** Select objects: выбрать объект A Select objects:Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: P круговой режим Specify center point of array or [Base]: указать центр окружности O Enter the number of items in the array: 8 количество элементов Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>:360 или Enter угол заполнения элементами массива Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: <ENTER>	
	

Параметры ввода массива в диалоговое окно для упражнения № 57 показаны на рис. 48, а для упражнения № 58 – на рис. 49.

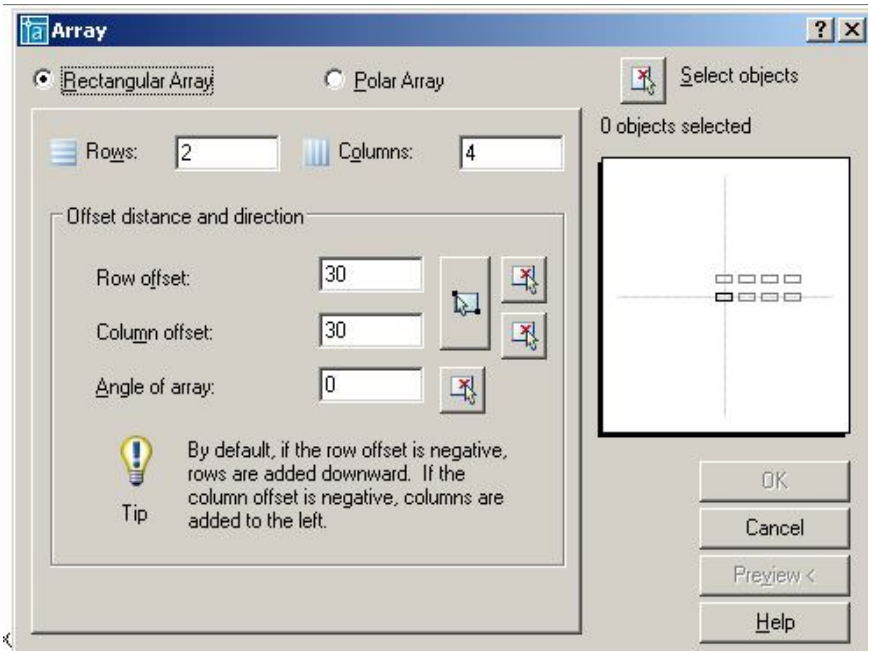


Рис. 48.

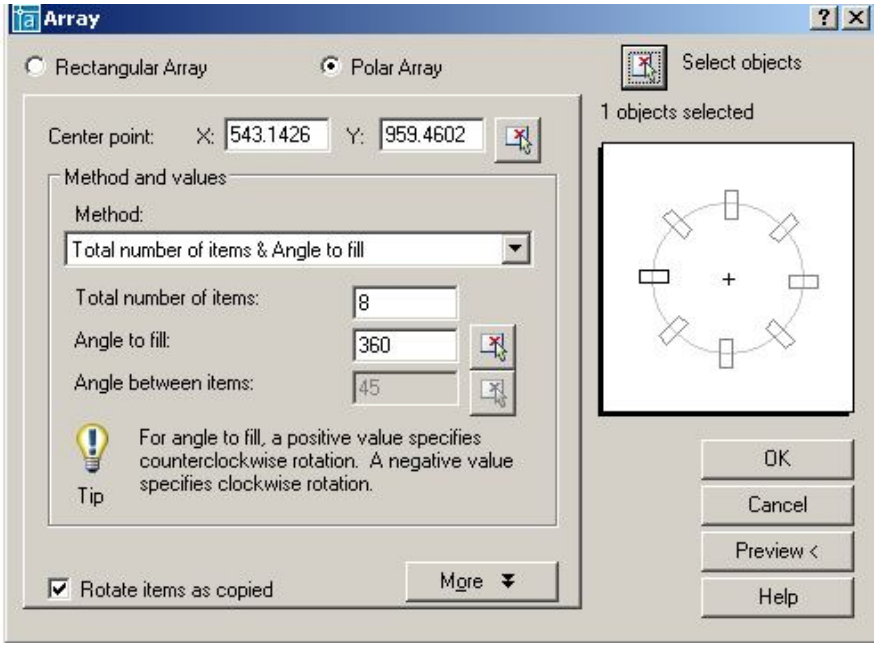


Рис. 49.

18.6. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



- Команда ***Move*** (Перемещение) – перемещает выбранные объекты, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Move*** (Перемещение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Move*** (Перемещение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Выполнить упражнение № 59.

Переместить окружности	*№ 59*



Move Падающее меню ***Modify*** → ***Move***

Select objects: указать A

Specify opposite corner: указать B

Select objects: Enter

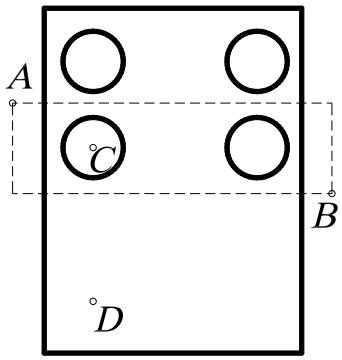
Specify base point or displacement: указать окружность в точке C с объектной привязкой Center

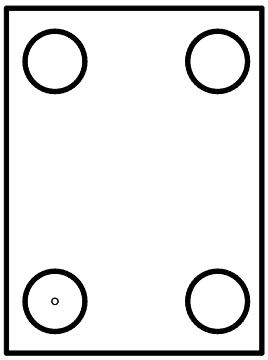


Specify second point of displacement or

<use first point as displacement>: указать точку D с объектной привязкой Node







18.7. ПОВОРОТ ОБЪЕКТОВ



- Команда ***Rotate*** (Повернуть) – поворачивает выбранные объекты вокруг указанной точки на заданный угол; вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Rotate*** (Повернуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rotate*** (Повернуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). По умолчанию отсчет значений углов ведется от положительного направления оси ***x***. Против часовой стрелки – положительное значение угла, по часовой стрелке – отрицательное.

Опция команды ***Reference*** (Опорный угол) используется, если необходимо повернуть объект относительно существующего угла. Для автоматического определения угла нужно указать на примитиве две точки с помощью объектной привязки.

Выполнить упражнения № 60, 61.

Повернуть объект	*№ 60*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

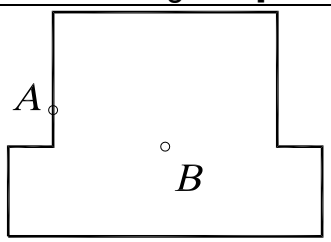
Select objects: указать объект A

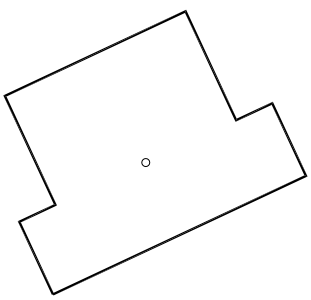
Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота – базовую точку B с объектной привязкой Node



Specify rotation angle or [Reference]: 25 угол поворота





Повернуть объект со ссылкой на известный угол	*№ 61*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: указать объект A

Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота точку B с объектной привязкой Intersection

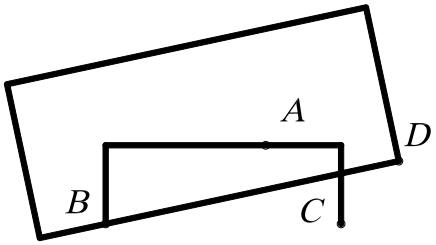


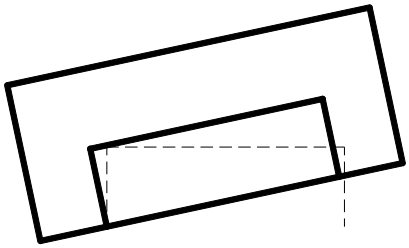
Specify rotation angle or [Reference]: R режим ссылки

Specify the reference angle <0>: указать точку B с объектной привязкой

Specify second point: указать точку C с объектной привязкой

Specify the new angle: указать точку D с объектной привязкой.





18.8. МАСШТАБИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Scale*** (Масштаб) – пропорционально изменяет размеры объекта относительно заданной точки, умножая их на заданный коэффициент масштаба, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Scale*** (Масштаб) или щелчком мыши по пиктограмме ***Scale*** (Масштаб) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

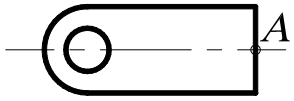
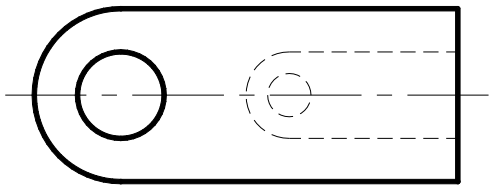
При масштабировании объектов масштабные коэффициенты по осям ***x*** и ***y*** одинаковы. Таким образом, можно делать объект больше или меньше, но нельзя изменять соотношение его размеров по этим осям. Масштабирование выполняется путем указания базовой точки и новой длины объекта, из которой выводится масштабный коэффициент для текущих единиц, или путем явного ввода коэффициента. Кроме того, коэффициент может определяться путем указания текущей длины и новой длины объекта.

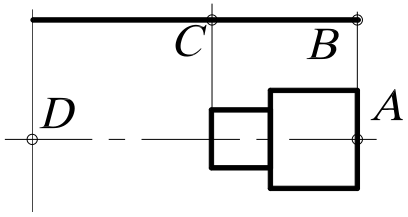
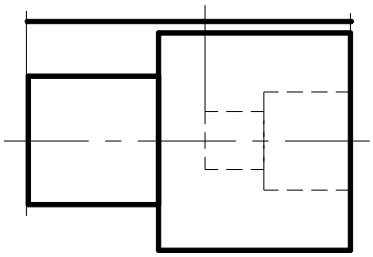
Опция ***Reference*** (Опорный отрезок) используется для определения коэффициента масштабирования с применением существующих объектов.

Одна из наиболее эффективных возможностей использования ***Reference*** (Опорный отрезок) – изменение масштаба всего рисунка. Если окажется, что выбранные единицы рисунка не соответствуют заданным требованиям, то для выбора всех объектов на рисунке (например, рамкой) можно сначала воспользоваться командой ***Scale*** (Масштаб), затем использовать опцию ***Reference*** (Опорный отрезок), указать два конца объекта, требуемая длина которого известна, и ввести эту длину. В результате масштаб всех объектов на рисунке пропорционально изменится соответствующим образом. Для автоматического определения исходной длины нужно указать на объекте с помощью объектной привязки две точки.

При использовании команды ***Scale*** (Масштаб) базовая точка не меняет своего положения при изменении размеров объекта.

Выполнить упражнения № 62, 63.

Масштабировать объект	*№ 62*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: 2 коэффициент	
	

Масштабировать объект со ссылкой на заданную длину	*№ 63*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект любым способом Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: R ссылка Specify reference length <1>: указать точку B Specify second point: указать точку C Specify new length: указать точку D	
	

18.9. РАСТЯГИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

 – Команда ***Stretch*** (Растянуть) – обеспечивает растягивание или сжатие объекта, не разрывая его, за счёт перемещения отдельных его частей, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Stretch*** (Растянуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Stretch*** (Растянуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

После запуска команды необходимо выбрать объекты. Выбор объектов осуществляется секущей рамкой, которая получается при движении курсора справа налево. При выполнении команды все объекты, которые попали внутрь секущей рамки, переносятся на одно и то же расстояние, а те, которые не попали, остаются на месте.

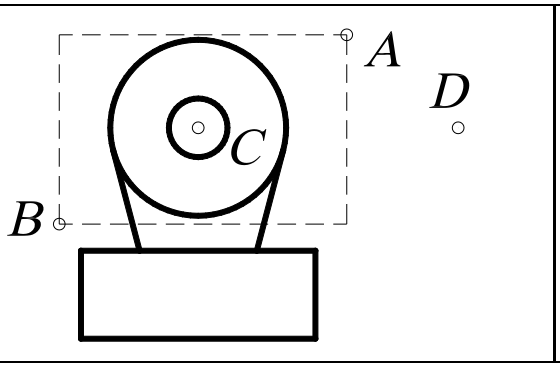
Под действие команды ***Stretch*** (Растянуть) попадают следующие типы объектов: отрезки, полилинии, дуги, лучи, сплайны, эллиптические дуги, размеры. Объекты – круг, текст, блок – растягивать нельзя.

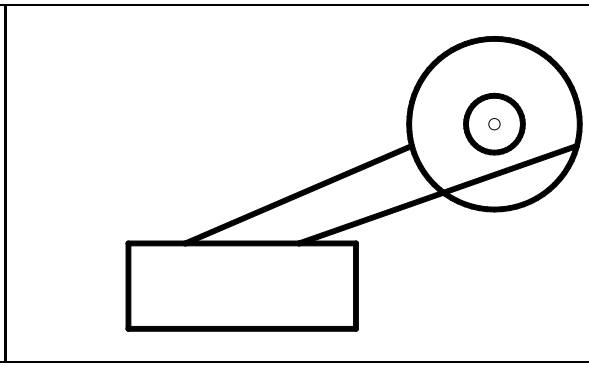
Выполнить упражнение № 64.

Растянуть объект со смещением вправо	*№ 64*

Stretch Падающее меню ***Modify*** → ***Stretch***

Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...
Select objects: выбрать объекты секущей рамкой
(растягивая её справа налево), указать точку A
Specify opposite corner: указать точку B
Select objects: Enter
Specify base point or displacement: указать точку C (применяя об. привязку к центру)
Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: указать точку D





18.10. ПОДРЕЗАНИЕ ОБЪЕКТОВ

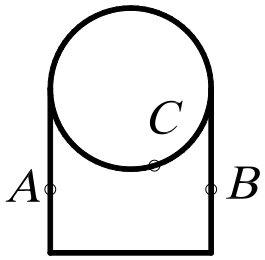
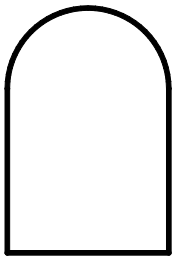
– Команда ***Trim*** (Обрезать) – удаляет часть графического объекта, обрезая его по заданной режущей кромке, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Trim*** (Обрезать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Trim*** (Обрезать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Прежде чем удалить лишние фрагменты – подрезать объект, необходимо определить *режущую кромку*. Режущей кромкой могут служить отрезки, дуги, окружности, двумерные полилинии, эллипсы, сплайны, прямые, лучи. Можно выбирать несколько режущих кромок и подрезать несколько объектов одновременно. В пространстве листа режущими кромками могут быть границы видовых экранов. После определения объектов, которые будут использованы в качестве режущих кромок, выбираются объекты для подрезания. При этом перечисляются следующие опции команды.

- ***Select object to trim*** (Выберите объекты для подрезания). Эта опция предлагается по умолчанию. Нужно выбрать любым известным способом те объекты, которые нужно откорректировать, при этом каждый объект должен быть указан с того конца, который нужно удалить.
- ***Project*** (Проекция). Эта опция определяет режим отсечения объектов по пересечению проекции объектов с границей в трехмерном пространстве:
  - ***None*** (Никакой) – режущая кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать корректируемый объект;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – режущая кромка и подрезаемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение режущей кромки до воображаемого пересечения с корректируемым объектом;

- ***No Extend*** (Не удлинять) – отсечение объектов по границе, с которой они имеют пересечение.

Выполнить упражнение № 65.

Отсечь часть окружности	***№ 65***
Trim Падающее меню ***Modify*** → ***Trim*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select cutting edges ... Select objects: указать режущую кромку, выбрав объекты A и B Select objects: Enter Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: указать объект C Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

18.11. УДЛИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

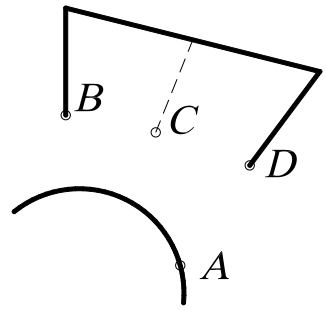
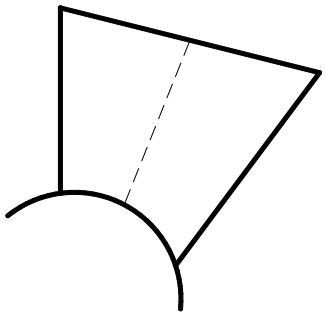
 – Команда ***Extend*** (Удлинить) – удлиняет объекты до пересечения с указанной линией, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Extend*** (Удлинить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extend*** (Удлинить) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Методика выполнения удлинения объектов мало отличается от подрезания. Разница только в том, что вместо режущей кромки задается *граничная кромка*. Удлинять командой ***Extend*** (Удлинить) можно отрезки, незамкнутые полилинии, дуги, лучи, эллиптические дуги. Граничными кромками могут служить отрезки, дуги, двумерные полилинии. Удлиняемые объекты выбираются, если указать на ту часть, которая должна удлиняться. Объекты нельзя выбирать рамкой.

В процессе выполнения команды ***Extend*** (Удлинить)используются те же приглашения, что и для ***Trim*** (Обрезать). Первое приглашение ***Select boundary edges*** касается выбора объектов, которые будут использованы в качестве граничной кромки. Для задания способа интерпретации граничных кромок предлагается использовать такие же опции, как и при выполнении подрезания.

- ***Project*** (Проекция). Эта опция позволяет определить, каким образом ***AutoCAD*** будет проектировать граничную кромку при выполнении операции на трехмерной модели:
  - ***None*** (Никакой) – граничная кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать продолжение корректируемого объекта;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – граничная кромка и удлиняемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение объекта до воображаемой продолженной границы;
  - ***No Extend*** (Не удлинять) – удлинение объектов до границы без её удлинения.

Выполнить упражнение № 66.

Удлинить отрезки до границы дуги	***№ 66***
Extend Падающее меню ***Modify*** → ***Extend*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select boundary edges ... Select objects: указать граничную кромку, выбрав объект A Select objects: Enter Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку B Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку C Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать тоску D Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

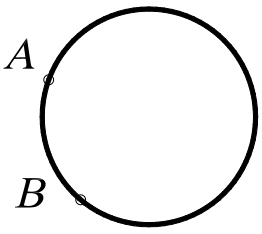
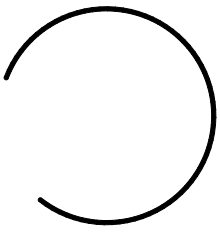
Если задано несколько граничных кромок, то объект удлиняется до тех пор, пока не достигнет первой граничной кромки. Этот объект можно выбрать вновь, чтобы удлинить его до следующей граничной кромки.

18.12. РАЗБИЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ЧАСТИ

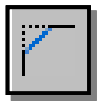
– Команда ***Break*** (Разорвать) – осуществляет разрыв отрезка, полилинии, дуги, окружности, эллипса, сплайна, прямой. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Break*** (Разорвать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Break*** (Разорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Для разбиения объекта на части можно выбрать объект в первой точке разрыва, а затем указать вторую точку разрыва.

Выполнить упражнение № 67.

Расчленить и удалить часть окружности	***№ 67***
Break Падающее меню ***Modify*** → ***Break*** Select object: указать точку разрыва A Specify second break point or [First point]: указать точку разрыва B	
	

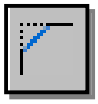
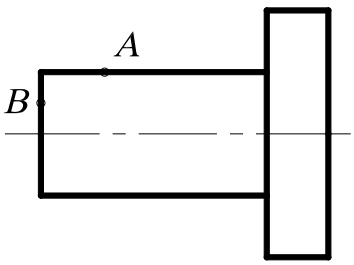
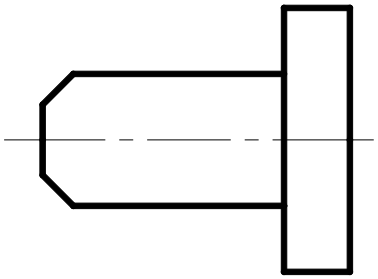
18.13. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК

 – Команда ***Chamfer*** (Фаска) – снимает фаску с угла, образованного полилинией, лучами или пересечением двух отрезков. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Эта команда может использоваться и для редактирования трехмерных тел. Если создается фаска, она определяется либо двумя катетами, либо одним катетом и углом фаски по отношению к одной из кромок.

Процесс создания фаски состоит из двух шагов. Сначала задаются параметры фаски. Это могут быть либо два катета, либо один катет и угол фаски. После ввода значений ***AutoCAD*** завершит команду ***Chamfer*** (Фаска). После этого нужно снова запустить эту команду и выбрать два отрезка, представляющие кромки, между которыми создается фаска. ***AutoCAD*** создаст фаску, используя полученную на предыдущем этапе информацию.

Выполнить упражнения № 68.

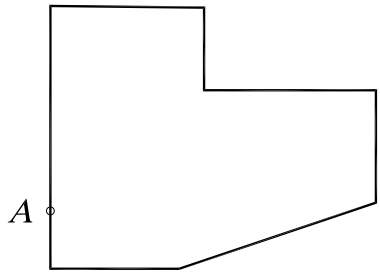
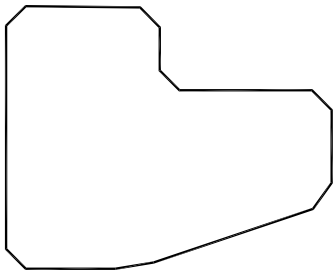
Построить фаски объекта	***№ 68***
 ***Chamfer*** Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 0.0000, Dist2 = 0.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: D режим задания фаски по двум катетам Specify first chamfer distance <0.0000>: 7 длина одного катета Specify second chamfer distance <7.0000>: Enter <по умолчанию> длина второго катета Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать отрезок A Select second line: указать отрезок B Аналогично построить фаску с другой стороны.	
	

Ниже описаны опции команды ***Chamfer*** (Фаска).

- ***Select first line*** (Выберите первую кромку). Указать первую из двух кромок. В плоских чертежах ею является линия, а в трехмерных моделях – ребро тела. После этого последует приглашение выбрать вторую кромку.
- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, на всех углах между последовательными сегментами будет вычерчена линия фаски. Построенные вдоль полилинии фаски становятся её новыми сегментами, даже если их длина равна нулю. Пример нанесения фасок на полилинию будет представлен ниже.
- ***Distance*** (Катет). Эта опция используется для формирования фаски по значениям длин двух катетов. В этом случае задается сначала длина одного катета, а затем другого.
- ***Angle*** (Угол). Позволяет задать длину одного катета и угла скоса между фаской и линией кромки.

- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до снятия фаски. Если нужно обрезать, то первая линия отсекает на величину первого расстояния, вторая – на величину второго. Если расстояние равно 0, то происходит подгонка в одну точку. По умолчанию соединяемые фаской объекты обрезаются.
- ***Method*** (Метод) – позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок: либо двумя расстояниями, либо расстоянием и углом.

Выполнить упражнения № 69.

Вычертить фаски на углах сегментов полилинии	***№ 69***
Chamfer Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 5.0000, Dist2 = 5.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: P режим полилинии Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A) 7 lines were chamfered	
	

18.14. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ УГЛОВ

 – Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

С помощью этой команды можно сопрягать объекты следующих типов: линия, полилиния, луч, конструкционная линия, которые на чертеже имеют вид прямых, причем сопрягаемые линии, которых могут быть и параллельными. Допускается сопрягать и криволинейные объекты типов дуга, окружность и эллипс.

Процесс сопряжения состоит из двух этапов. Сначала определяется радиус сопрягающей дуги. В качестве такового используется радиус последнего выполненного сопряжения. Если необходимо переназначить величину радиуса, выбирают опцию ***Radius*** и вводят новое значение. Затем выбирают два сопрягаемых отрезка. ***AutoCAD*** выполнит сопряжение отрезков в соответствии с имеющейся информацией.

Команда имеет четыре основанные опции.

- ***Select first object*** (выберите первый объект). Эта опция позволяет указать первый объект сопряжения, если выполняется редактирование плоских объектов, либо трёхмерное ребро, если выполняется плавное сопряжение на трёхмерной модели. После выбора первого объекта сопряжения выбирается второе. При работе с трехмерными моделями можно выбрать несколько ребер, которые будут сглажены поверхностью одного радиуса. В этом случае имеется еще три опции:

  - ***Select an edge*** (Выберите ребро). Эта опция позволяет выбрать дополнительно рабра трехмерной модели до тех пор, пока не будет нажата клавиша ***Enter***.

- ***Chain*** (Цепочка). Эта опция позволяет указать непрерывную последовательность ребер на одной грани, которые будут одинаково сглажены.
-***Radius*** (Радиус) – задание радиуса.

- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, все углы между последовательными сегментами будут сопряжены дугами одного радиуса.
- ***Radius*** (Радиус). Эта опция позволяет задать значение радиуса. Изменение радиуса действует только на выполняемые после этого сопряжения, оставляя неизменными существующие.
- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до выполнения сопряжения. По умолчанию сопрягаемые объекты обрезаются.

Выполнить упражнения № 70 - 72.

Построить сопряжение отрезков ***№ 70***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

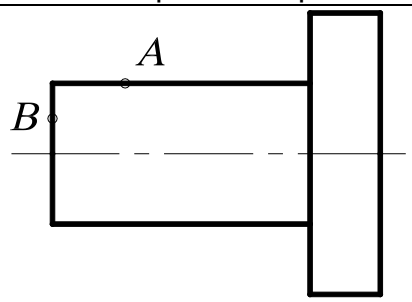
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

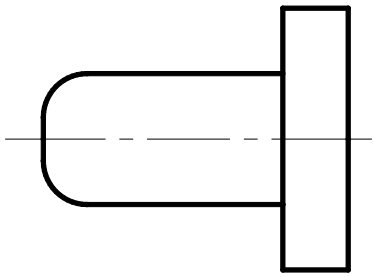
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать на отрезок в точке A

Select second object: указать на отрезок в точке B

Аналогично построить второе сопряжение.





Построить сопряжения на углах сегментов полилинии ***№ 71***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

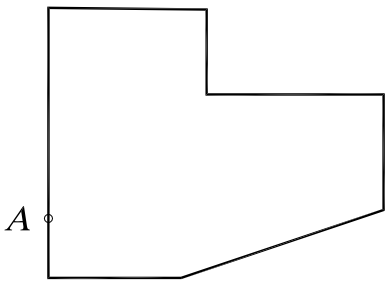
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

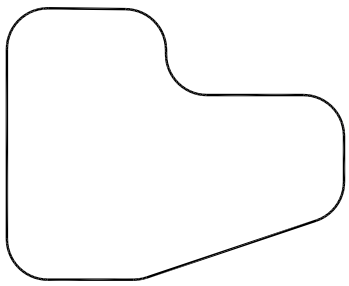
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: P режим полилинии

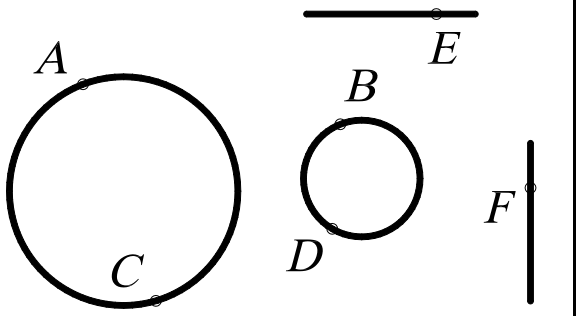
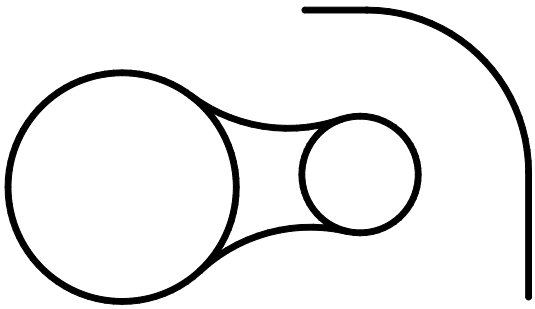
Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A)

7 lines were filleted





Замечание. Если два отрезка параллельны, то между их концами вычерчивается полукруг, при этом радиус сопряжения автоматически устанавливается равным половине расстояния между отрезками.

Построить сопряжения заданных объектов	***№ 72***
Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet*** Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса Specify fillet radius <10.0000>: 30 радиус скругления Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку A (или C) Select second object: указать точку B (или D) FILLET Current settings: Mode = TRIM, Radius = 30.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку E Select second object: указать точку F.	
	

Замечание. Если радиус сопряжения задан нулевым, то система просто соединяет два непараллельных отрезка.

19. РЕДАКТИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРОВ GRIPS («РУЧКИ»)

При выделении объекта на поле чертежа на нем появляются маркеры ***Grips*** (Ручки) – характерные точки объекта (маленькие синие квадраты), обычно определяемые с помощью режима объектной привязки. Использование ручек позволяет минимизировать обращения к меню. Редактирование при включенном режиме ручек выполняется с помощью графического курсора.

Средство редактирования объектов ***Grips*** объединяет наиболее часто используемые команды редактирования: ***Stretch*** (Растянуть), ***Move*** (Перемещение), ***Rotate*** (Повернуть), ***Scale*** (Масштаб), ***Mirror*** (Зеркало). По умолчанию вначале активизируется команда ***Stretch*** (Растянуть).

Первое действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

Выбирают объекты, воспользовавшись средствами выбора объектов до ввода команды: предполагаемой рамкой или явным указанием объектов. Система отметит маркеры ***Grips*** выбранных объектов маленькими синими квадратами. Если какой-либо объект выбран ошибочно, нажимают клавишу ***Shift*** и дважды щелкают на этом объекте мышью, чтобы отменить выбор и маркеры. Если весь набор выбран неудачно, нажимают дважды клавишу ***Esc***.

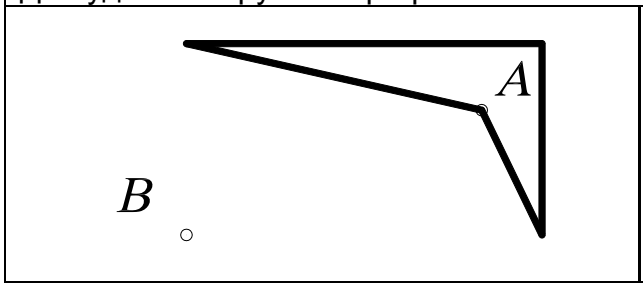
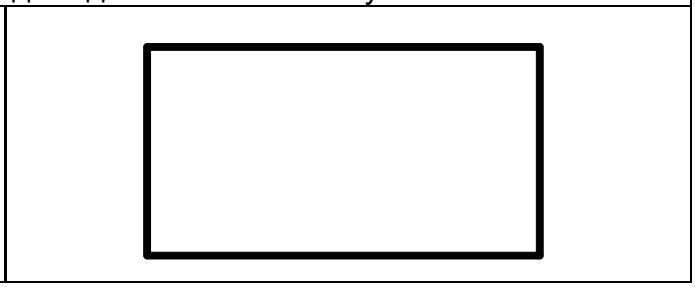
Второе действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

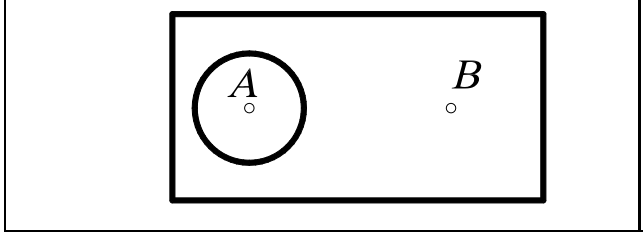
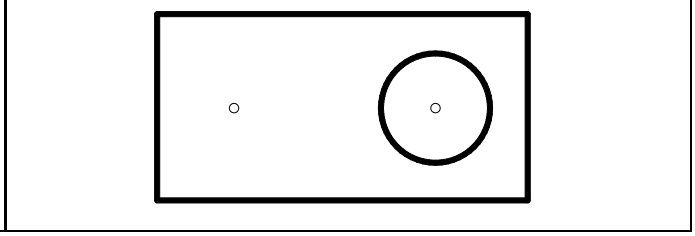
Активизируют режим редактирования, явно указав графическим курсором один из маркеров ***Grips***. Система отметит активный маркер ***Grips*** маленьким красным квадратом. Чтобы вернуть этот маркер в первоначальное состояние, щелкают на нем мышью. Если не-

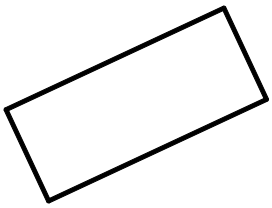
обходимо активизировать несколько маркеров ***Grips***, то в ходе их набора нажимают и удерживают клавишу ***Shift***. После отпускания клавиши ***Shift*** следует выбрать из набора активных маркеров ***Grips*** один, который будет рассматриваться системой как базовый. Если какой-либо маркер ***Grips*** из набора выбран ошибочно, то для его отмены нужно щелкнуть на нем мышью, удерживая нажатой клавишу ***Shift***. Точка, соответствующая выбранному маркеру ***Grips***, рассматривается системой в качестве базовой. После выбора маркера по умолчанию запускается команда ***Stretch*** (Растянуть).

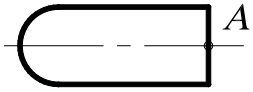
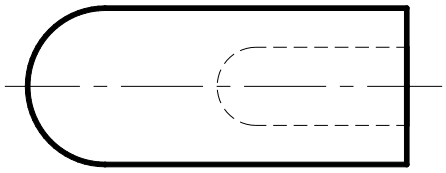
Для выбора остальных команд режима можно воспользоваться контекстным меню, вызываемым при нажатии правой кнопки мыши, последовательным нажатием клавиши ***Enter*** или непосредственным вводом с клавиатуры в командную строку начальной буквы команды.

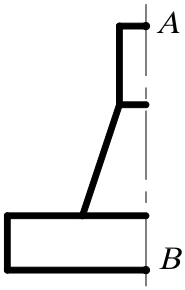
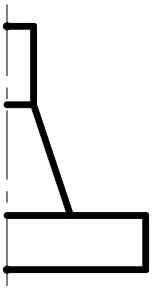
Выполнить упражнения № 73 – 77 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнения).

Растянуть объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 73***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать ту, за которую следует тянуть (точку A) ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение редактируемой вершины – точку B (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Переместить объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 74***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку A ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mo или Enter режим перемещения ** MOVE ** Specify move point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение центра окружности – точку B (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Повернуть объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 75*
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую (центр поворота), например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Ro режим поворота ** ROTATE ** Specify rotation angle or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 25 угол Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Масштабировать объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 76*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Sc режим масштабирования ** SCALE ** Specify scale factor or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 2 коэффициент Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Зеркально отобразить объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 77*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mi режим симметрии ** MIRROR ** Specify second point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать точку В Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

20. ДИСПЕТЧЕР СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ



Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** – это единый инструмент, управляющий всеми объектами рисунка. В диалоговом окне ***Property*** (Свойства), представленном на рис. 150, возможен просмотр и изменение практически всех свойств рисунка. Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств) либо из падающего меню ***Modify*** (Редактировать)→ ***Properties*** (Свойства), либо щелчком мыши по пиктограмме ***Properties*** (Свойства) стандартной панели инструментов.

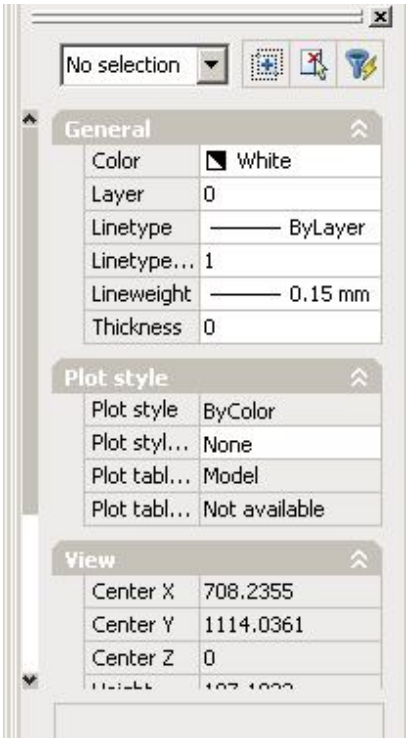


Рис. 150.

Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** позволяет выбирать объекты по их типу, предоставляя возможность редактировать свойства для каждого объекта. Если выбран один объект, отображается диалоговое окно со всеми доступными свойствами, характеризующими этот объект (слой, цвет, толщина линии, тип линии, высота текста и т. п.). При выборе нескольких объектов отображается окно с параметрами, которые характеризуют общие свойства этих объектов. Если не выбран ни один объект, диалоговое окно отображает общие характеристики чертежа.

Предусмотрены следующие способы изменения значений параметров:

- ввести новое значение параметра с помощью клавиатуры;
- явно указать новые координаты точки на экране монитора;
- выбрать новое значение параметра из раскрывающегося списка;
- выбрать новое значение параметра в диалоговом окне.

Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств), содержит две вкладки: раскрывающийся список выбранных объектов и три кнопки.

- Раскрывающийся список, расположенный в верхней части окна, содержит перечень выбранных объектов.
- Кнопка ***Toggle value of PICKADD Sysvar*** разрешает (на кнопке символ +) или запрещает (на кнопке символ 1) добавлять объекты в набор для редактирования.
- Кнопка ***Select Obje***ct позволяет явно указать объекты, свойства которых необходимо редактировать.
- Кнопка ***Quick Select*** открывает диалоговое окно с тем же именем, с помощью которого можно быстро выбрать объекты для редактирования.

При редактировании свойств объектов происходит их динамическое обновление.

21. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Dimension* *(Измерение)*

В ***AutoCAD*** используются размеры, которые можно разделить на три основные группы – линейные, радиальные и угловые. Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные, параллельные, повернутые, координатные, базовые и размерные цепи. Изображение размера: все линии, стрелки, дуги и элементы текста, составляющие размер, будут рас-

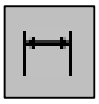
сматриваться как один размерный примитив. Команды простановки размеров находятся в падающем меню ***Dimension*** (Размеры) или на одноименной панели инструментов (рис. 151).



Рис. 151.

21.1. ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ

AutoCAD позволяет проставлять линейные размеры, отличающиеся углом, под которым проводится размерная линия.



– Команда ***Dimliner*** (Размер линейный) – позволяет создавать горизонтальный, вертикальный или повернутый размеры. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Linear*** (Линейный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Linear Dimension*** (Линейный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Используется для определения размеров отрезков прямых линий и прямолинейных сегментов полилиний или блоков; команду можно применить для нанесения линейного размера окружности или дуги.

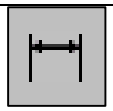
Для выбора точек начала выносных линий рекомендуется пользоваться режимами объектной привязки.

Опции команды ***Dimliner*** (Размер линейный):

- ***Mtext*** (Многострочный текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора многострочного текста. Можно полностью изменить текст или сохранить измеренное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, если необходимо, текст до и после скобок. Для определения диаметра окружности к размерному числу присоединяется символьная последовательность %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.
- ***Text*** (Текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора однострочного текста.
- ***Angle***(Угол) – позволяет задать угол поворота размерного текста.
- ***Horizontal*** (Горизонтальный) – задает горизонтальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***x***.
- ***Vertical*** (Вертикальный) – задает вертикальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***y***.
- ***Rotated*** (Повернутый) – осуществляет поворот размерной и выносных линий, отмеряет расстояние между двумя точками вдоль заданного направления в текущей ПСК (пользовательской системы координат).

Выполнить упражнения № 78 - 80.

Проставить вертикальный размер ***№ 78***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

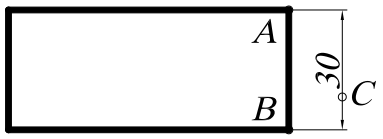
Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

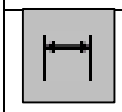
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





Проставить горизонтальный размер
с изменением размерного текста ***№ 79***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: T режим однострочного текста

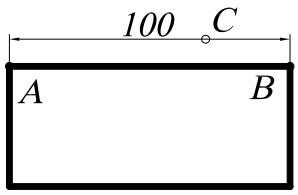
Enter dimension text <70>: 100 ввести новый размерный текст

Specify dimension line location or

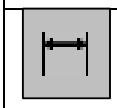
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 70





Проставить повернутый размер ***№ 80***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

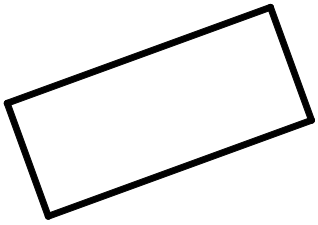
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: R режим повернутого размера

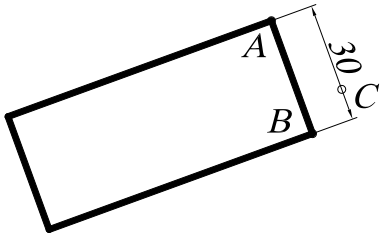
Specify angle of dimension line <0>: 20 угол поворота

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





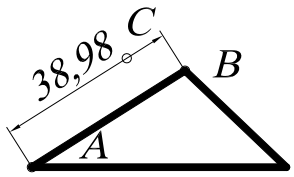
21.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



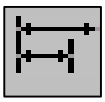
– Команда ***Dimaligned*** (Размер параллельный) – позволяет вычерчивать линейный размер, размерная линия которого параллельна отрезку, проведенному через начальные точки выносных линий. Создается подобно горизонтальным, вертикальным и повернутым размерам. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Aligned*** (Параллельный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Aligned Dimension*** (Параллельный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При автоматическом размещении выносных линий для окружности началом первой выносной линии будет точка, указанная при выборе окружности. После задания объекта пользователю предоставляется возможность выбора опций команды ***Mtext***, ***Text***, ***Angle***, позволяющих редактировать размерный текст.

Выполнить упражнение № 81.

Проставить параллельный размер	***№ 81***
 ***Dimaligned*** Падающее меню ***Dimension → Aligned*** Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A Specify second extension line origin: указать точку B Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 38.98	
	

21.3. БАЗОВЫЕ РАЗМЕРЫ



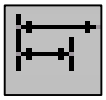
– Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) позволяет вычерчивать несколько размерных линий от одной выносной линии, которая принимается за базовую. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Basline*** (Базовый) или щелчком мыши по пиктограмме ***Basline Dimension*** (Базовый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Замечания:

1. Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) может применяться только после выполнения хотя бы одной из команд ***Dimliner*** (Размер линейный), ***Dimordinate*** (Размер координатный) или ***Dimangular*** (Размер угловой).
2. Базовой выносной линией является первая выносная линия предшествующей команды ***Dimbasline*** (Размер базовый).
3. Каждая новая размерная линия автоматически смещается относительно предыдущей на величину, задаваемую системной переменной DIMDLI (в командной строке с клавиатуры вводят DIMDLI и новую величину этой переменной: Enter new value for DIMDLI <6.0000>: 10). Длина базовой выносной линии при этом также увеличивается.

Выполнить упражнение № 82. Перед построением базового размера должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить базовые размеры	*№ 82*



Dimbaseline Падающее меню ***Dimension → Baseline***

Select base dimension: указать точку A

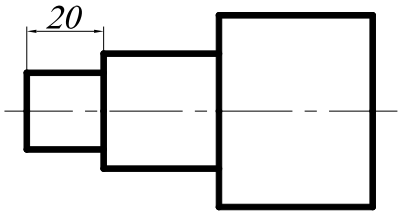
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

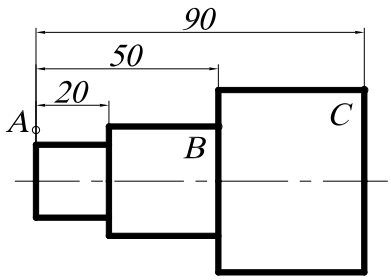
Dimension text = 50

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 90

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter





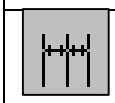
21.4. РАЗМЕРНАЯ ЦЕПЬ



– Команда ***Dimcontinue*** (Размерная цепь) позволяет вычерчивать цепочки размеров, используя вторую выносную линию предыдущего размера как первую выносную линию текущего размера. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Continue*** (Цепь) или щелчком мыши по пиктограмме ***Continue Dimension*** (Размерная цепь) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Выполнить упражнение № 83. Перед построением размерной цепи должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить размерную цепь	*№ 83*



Dimcontinue Падающее меню ***Dimension → Continue***

Select continued dimension: указать точку A

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

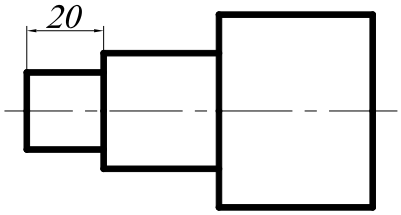
Dimension text = 30

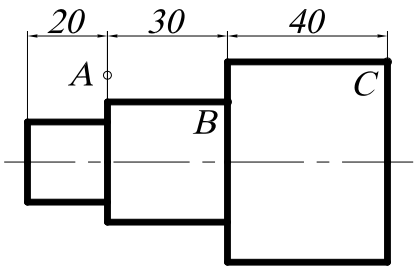
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 40

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter

Select continued dimension: Enter





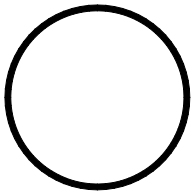
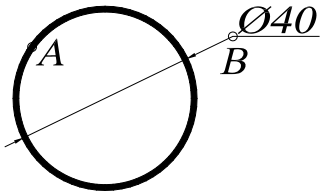
21.5. РАДИАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

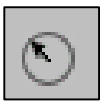


– Команда ***Dimdiameter*** (Размер диаметра) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера диаметров дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Diameter*** (Диаметр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Diameter*** (Диаметр) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При выполнении этой команды выносные линии не проводятся. Если размерный текст не изменялся, то по умолчанию размерному числу предшествует знак диаметра окружности. Нельзя изменить направление отрезка, который продолжает размерную линию диаметра за пределами окружности.

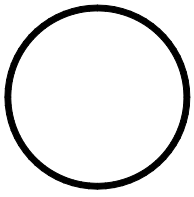
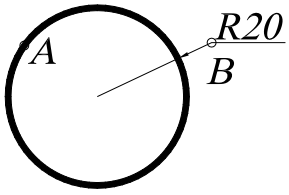
Выполнить упражнение № 84.

Проставить размер диаметра	***№ 84***
 ***Dimdiameter*** Падающее меню ***Dimension → Diameter*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 40 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	



– Команда ***Dimradius*** (Размер радиуса) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера радиуса дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Radius*** (Радиус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Radius*** (Радиус) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). При простановке радиуса текст по умолчанию начинается с символа ***R***.

Выполнить упражнение № 85.

Проставить размер радиуса	***№ 85***
 ***Dimradius*** Падающее меню ***Dimension → Radius*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 20 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	

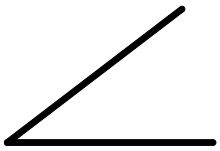
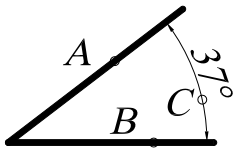
21.6. УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimangular*** (Размер угловой) позволяет вычерчивать размерную линию (дугу окружности) для обозначения угла между двумя непараллельными линиями, набором из трёх точек, дуги или окружности. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Angular*** (Угловой) или щелчком мыши по пиктограмме ***Angular Dimension*** (Угловой размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

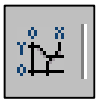
Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то угловой размер строится по трем точкам. При простановке углового размера текст по умолчанию завершается знаком «°».

Выполнить упражнение № 86.

Проставить угловой размер	***№ 86***
 ***Dimangular*** Падающее меню ***Dimension → Angular*** Select arc, circle, line, or <specify vertex>: указать точку A Select second line: указать точку B Specify dimension arc line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 37	
	

Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста. Если угол образован двумя непараллельными прямыми, размерная дуга стягивает угол между ними. Если размерная линия указана вне пределов линий, угол между которыми обозначается, то автоматически вычерчиваются выносные линии.

21.7. КООРДИНАТНЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimordinate*** (Размер координатный) позволяет вычерчивать размер, показывающий расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x*** или ***y***. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Ordinate*** (Координатный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ordinate Dimension*** (Координатный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Координатный размер состоит из значения координаты ***x*** или ***y*** и выноски. Координатный размер по ***x*** – это расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x***, а координатный размер по ***y*** – это расстояние вдоль оси ***y***. Если указана точка, ***AutoCAD*** автоматически определяет, по какой оси проставлять координатный размер. Текст координатного размера располагается вдоль выноски, независимо от ориентации текста, заданной текущим размерным стилем. Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста.

21.8. ВЫНОСКИ И ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖЕ



– Команда ***QLeader*** (Быстрая Выноска) обеспечивает вычерчивание линии-выноски и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Leader*** (Выноска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Leader*** (Быстрая выноска) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то система открывает диалоговое окно ***Leader Settings*** для настройки параметров линии-выноски (рис. 152). Это диалоговое окно содержит три вкладки. Вкладка ***Annotation*** позволяет управлять содержанием аннотации, добавляемой к линии выноски: это может быть многострочный текст, допуск формы и расположения поверхностей, блок или ничего.

Вкладка ***Leader & Arrow*** позволяет управлять внешним видом линии выноски и формой стрелки указателя линии выноски. Кнопка выбора ***Straight*** устанавливает линию выноски в виде ломаной линии с прямолинейными сегментами, а кнопка ***Spline*** – в виде гладкой кривой (сплайна).

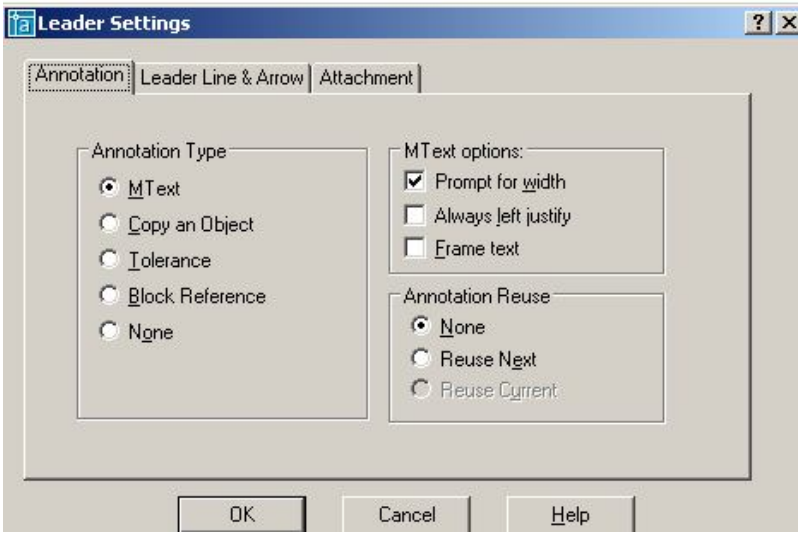
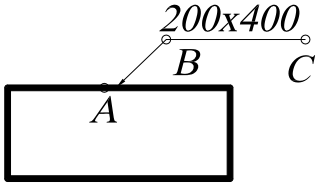


Рис.152.

Вкладка ***Attachment*** позволяет управлять положением полки линии выноски относительно поясняющей надписи. По умолчанию предлагается компоновка, когда полка линии выноски располагается в середине нижней строки многострочного текста. Предлагаемые способы выравнивания многострочного текста:

- ***Top of Top Line*** – по верху верхней строки;
- ***Middle of Top Line*** – по середине верхней строки;
- ***Middle of Multilane Text*** – по середине текста;
- ***Middle of Bottom Line*** – по середине нижней строки;
- ***Bottom of Bottom Line*** – по низу нижней строки;
- Флажок ***Underline Bottom Line*** отменяет все способы расположения надписи и разрешает ее подчеркивание полкой линии выноски.

Выполнить упражнение № 87.

Проставить размеры детали прямоугольного сечения на полке линии-выноски	***№ 87***
 ***Qleader*** Падающее меню ***Dimension → Leader*** Specify first leader point, or [Settings] <Settings>: указать точку A Specify next point: указать точку B Specify next point: указать точку C Specify text width <6>: Enter Enter first line of annotation text <Mtext>: 200x400 Enter next line of annotation text: Enter	
	

21.9. БЫСТРОЕ НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ



– Команда ***QDim*** (Быстрый Размер) используется для одновременного быстрого нанесения группы размеров и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Разме-

ры) → ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Команда ***QDim*** (БРазмер) запрашивает лишь контуры, на которые необходимо проставить размеры с указанием опции типа проставляемых размеров:

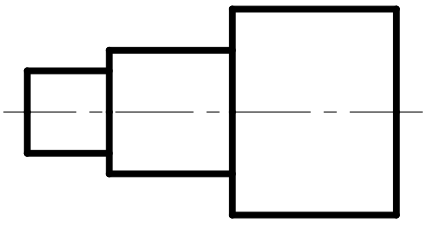
- ***Continuous*** (***C***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров в виде размерной цепочки;
- ***Staggered*** (***S***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу параллельных или концентрических размеров;
- ***Baseline*** (***B***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров от одной базы;
- ***Ordinate*** (***O***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу координатных размеров;
- ***Radius*** (***R***) - используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер радиуса;
- ***Diameter*** (***D***) – используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер диаметра;
- ***DatumPoint*** (***P***) – используется, если необходимо изменить базовую точку при нанесении группы базовых или координатных размеров;
- ***Edit*** (***E***) – используется, если необходимо редактировать набор характерных точек в выбранной группе объектов; разрешено удалять (***remove***) или добавлять (***Add***) точки в набор.

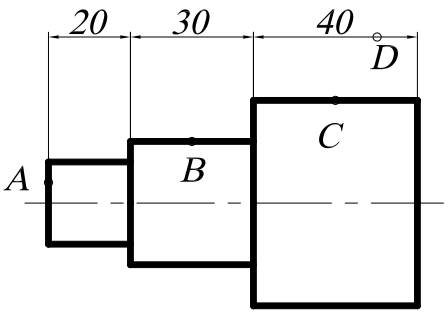
Выполнить упражнение № 88.

Быстрое нанесение размеров ***№ 88***

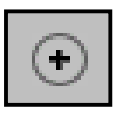


Qdim Падающее меню ***Dimension → Quick Dimension***
Associative dimension priority = Endpoint
Select geometry to dimension: указать точку A
Select geometry to dimension: указать точку B
Select geometry to dimension: указать точку C
Select geometry to dimension: Enter
Specify dimension line position, or
[Continuous/Staggered/Baseline/Ordinate/Radius/Diameter/datumPoint/Edit/seTtings
] <Continuous>: указать точку D





21.10. НАНЕСЕНИЕ МЕТОК ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ ИЛИ ДУГИ



– Команда ***Dimcenter*** (Центральная метка) используется для нанесения меток центра выбранной дуги или окружности и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Dimension center*** (Центральная метка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension center*** (Центральная метка) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

В ответ на запрос команды указать графическим курсором объект, для которого необходимо нанести метку.

21.11. РЕДАКТИРОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ СТИЛЕЙ



– Команда ***Dimstyle*** (Размерный стиль) обеспечивает работу с размерными стилями с помощью диалогового окна ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей), представленного на рис. 153. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Style…*** (Стиль…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Style*** (Размерный стиль) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

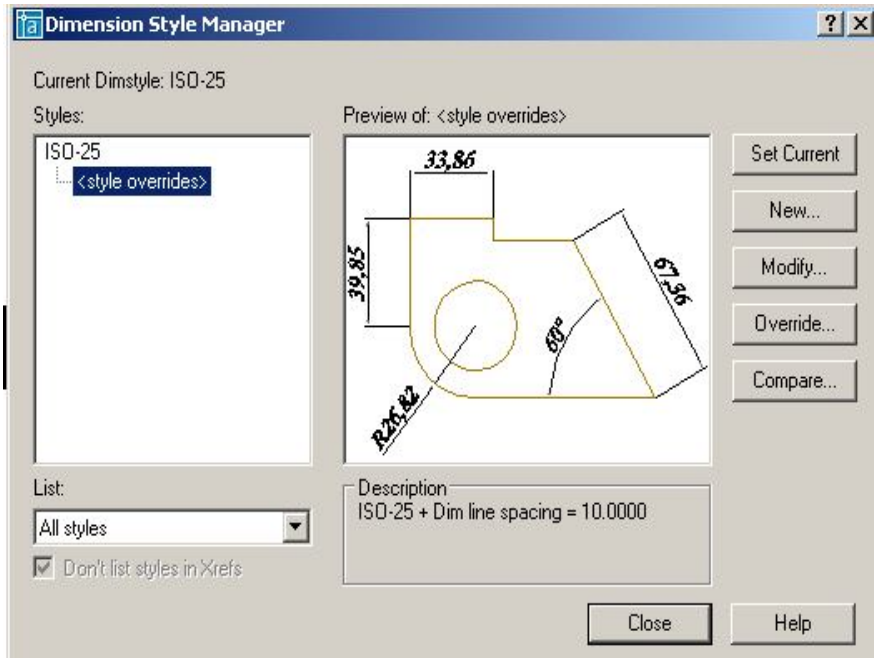


Рис. 153.

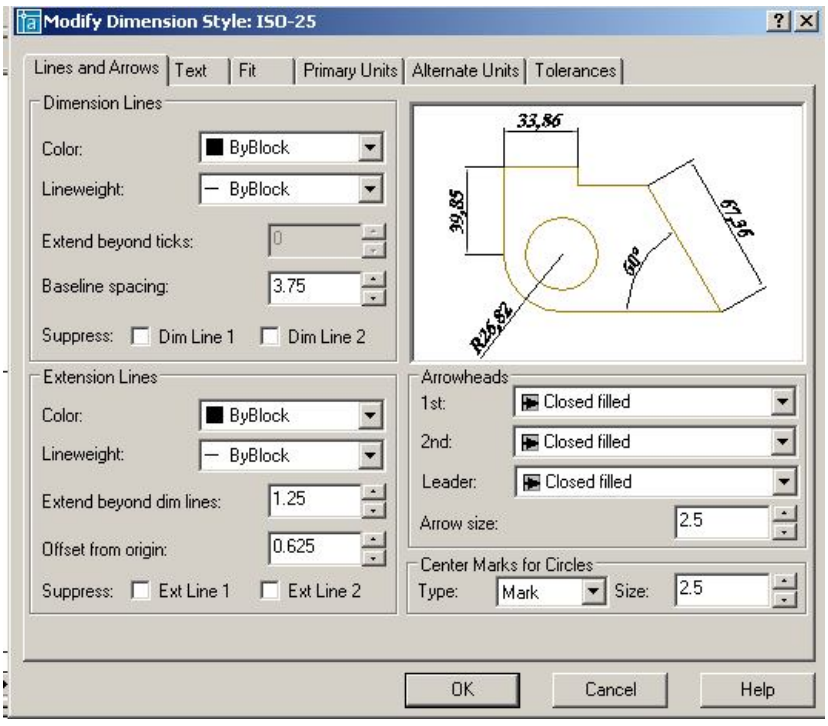


Рис. 154.

Изменение размерного блока происходит при редактировании (модифицировании) текущего размерного стиля или при замене текущего размерного стиля на новый размерный стиль.

Чтобы модифицировать текущий размерный стиль, необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей);
- щелкнуть в открывшемся диалоговом окне на кнопке ***Modify*** (Редактировать);
- заменить значения размерных переменных на новые, используя соответствующие вкладки диалогового окна ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля), представленного на рис. 154;
- щелкнуть на кнопке ОК;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.

После закрытия диалогового окна ***AutoCAD*** автоматически обновит на чертеже размерные блоки, использующие текущий стиль, в соответствии с новыми значениями размерных переменных.

Диалоговое окно ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля) содержит следующие вкладки.

1. ***Lines and Arrows*** (Линии и стрелки) – настройка параметров размерных, выносных, осевых линий и стрелок, содержит четыре поля настроек:

- Настройка размерных линий ***Dimension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond ticks*** (величина выступа размерной линии за выносные линии (в случае, когда вместо стрелок используются засечки), ***Base spacing*** (расстояние между размерными линиями при простановке размеров от одной базы), ***Suppress*** (подавление первой (***Dim Line 1***) или второй (***Dim Line 1***) частей размерной линии.
- Настройка выносных линий ***Extension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond dim lines*** (величина выступа выносных линий за размерную линию), ***Offset from origin*** (отступ начала выносной линии от объекта), ***Suppress*** (подавление первой (***Ext Line 1***) или второй (***Ext Line 1***) выносной линии.
- Настройка размерных стрелок ***Arrowheads*** – ***1 st*** (вид первой стрелки), ***2 nd*** (вид второй стрелки), ***Leader*** (вид стрелки для линии-выноски), ***Arrowsize*** (размер стрелки).
- Настройка маркеров для центра окружности или дуги ***Center Marcs for Circles*** – ***Type*** (тип маркера), ***Size*** (размер).

2. ***Text*** (Текст) – настройка размещения и формата размерных надписей содержит три поля настроек:

- Настройка внешнего вида текста ***Text Appearance*** – ***Text style*** (стиль текста), ***Text color*** (цвет текста), ***Text height*** (высота текста), ***Fraction height scale*** (определение масштаба чисел дробной части относительно размера основного текста при отображении простых дробей***), Draw frame around text*** (отрисовка рамки вокруг размерного текста).
- Расположение размерного текста относительно размерной линии ***Text Placement*** – ***Vertical*** (расположение текста при вертикальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии, разрывая его; ***Above*** – размещает текст над размерной линией; ***Outside*** – размещает текст под размерной линией; ***JIS*** – располагает текст в соответствии с Японским индустриальным стандартом). ***Horizontal*** (расположение текста при горизонтальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии; ***1nd Extention Line*** – размещает текст около первой выносной линии; ***2nd Extention Line*** – размещает текст около второй выносной линии; ***Over 1st Extention Line*** – размещает текст над первой выносной линией; ***Over 2nd Extention Line*** – размещает текст над второй выносной линией). ***Offset from dim line*** – расстояние между текстом и размерной линией.
- Ориентация текста ***Text Alingment*** – ***Horizontal*** (располагается вертикально), ***Alingment with dimension line*** (текст располагается параллельно размерной линии), ***ISO Standart*** (текст располагается параллельно размерной линии, когда он находится между выносными линиями, и горизонтально, когда он находится вне выносных линий).

3. Fit (Выравнивание) – настройка характера размещения стрелок и размерных надписей в стесненных местах чертежа. При нанесении размеров достаточно часто встречаются ситуации, когда не удается разместить размерный текст на обычном месте, поэтому в стиле должно быть определено поведение системы в подобных ситуациях.

- Расположение текста и стрелок при недостатке места для размещения их внутри выносных линий ***Fit Option*** (Вписывать) – ***Either the text or the arrows, whichever fits best*** (автоматически определяется, что лучше разместить внутри выносных линий – текст или стрелки), ***Arrows*** (внутри располагаются стрелки), ***Text*** (внутри располагается текст), ***Both text and arrows*** (внутри располагаются как текст, так и стрелки), ***Always keep text between ext lines*** (всегда размещает текст между выносными линиями), ***Sup-***

press arrows if they don't fit inside the extension lines (подавляет стрелки, если они не вписываются внутрь выносных линий).

- Расположение текста, когда он не может разместиться в месте, предусмотренном по умолчанию ***Text Placement*** (Размещение текста) – ***Beside the dimension line*** (около выносной линии), ***Over the dimension line, with a leader*** (на выноске, выше размерной линии), ***Over the dimension line, without a leader*** (выше размерной линии, без выноски).
- Масштаб для размерных элементов (***Scale for Dimension Features***) – ***Use overall scale off*** (использовать общий масштабный коэффициент для всех размерных элементов), ***Scale dimensions to layout (paperspace)*** (в пространстве листа масштабировать элементы в соответствии с масштабом чертежа в текущем видовом экране.
- Дополнительная настройка ***Fine Tuning*** – ***Place text manually when dimensioning*** (при простановке размеров местоположение текста определяется вручную), ***Always draw dim line between ext lines*** (всегда чертить размерную линию между выносными линиями, даже когда стрелки располагаются снаружи от выносных линий).

4. Вкладка ***Primary Units*** (Основные единицы) – настройка формата основных единиц для размеров, соответствующих линейным и угловым величинам.

- Линейные размеры (***Linear Dimensions***) – ***Unit format*** (единицы измерения), ***Precision*** (точность размерного стиля), ***Fraction format*** (формат дробной части при использовании дробей), ***Decimal separator*** (формат разделителя целой и десятичной части числа), ***Round off*** (округление размерных чисел (1 – округление до целых), ***Prefix*** (префикс, который будет отображаться перед размерным текстом), ***Suffix*** (суффикс, который будет отображаться после размерного текста).
- Масштабы (***Measurement Scale***) – ***Scale factor*** (масштаб значения размерного числа), ***Apply to layout dimensions only*** (масштаб учитывать только в пространстве листа).
- Подавление нуля (***Zero Suppression***) – ***Leading*** (подавление нуля перед запятой), ***Trailing*** (подавление последних нулей в десятичной части).

Настройка единиц угловых размеров ***Angular Dimensions*** (в правой части диалогового окна) производится аналогично.

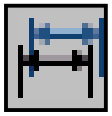
5. Вкладка ***Alternate Units*** (Альтернативные единицы) – параметры настройки в этой вкладке используются в том случае, если будет включен режим простановки размеров альтернативных единиц, то есть если используют метрическую систему и британскую на одном чертеже.

6. Вкладка ***Tolerances*** (Допуски) – настройка параметров формата представления допусков на чертеже.

Для замены текущего размерного стиля на новый размерный стиль необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***;
- выбрать нужный стиль в списке ***Styles***;
- сделать новый стиль текущим, щелкнув на кнопке ***Set Current***;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.





После закрытия диалогового окна все существующие на чертеже размерные блоки не изменятся, а новые будут вычерчиваться в соответствии с новым размерным стилем. Если необходимо заменить стиль существующих размерных блоков на установленный размерный стиль, следует воспользоваться командой выпадающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Update*** (Обновить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Update*** (Обновить размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Затем ввести в командную строку ***all*** и нажать клавишу ***Enter*** или воспользоваться секущей рамкой выбора и с её помощью выбрать все объекты размеров на чертеже. Когда все объекты размеров на экране выделены, нажать клавишу ***Enter***. Тем самым выполнение команды завершится.

22. ЗУМИРОВАНИЕ

В ***AutoCAD*** изменение масштаба выполняется всевозможными модификациями команды ***ZOOM*** (Покажи) из панели инструментов ***Zoom*** (рис. 155).



Рис. 155.

Выполнение этой команды производит тот же эффект, что и настройка объектива с переменным фокусным расстоянием, который используется в теле- и кинокамерах. При зуммировании размеры рисунка остаются прежними, изменяется лишь размер его части, видимой в графической области. Команды ***Zoom*** могут вызываться из падающего меню ***View*** (Вид) → ***ZOOM*** (Покажи) стандартной панели инструментов. Ниже приводится описание каждой команды.



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Zoom Window*** (Показать Рамка –указание области отображения с использованием рамки. Для этого следует задать два противоположных угла прямоугольной рамки.;



– ***Zoom Dinamic*** – динамическое задание области отображения. Отображает видимую часть чертежа в рамке, представляющего текущий вид. При нажатии клавиши ***Enter*** изображение, заключенное в видовом экране, выводится на видовой экран.



– ***Zoom Scale*** (Показать масштаб) – задание масштабного коэффициента. Используется, если изображение требуется уменьшить или увеличить на точно заданную величину. При этом необходимо задать коэффициент экранного увеличения.



– ***Zoom Center*** (Показать центр) – задание области изображения путем ввода точки центра и высоты в единицах рисунка;



– ***Zoom Object*** (Показать объект) – задание области отображения путем выбора объекта или группы объектов;



– ***Zoom In*** (Увеличить) – увеличение изображения;



– ***Zoom Out*** (Уменьшить) – уменьшение изображения;



– ***Zoom All*** (Показать все) – отображение всей области чертежа или области внутри границ, если заданы границы. Позволяет увидеть на экране весь чертёж;



– ***Zoom Extents*** (Показать границы) – отображение области, которая содержит все примитивы чертежа.

23. ПАНОРАМИРОВАНИЕ



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени. При перемещении курсора по видовому экрану происходит динамическое перемещение изображения. Для активизации команды можно щелкнуть мышью по кнопке ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) стандартной панели инструментов либо выбрать команду из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Pan*** (Панорамировать) → ***Real Time*** (В реальном времени).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Создать шаблон чертежа формата А4 и А3 с основной надписью (рис. 156).

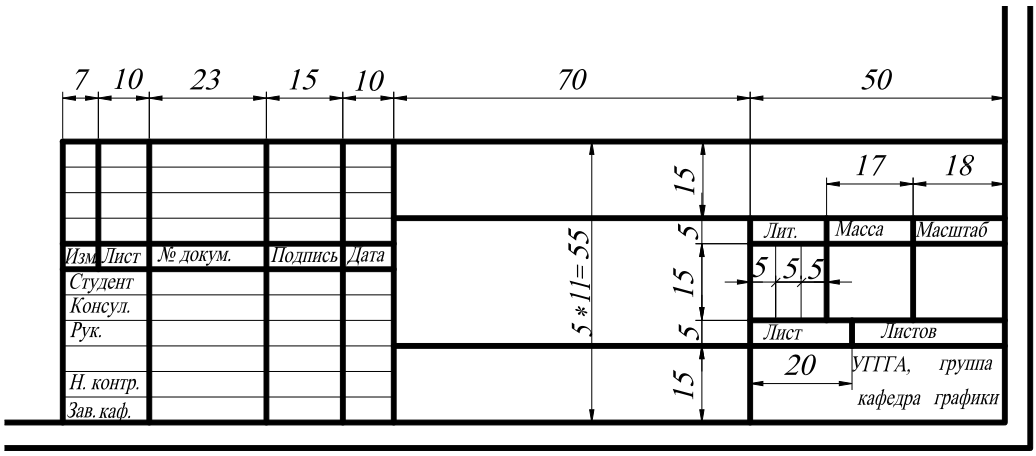


Рис. 156.

2. Выполнить чертёж детали (прил. 1) на формате А3 в масштабе 1:1.

3. По двум заданным изображениям детали (прил. 2) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

4. По двум заданным изображениям детали (прил. 3) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

5. По двум заданным изображениям детали (прил. 4) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

Глава 3
ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система ***AutoCAD*** включает в себя достаточно широкий спектр средств трёхмерного моделирования. Они позволяют работать как с простейшими примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Основные типы пространственных моделей, используемых в ***AutoCAD***, можно условно разделить на три группы:

- каркасные;
- модели поверхностей;
- твердотельные.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия – построить его каркас. Построение каркасных моделей в ***AutoCAD*** рассматривается как этап вспомогательных построений для трёхмерного проектирования более высокого уровня.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Создаваемые при этом объекты характеризуются лишь конфигурацией своей поверхности и поэтому не пригодны для решения таких задач, как определение инерционно-массовых характеристик изделия или получение изображений для оформления чертежей. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и др. В данном случае можно создавать линейчатые поверхности, поверхности Кунса, поверхности Безье.

Твердотельное моделирование является основным видом трехмерного проектирования изделий машиностроения. Создаваемые твердотельные модели воспринимаются системой как некие единые объекты, имеющие определенный объем. Твердотельное моделирование позволяет решать не только компоновочные задачи, но и определять инерционно-массовые характеристики, а также получать с пространственного объекта необходимые виды, разрезы и сечения для оформления рабочей документации.

В данном пособии рассматривается построение каркасных моделей и твердотельных. Кроме создания вышеперечисленных трехмерных моделей рассматриваются средства их редактирования, средства просмотра объемного изображения и визуализации.

2. ЗАДАНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ КООРДИНАТ

Задание координат точек при работе в трехмерном пространстве может производиться с помощью клавиатуры или с помощью графического курсора. При этом необходимо дополнительно указывать координату, определяющую положение точки вдоль оси ***Z***. Точка может быть задана:

- *абсолютными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические);*
- *относительными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические)*.

Цилиндрические и сферические координаты подобны полярным координатам в двумерном пространстве.

1. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x, y, z**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координат ***y*** и ***z***, а также направление (+ или -).

- *Цилиндрические координаты:* **…point: ρ < φ, z**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), специальный символ < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем через запятую – координату точки по оси ***Z***. За положительное направление отсчета угла поворота вектора в плоскости ***XY*** принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***X***.
- *Сферические координаты:* **…point: ρ < φ < ψ**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), а далее через специальные символы < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем угол наклона вектора относительно плоскости ***XY***.

2. Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***X***, ***Y*** и ***Z*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую, приращение по оси ординат ***y*** и приращение по оси ***z***.

- *Цилиндрические координаты*: **…point: @ρ<φ, Δ z**.
- *Сферические координаты*: **…point: @ρ < φ < ψ**.

Особенностью задания координат точек с помощью графического курсора при работе в трёхмерном пространстве является то, что по умолчанию все указываемые точки воспринимаются системой как лежащие в плоскости ***XY*** текущей системы координат. Поэтому при указании точек подобным образом следует использовать объектную привязку или соответствующим образом изменять систему координат.

Некоторые типы объектов, например окружности и плоские полилинии, могут создаваться только в плоскостях, параллельных плоскости ***XY*** текущей системы координат. При этом положение плоскости, в которой расположен такой объект, вдоль оси ***Z*** определяется положением первой указанной точки. Так, например, если при создании плоской полилинии в ответ на первый запрос была указана точка с координатой ***Z***, равной 20, то и все остальные точки полилинии будут иметь ту же координату вдоль оси ***Z*** независимо от способа ввода координат и использования режима объектной привязки.

3. ЗАДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

При создании двумерных объектов пользователь, как правило, работает в одной плоскости проекций – ***XY***, и ему зачастую бывает достаточно использовать одну, устанавливаемую по умолчанию, пользовательскую систему координат. Построение трехмерных объектов требует работы и с другими плоскостями проекций. Если учесть, что курсор в ***AutoCAD*** может перемещаться только в плоскости ***XY*** и ей параллельной, то становится понятно, что создание трехмерных моделей при использовании только одной системы координат является трудоемким.

В ***AutoCAD*** существуют две основные системы координат – мировая система координат ***Word Coordinate System WCS*** (МСК) и пользовательская система координат ***User Coordinate System UCS*** (ПСК). Ось ***X*** мировой системы координат направлена горизонтально, ось ***Y*** – вертикально, а ось ***Z*** – проходит перпендикулярно плоскости ***XY***. Основное отличие миро-

вой системы координат ***WCS*** (МСК) от пользовательской системы координат ***UCS*** (ПСК) заключается в том, что мировая система координат может быть только одна, и она неподвижна. В ***AutoCAD*** можно определять и использовать неограниченное количество пользовательских систем координат ***UCS*** (ПСК).

Вызвать команду ***UCS*** (ПСК) или варианты её исполнения можно из командной строки или из падающего меню ***Tools*** (Сервис). Наиболее удобным представляется вызов команды ***UCS*** (ПСК) из стандартной или плавающей панели инструментов (рис. 157).



Рис. 157.



- Команда ***UCS*** (ПСК) – определение новой пользовательской системы координат. Вызов команды ***USK*** (ПСК);



- ***Display UCS Dialog*** (Диалоговое окно ПСК) – управление имеющимися пользовательскими системами координат из диалогового окна ***UCS*** (рис. 158).

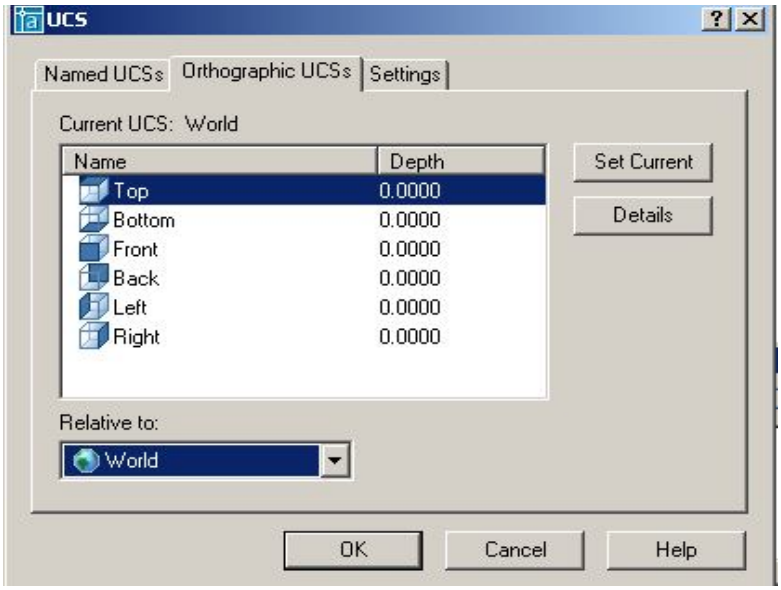


Рис. 158.



- ***UCS Previous*** (Предыдущая ПСК) – восстановление предыдущей ПСК. При этом сохраняется десять последних определенных ПСК.



- ***Word UCS*** (МСК) – переход в мировую систему координат;



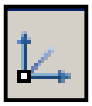
- ***Object UCS*** (ПСК объект) – выравнивание системы координат по существующему объекту, то есть совмещение плоскости ***XY*** новой системы координат с плоскостью существующего двумерного объекта;



- ***Face UCS*** (ПСК на грани) – создание новой ПСК путем указания грани;



- ***View UCS*** (ПСК вид) – создание новой ПСК параллельно текущему виду поворотом вокруг начальной точки ПСК, иначе говоря, параллельно экрану;



- ***Origin UCS*** (ПСК Начало) – создание новой ПСК заданием нового начала координат;



- ***ZAxis Vector UCS*** (ПСК Zось) – создание новой ПСК заданием нового начала координат и точки, определяющей положительное направление оси ***Z***;



- ***3Point UCS*** (ПСК 3 точки) – создание новой ПСК по 3 точкам, последовательно определяющим новое начало координат и направление осей ***X*** и ***Y***;



- ***XAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***X***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***X***;



- ***YAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Y***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Y***;



- ***ZAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Z***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Z***;



- ***Apply UCS*** (Применить ПСК) – применение текущей ПСК к выбранному видовому экрану.

При создании пользовательской системы координат направление её координатных осей удобно определять по правилу правой руки: большой палец показывает направление положительных значений по оси ***X***, указательный – по оси ***Y***, средний по оси ***Z*** (рис. 159). Для определения положительного направления угла поворота следует большой палец правой руки направить в положительном направлении координатной оси, вокруг которой осуществляется вращение. Тогда согнутые пальцы покажут положительное направление угла поворота системы координат (рис. 160).

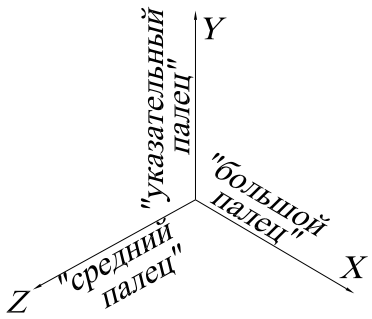


Рис. 159.

Изменение текущей ПСК не влияет на изображение чертежа на экране, если не включена системная переменная ***UCSFOLLOW***. Если ***UCSFOLLOW*** имеет значение 1, то при определении новой ПСК на экране изображается вид в плане новой ПСК.

Выполнить упражнения № 89, 90.

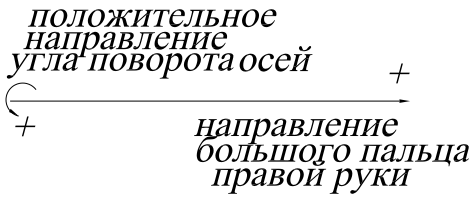
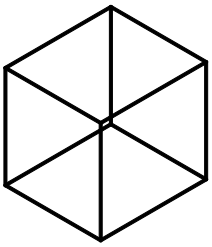
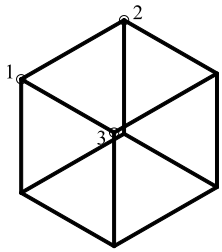
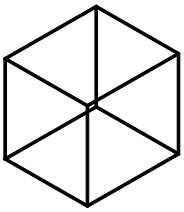
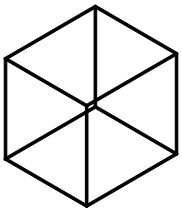


Рис. 160.

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 89
 ***3Point UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ 3 Point***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _3 режим задания ПСК по трём точкам   Specify new origin point <0,0,0>: указать центр ПСК – точку 1   Specify point on positive portion of X-axis <0,0>: указать точку 2 (направление оси 0X)   Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane <0,0>: указать точку 3 (направление оси 0Y)
 

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 90
 ***View UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ View***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _v режим, параллельный плоскости текущего вида (в этом режиме можно выполнять любые надписи, как и в двумерном моделировании).
 

4. ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИ И ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА

На нижней полке рамки графической зоны находятся корешки вкладок ***Model*** (Модель) и ***Layout*** (Компоновка). Последних может быть несколько, причем каждой очередной присваивается возрастающий номер. На вкладке ***Model*** (Модель) выполняется вся творческая часть работы конструктора. На вкладках ***Layout*** (Компоновка) компонуется представление разработанной модели на виртуальном листе чертежа в виде плоского рисунка, причем одна модель может быть представлена несколькими компоновками на разных вкладках. Переключаясь со вкладки ***Model*** (Модель) на вкладку ***Layout*** (Компоновка), пользователь фактически переходит из трехмерного пространства модели в двухмерное пространство листа, на котором представлена эта модель.

После перехода на очередную вкладку ***Layout*** (Компоновка) можно приступать к компоновке чертеже из элементов модели, созданных в пространстве модели. Компоновка выполняется активизацией команд контекстного меню, которое активизируется щелчком правой кнопки мыши на корешке вкладки ***Layout*** (Компоновка).

Переключаться между пространствами модели и листа можно также с помощью кнопки ***MODEL/PAPER*** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) в строке состояния.

5. ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ

Видовой экран (***Viewport***) – это участок графического экрана, на котором отображается часть пространства модели чертежа. Существует два типа видовых экранов – неперекрывающиеся и перекрывающиеся. Неперекрывающиеся видовые экраны располагаются на экране монитора подобно кафельным плиткам на стене. Они полностью заполняют графическую зону и не могут накладываться друг на друга. На плоттер неперекрывающиеся видовые экраны могут выводиться только по одному. Перекрывающиеся видовые экраны могут располагаться на экране и перемещаться по нему произвольным образом. Эти экраны могут накладываться друг на друга и печататься одновременно.

5.1. СОЗДАНИЕ НЕПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ВИДОВЫХ ЭКРАНОВ

Графическую область в пространстве модели можно разбить на несколько неперекрывающихся видовых экранов. В процессе рисования все изменения, производимые на одном видовом экране, отражаются на остальных. Переключиться с одного видового экрана на другой можно в любой момент, даже в ходе выполнения команды. Границы активного видового экрана выделяются более толстой линией. Активизировать видовые экраны по очереди можно, нажав комбинацию клавиш <Ctrl+R> или щелкнув мышью на поле видового экрана.

Для создания видовых экранов используется команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН), вызывающая диалоговое окно ***Viewports*** (Видовые экраны), показанное на рис. 161. С помощью этой команды графический экран разделяется на несколько неперекрывающихся видовых экранов, каждый из которых может содержать собственный вид чертежа.



- Команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны).

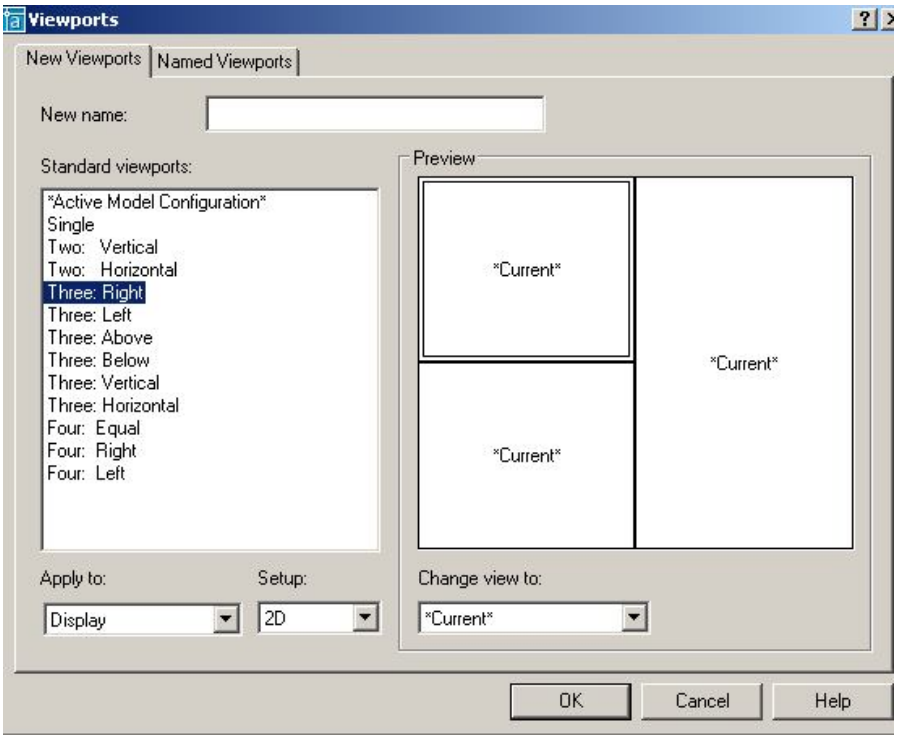
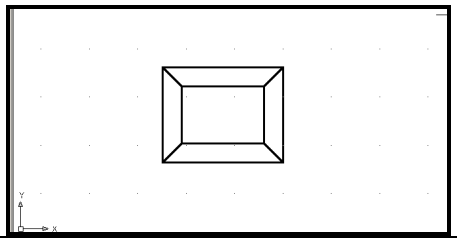
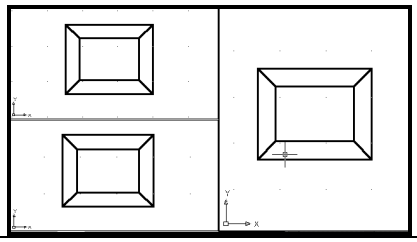


Рис. 161.

Выполнить упражнение № 91.

Создать три видовых экрана	*№ 91*
VPORTS Падающее меню ***View → Viewports → New Viewports…*** Enter an option [Save/Restore/Delete/Join/SIngle/?/2/3/4] <3>: _3 Enter a configuration option [Horizontal/Vertical/Above/Below/Left/Right] <Right>: Enter Regenerating model.	
	

6. УСТАНОВКА ВИДОВ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПОЛЕ

При построении трехмерной модели приходится работать более чем с одним видом объекта. Возможно, что изображение объекта будет достаточно информативным на одном виде и нечитаемым – на другом. В любом случае при работе с трехмерными объектами следует установить несколько видовых экранов, например, один – с видом в плане, другой – с видом слева, а третий – с аксонометрическим видом.

Установка направления взгляда производится в начале работы с моделью или в процессе создания модели. ***AutoCAD*** позволяет взглянуть на модель из любой точки пространства, даже изнутри изображаемого объекта. Установку нового вида в пространстве модели можно произвести с помощью команд:

1. ***VPOINT*** (Точка зрения) – позволяет вводить из командной строки точку зрения или угол поворота вида.
2. ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) – отображает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения).
3. ***PLAN*** (План) – отображает вид в плане пользовательской или мировой системы координат.
4. ***DVIEW*** (Динамический вид) – определяет параллельную проекцию или перспективные виды.
5. ***3DORBIT*** (3-Орбита) – интерактивное отображение видов.

6.1. УСТАНОВКА НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА

Команда ***VPOINT*** (Точка зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***VPOINT*** (Точка зрения) или вводом в командную строку слова ***VPOINT*** с клавиатуры.

В ответ на команду система сообщает справочную информацию:

Current view direction: VIEWDIR=1.0000,-1.0000,1.0000

Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>:

Возможные ответы:

- задать направление взгляда при определении вида, указав на графическом экране произвольную точку;
- нажать клавишу ***Enter***. На экране появляются компас и тройка осей, представляющие проекцию глобуса на плоскости. Центральная точка компаса совпадает с Северным

полюсом (0, 0, 1), внутренняя окружность – с экватором (n, n, 0), а внешняя – с Южным полюсом (0, 0, -1). Угол направления взгляда определяется указанием точки внутри компаса, а угол между направлением взгляда и плоскостью ***XY*** – ее расстоянием от центра компаса. В соответствии с точкой зрения на компасе изменяется ориентация тройки осей. Передвигая с помощью мыши перекрестие внутри окружностей и контролируя получившийся вид по тройке осей системы координат, можно получить требуемый вид.

- ***Rotate*** (Поворот) используется, если необходимо задать направление взгляда при определении вида путем указания.

Удобно также использовать плавающую панель инструментов ***View*** (Вид), содержащую ряд кнопок с типовыми видами объекта (рис. 162).



Рис. 162.

 — ***Named View*** (Именованные виды) – создание и сохранение видов;

 — ***Top View*** (Вид сверху) – установка точки зрения сверху (план, горизонтальная проекция);

 — ***Bottom View*** (Вид снизу) – установка точки зрения снизу;

 — ***Left View*** (Вид слева) – установка точки зрения слева (профильная проекция);

 — ***Right View*** (Вид справа) – установка точки зрения справа;

 — ***Front View*** (Вид спереди) – установка точки зрения спереди (фронтальная проекция);

 — ***Back View*** (Вид сзади) – установка точки зрения сзади;

 — ***SW Isometric View*** (ЮЗ изометрия) – установка юго-западного изометрического вида;

 — ***SE Isometric View*** (ЮВ изометрия) – установка юго-восточного изометрического вида;

 — ***NE Isometric View*** (СВ изометрия) – установка северо-восточного изометрического вида;



— ***NW Isometric View*** (СЗ изометрия) – установка северо-западного изометрического вида;



— ***Camera*** (Камера) – включение и установка положения камеры и цели.

Выполнить упражнение № 92.

Установить направление взгляда в трёх видовых окнах ***№ 92***

Падающее меню ***View → 3D Views***

В верхнем левом видовом окне установить Front (Вид спереди), вначале активизируйте это окно щелчком мыши на поле окна

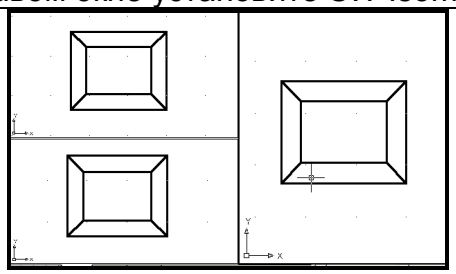


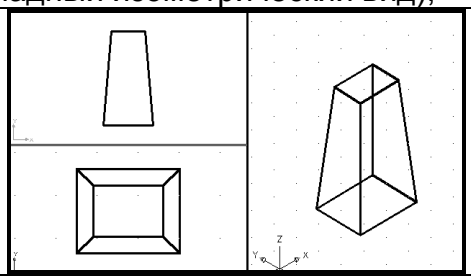
В нижнем левом видовом окне установить Top (Вид сверху), сделав это окно активным.





В правом окне установите SW Isometric (Юго-западный изометрический вид),





6.2. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА С ПОМОЩЬЮ ДИАЛОГОВОГО ОКНА

Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

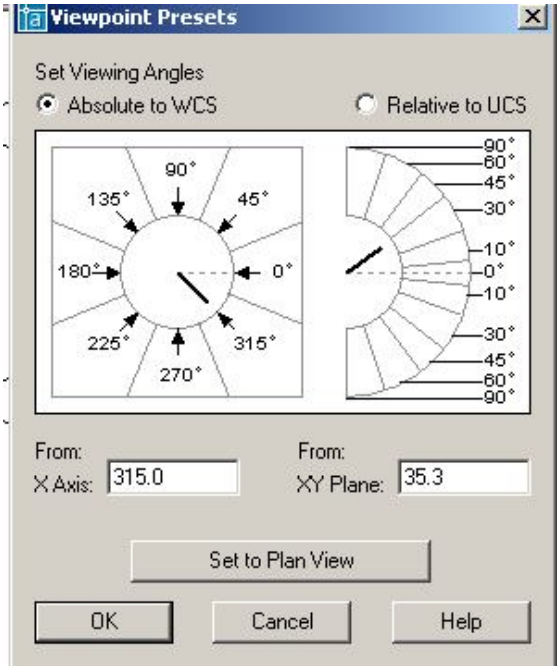


Рис. 163.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения), представленное на рис. 163. Окно содержит следующие элементы управления: две кнопки выбора, графическое поле, два поля ввода и кнопку ***Set to Plan View***.

- Кнопка выбора ***Absolute to WCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно мировой системы координат.
- Кнопка выбора ***Relative to UCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно текущей системы координат.
- Графическое поле позволяет задать направление взгляда при помощи графического курсора.
- Поле ввода ***X axis*** позволяет задать числовое значение угла в плоскости ***XY*** между направлением взгляда и осью ***X***.

- Поле ввода ***XY Plane*** позволяет задать числовое значение угла между направлением взгляда и плоскостью ***XY***.
- Кнопка ***Set to Plan View*** задает направление взгляда, перпендикулярное плоскости ***XY*** текущей системы координат.

Команда ***DVIEW*** (Динамический вид). Установить направление взгляда можно с помощью команды ***DVIEW*** (Динамический вид), предназначенной для получения динамических трехмерных и перспективных видов. Эта команда используется также для зуммирования, панорамирования и вращения видов. Кроме того, с её помощью можно удалять с экрана объекты, расположенные перед секущей плоскостью или позади нее, а также скрытые линии – при динамическом просмотре объектов. Команда действует по принципу камеры, направленной в сторону цели. Линия между камерой и целью – это линия взгляда или направление взгляда. Имеется возможность при моделировании изменять фокусное расстояние «объектива» камеры от широкоугольного до телеобъектива. После выполнения команды чертеж полностью регенерируется.

6.3. УСТАНОВКА ПЛАНА ИЗОБРАЖЕНИЯ

PLAN (План) – позволяет получить ортогональную проекцию объектов на плоскость ***XY*** текущей, мировой или пользовательской систем координат. Пользоваться этой командой в пространстве листа недопустимо.

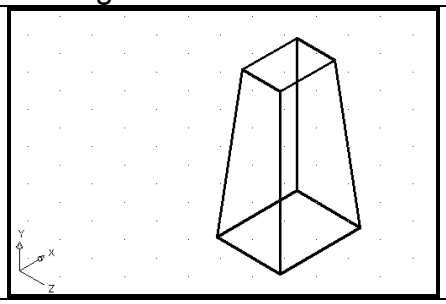
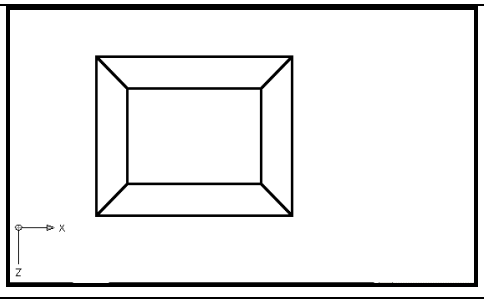
Команда ***PLAN*** (План) → ***Plan View*** (Вид в плане) соответственно пункты ***Current UCS*** (Текущая ПСК), ***World UCS*** (МСК) или ***Names UCS*** (По имени).

Опции команды:

- ***Current UCS*** (Текущая ПСК) – создает изображение текущей ПСК в плане на текущем видовом экране. Используется по умолчанию;
- ***UCS*** (ПСК) – переключает в план предварительно сохраненной ПСК и регенерирует изображение. ***AutoCAD*** запрашивает имя требуемой ПСК;
- ***World*** (Мир) – создает изображение в плане мировой системы координат.

Команда ***PLAN*** (План) изменяет направление взгляда и отключает перспективу, но не меняет текущей ПСК. Все координаты, вводимые или отображаемые после запуска этой команды, берутся относительно текущей ПСК.

Выполнить упражнения № 93.

Установить вид в плане	***№ 93***
Plan Падающее меню ***View → 3D Views → Plan View → World UCS*** Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>: _w Regenerating model.	
	

6.4. УСТАНОВКА ОРТОГОНАЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ВИДОВ



Для установки ортогональных и аксонометрических видов служит закладка ***Orthographic & Isometric Views*** (Ортогональные и изометрические виды) диалогового окна ***View*** (Вид), показанного на рис. 164. Это диалоговое окно вызывается вводом в командную строку слова ***VIEW*** с клавиатуры или из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View…*** (3М Виды…). Кроме этого, можно щелкнуть на пиктограмме ***Named Views*** (Именованные виды) плавающей панели инструментов ***View*** (Вид), представленной на рис. 162.

Ортогональный вид, помещаемый на видовой экран, базируется по умолчанию на мировой системе координат. Однако пользователь может установить в качестве базовой любую из имеющихся в диалоговом окне именованных пользовательских систем координат (ПСК). После выбора одной из ПСК необходимо сделать эту систему текущей, то есть нажать кнопку ***Set Current***, в подтверждении, что выбранная ПСК является текущей, рядом с её названием появляется маркер. Нажатием кнопки ***OK AutoCAD*** выводит на экран выбранную пользовательскую систему координат.

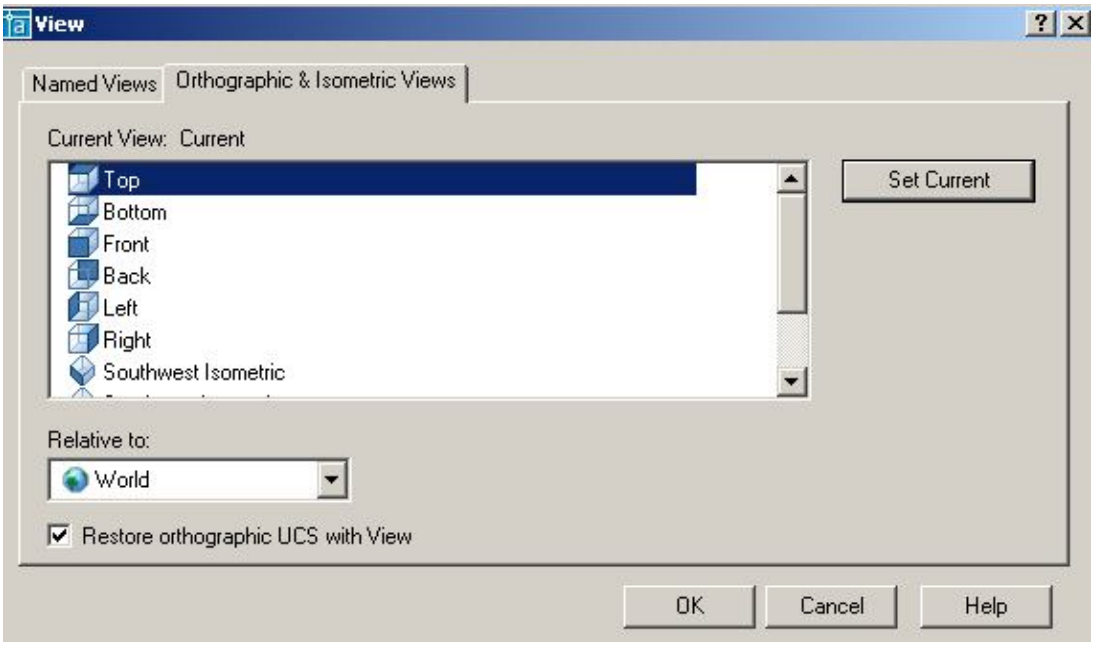


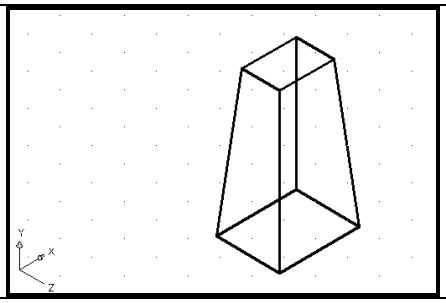
Рис. 164.

6.5. ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧКОЙ ВЗГЛЯДА



Команда ***3DORBIT*** (3-орбита) позволяет задать направление взгляда при определении вида и параметры отображения. Вид модели в это время управляется с помощью устройства указания, то есть изменение направления взгляда при определении вида производится путем перемещения мыши при нажатой левой кнопке. С орбиты могут рассматриваться как вся модель, так и её отдельные части. Команда вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D Orbit*** (3М Орбита) или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) стандартной панели инструментов, или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***, или вводом в командную строку слова ***3DORBIT*** с клавиатуры. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Выполнить упражнение № 94.

Установить точку зрения	*№ 94*
 ***3D Orbit*** Падающее меню ***View → 3D Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, установить желаемую точку зрения Для выхода из команды нажать Enter.	
	

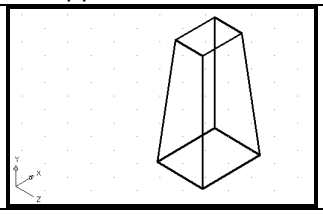
6.6. ДИНАМИЧЕСКОЕ ВРАЩЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ



Команда ***3DCORBIT*** (3МД Орбита) позволяет просматривать вращающееся изображение объектов в режиме реального времени. Команда вызывается вводом в командную строку слова ***3DCORBIT*** с клавиатуры или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Continuous Orbit*** (3МД Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Вращение изображения объектов задается путем перемещения курсора по графическому полю экрана при нажатой левой кнопке мыши. При этом направление вращения определяется направлением перемещения курсора, а скорость вращения – скоростью перемещения курсора. Вращение изображения начинается после того, как будет отпущена левая кнопка мыши.

Выполнить упражнение № 95.

Установить точку зрения	*№ 95*
 ***3DC Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, задать вращательный момент детали и отпустить кнопку. Для фиксации точки зрения сделать щелчок мышью. Для выхода из команды нажать Enter.	
	

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРКАСОВ

Элементарными трехмерными объектами системы ***AutoCAD*****,** предназначенными, прежде всего для каркасного моделирования, являются отрезки, сплайны и полилинии. Первые два типа объектов создаются при помощи тех же команд ***LINE*** и ***SPLINE***, которые используются при плоском черчении. Особенностью при их использовании в трёхмерном пространстве является то, что при задании координат точек следует указывать и координату по оси ***Z*** (при плоском черчении эта координата опускается). При указании точек графическим курсором следует пользоваться объектной привязкой, так как в противном случае система воспринимает указанные точки как лежащие на плоскости ***XY*** текущей системы координат. Трех-

мерные полилинии создаются при помощи специальной команды ***3DPOLY***. Эта команда позволяет создавать полилинию, состоящую только из прямолинейных сегментов, поэтому для создания сглаженных линий используют команду ***REDIT*** (Редактирование трехмерных полилиний).

7.1. ТРЕХМЕРНАЯ ПОЛИЛИНИЯ

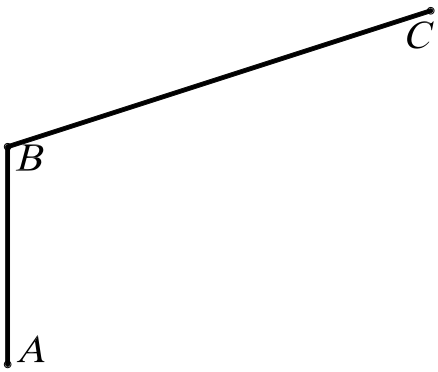


Команда ***3DPOLY*** (3М ПЛиния) – построение трехмерной полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***3Dpoly*** (3М ПЛиния), щелчком мыши по пиктограмме ***3Dpoly*** (3М ПЛиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать) или вводом в командную строку слова ***3DPOLY*** с клавиатуры

Опции команды:

- ***Undo*** (Отмена) – используется для отмены создания последнего отрезка;
- ***Close*** (Замкнуть) – используется для замыкания построенной полилинии и завершения работы с командой.

Выполнить упражнение № 96.

Построить трехмерную полилинию	***№ 96***
 ***3D Polyline*** Падающее меню ***Draw*** → ***3D Polyline*** Specify start point of polyline: 100,100,0 Specify endpoint of line or [Undo]: @0,0,80 Specify endpoint of line or [Undo]: @90,90,50 Specify endpoint of line or [Close/Undo]:	
	

7.2. СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПОЛИЛИНИИ



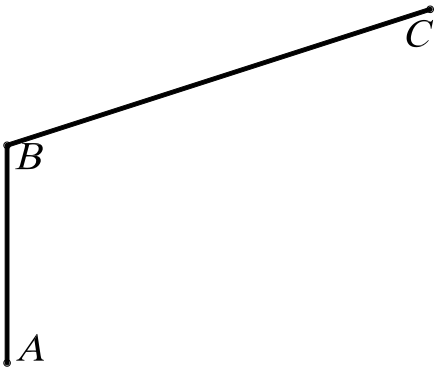
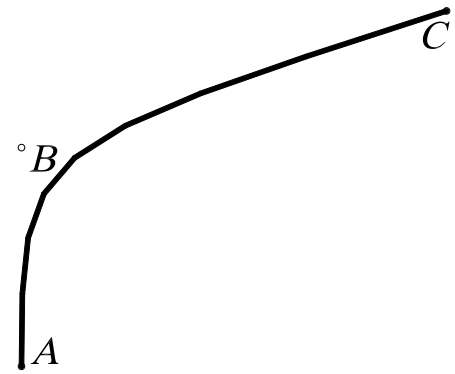
- ***PEDIT*** (Изменить полилинию) позволяет редактировать трехмерные полилинии и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Object*** (Объект) →***Polyline*** (Полилиния), щелчком мыши по пиктограмме ***Pedit*** (Изменить полилинию) панели инструментов ***Modify II*** (Редактировать II) или вводом в командную строку слова ***PEDIT*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Multiple*** (Много) – используется, если необходимо одинаковым образом отредактировать несколько полилиний; в этом случае система потребует указать эти полилинии;

- ***Close*** (Замкнуть) – используется, если необходимо замкнуть полилинию, при этом система добавляет сегмент, соединяющий начальную и конечную точки полилинии; если выбранная полилиния замкнута, то в списке параметров вариант ***Close*** заменяется вариантом ***Open***;
- ***Open*** (Разомкнуть) – используется, если необходимо разомкнуть полилинию, при этом система удаляет сегмент, соединяющий конечную и начальную точки;
- ***Edit vertex*** (Редактировать вершину) – используется для редактирования вершин полилинии. Дальнейшая работа в режиме редактирования вершин производится так же, как и в случае редактирования плоской полилинии;
- ***Spline curve*** (Сгладить) – используется для преобразования полилинии в гладкую с использованием аппарата B-сплайнов, при этом данная кривая в общем случае не приходит через вершины исходной полилинии;
- ***Decurve*** (Отменить сглаживание) – используется для отмены преобразования полилинии в гладкую кривую;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего изменения.

Выполнить упражнение № 97

Сгладить трехмерную полилинию	***№ 97***
	***PEDIT*** Падающее меню ***Modify → Object→ Polyline*** Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: s режим сглаживания полилинии Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: Enter
	

8. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Команды построения твердотельных объектов (примитивов) запускаются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) или из плавающей панели инструментов ***Solids*** (Тела), представленной на рис. 165.

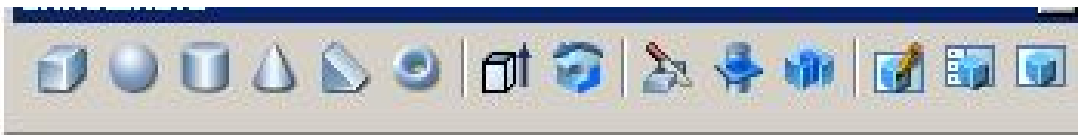


Рис. 165.

При создании твердотельных примитивов используется три основных способа:

1. Стандартные библиотечные тела: ***Box*** (Ящик), ***Wedge*** (Клин), ***Cone*** (Конус), ***Cylinder*** (Цилиндр), ***Sphere*** (Шар), ***Torus*** (Тор). Задание количества изолиний при создании стандартных (библиотечных) тел вращения выполняется системной переменной ***ISOLINES*** (по умолчанию количество изолиний равно четырем). Для увеличения количества в командную строку вводится слово ***ISOLINES*** с клавиатуры, а затем нужное количество.

2. Тела пользователя (примитивы заданной формы) создаются путем выдавливания, осуществляемого командой ***Extrude*** (Выдавить), или вращения – командой ***Revolve*** (Вращать) – двумерного объекта (плоского контура) ***Region***.

3. Тела, созданные комбинированием нескольких тел, с использованием команд ***Union*** (Объединение), ***Subtract*** (Вычитание), ***Intersect*** (Пересечение), которые запускаются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) или из плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

9. СТАНДАРТНЫЕ ТЕЛА

9.1. ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕД

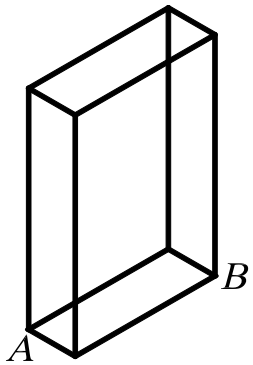


– Команда ***Box*** (Ящик) – формирование твердотельного параллелепипеда (ящика, куба) с ребрами, параллельными осям текущей системы координат, то есть основание параллелепипеда всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей ПСК. Команда ***Box*** (Ящик) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Box*** (Ящик) или щелчком мыши по пиктограмме ***Box*** (Ящик) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Center*** (Центр) – определяет параллелепипед с помощью указания его центральной точки;
- ***Cube*** (Куб) – создает куб, то есть параллелепипед, у которого все ребра равны;
- ***Length*** (Длина) – создает параллелепипед с заданными длиной (по оси X), шириной (по оси Y) и высотой (по оси Z) текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 98.

Построить параллелепипед	***№ 98***
 ***Box*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Box*** Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: 100,100 указать первый угол A основания параллелепипеда Specify corner or [Cube/Length]: 120,160 указать второй угол B основания параллелепипеда Specify height: 90 высота параллелепипеда	
	

9.2. КЛИН



– Команда ***Wedge*** (Клин) – построение прямой призмы («клина») с основанием в виде прямоугольного треугольника, параллельным плоскости ***XY*** текущей системы координат. Команда ***Wedge*** (Клин) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Wedge*** (Клин) или щелчком мыши по пиктограмме ***Wedge*** (Клин) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

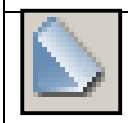
Основание клина всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей системы координат, при этом наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания. Высота клина может быть как положительной, так и отрицательной.

Опции команды:

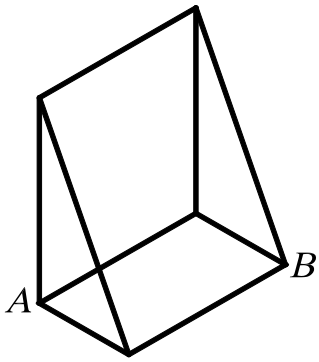
- ***CEnter*** (Центр клина) – точка пересечения диагоналей наклонной грани клина;
- ***Cube*** (Куб) – используется для построения призмы, вписанной в куб;
- ***Length*** (Длина) – используется для задания длин сторон нижней грани клина.

Выполнить упражнение № 99.

Построить клин (призму)	***№ 99***



Wedge Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Wedge***
Specify first corner of wedge or [Center] <0,0,0>: 150,130 указать точку A
Specify corner or [Cube/Length]: 190,200 указать точку B
Specify height: 80 высота.



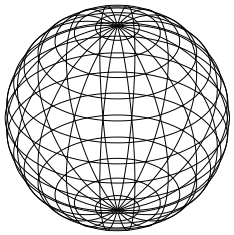
9.3. СФЕРА



– Команда ***Sphere*** (Сфера) – построение твердотельного шара (сферы), вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Sphere*** (Сфера) или щелчком мыши по пиктограмме ***Sphere*** (Сфера) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Сфера задается центром и радиусом (или диаметром), то есть при необходимости задания сферы центром и диаметром в командную строку ввести ***D*** (***Diameter)***. Ось вращения шара параллельна оси ***Z*** текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 100. Перед построением сферы, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить сферу	*№ 100*
	***Sphere*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Sphere*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of sphere <0,0,0>: 100,100,70 указать центр сферы Specify radius of sphere or [Diameter]: 50 величина радиуса
	

9.4. КОНУС



– Команда ***Cone*** (Конус) – построение твердотельного конуса, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Cone*** (Конус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cone*** (Конус) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Eliptical*** (Эллиптический) – используется для построения эллиптического конуса;
- ***Axis endpoint*** (Конечная точка оси) – создает эллиптическое основание конуса, для чего нужно указать точками длину одной оси и половину другой оси, как при построении эллипса. Выбор этой опции осуществляется автоматически при указании координат точки;
- ***Center*** (Центр) – позволяет задать эллиптическое основание конуса, для чего следует указать координаты его центральной точки и значение радиуса по каждой из осей эллипса;
- ***Apex*** (Вершина) – определяет высоту и ориентацию конуса, для этого нужно любым известным способом задать положение вершины конуса;
- ***Height*** (Высота) – устанавливает только высоту конуса, но не ориентацию. Ориентация определяется знаком, стоящим перед значением высоты: при знаке «+» высота откладывается в сторону положительного значения оси ***Z***, при знаке «-» - в сторону отрицательного значения оси ***Z***, то есть строится нижняя или верхняя полупола конуса;
- ***Center point*** (Центральная точка) – создает круговое основание;
- ***Radius*** (Радиус) – позволяет задать круговое основание конуса, для чего нужно ввести центр и радиус основания;
- ***Diameter*** (Диаметр) – используется, если необходимо задать диаметр основания конуса.

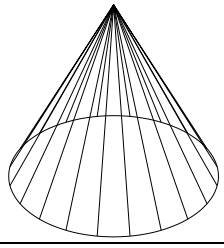
Выполнить упражнения № 101, 102.

Перед построением конуса, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить круговой конус ***№ 101***



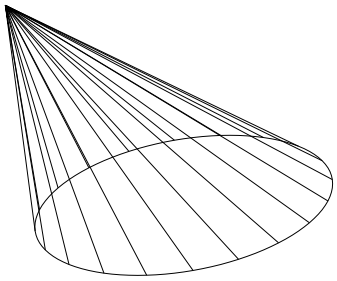
Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания
Specify radius for base of cone or [Diameter]: 45 радиус основания
Specify height of cone or [Apex]: 90 высота



Построить эллиптический конус ***№ 102***



Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: E
режим эллиптического конуса
Specify axis endpoint of ellipse for base of cone or [Center]: 100,100 указать первую точку первой оси эллипса (основания).
Specify second axis endpoint of ellipse for base of cone: 190,200 указать вторую точку первой оси эллипса (основания).
Specify length of other axis for base of cone: 30 указать длину половины второй оси эллипса (основания).
Specify height of cone or [Apex]: A режим для задания вершины конуса
Specify apex point: 110,100,90 координаты вершины конуса



9.5. ЦИЛИНДР



– Команда ***Cylinder*** (Цилиндр) – построение твердотельного цилиндра, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Cylinder*** (Цилиндр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cylinder*** (Цилиндр) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды ***Cylinder*** (Цилиндр) аналогичны опциям команды ***Cone*** (Конус). Ось цилиндра параллельна оси ***Z*** текущей системы координат. В данной команде опция ***Apex*** (Вершина) называется ***Center of other end*** (центр другого основания).

Выполнить упражнение № 103.

Построить цилиндр	***№ 103***

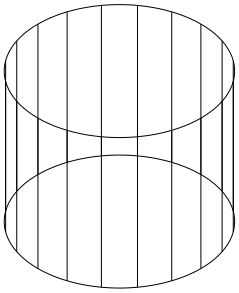
Cylinder Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cylinder***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 50 радиус основания

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 80 высота



9.6. ТОР

– Команда ***Torus*** (Тор) – построение твердотельного тора, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Torus*** (Тор) или щелчком мыши по пиктограмме ***Torus*** (Тор) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Тор (круговое кольцо) или открытый тор образуется при вращении окружности вокруг оси, лежащей в ее плоскости, но не проходящей через ее центр. У открытого тора различают внутреннюю часть – глобоид и внешнюю. Если окружность пересекает ось тора, то дуга окружности описывает поверхность, напоминающую форму мяча для регби, которая называется закрытым тором. У закрытого тора различают: тор-«яблоко» и тор-«веретено».

Для построения тора необходимо ввести значения двух радиусов: радиуса образующей окружности-трубы (***Tube***) и радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра образующей окружности-трубы (***Tube***).

Выполнить упражнения № 104 - 106.

Построить открытый тор	***№ 104***

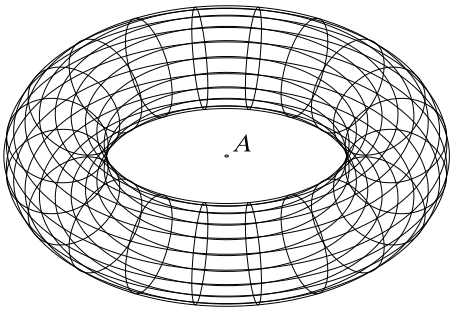
Torus Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus***

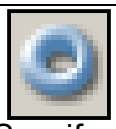
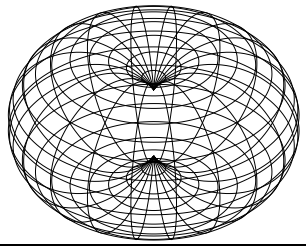
Current wire frame density: ISOLINES=20

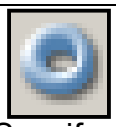
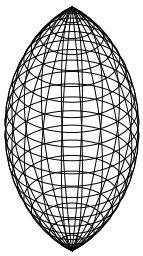
Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора – точка А

Specify radius of torus or [Diameter]: 100 указать радиус тора

Specify radius of tube or [Diameter]: 30 указать радиус образующей окружности-трубы



Построить тор-«яблоко»	*№ 105*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: 60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 70 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Построить тор-«веретено»	*№ 106*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: -60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 90 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Радиус тора можно задавать отрицательным значением, но тогда значение радиуса образующей окружности должно быть положительным и превосходить абсолютное значение радиуса тора, то есть в этом случае получается закрытый тор. Данное условие необходимо соблюдать, чтобы не получить в итоге пустое тело (тело без объема).

10. ТЕЛА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

10.1. ВЫДАВЛЕННОЕ ТЕЛО

 – Команда ***Extrude*** (Выдавить) – позволяет создавать твердотельные объекты путем «выдавливания» плоского контура (добавляя высоту). Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опция команды:

- ***Path*** (Траектория) – используется для «выдавливания» объекта вдоль направляющей траектории.
- ***Taper angle*** (Угол конусности) – используется для задания угла конусности создаваемого тела, то есть угла между направлением выдавливания и образующими боковых поверхностей тела.

Исходными объектами для «выдавливания» могут являться плоские грани (примитивы ***3D Faces***), замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). «Выдавливание» объекта происходит перпендикулярно плос-

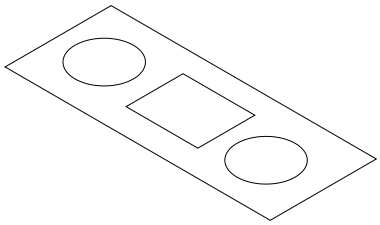
кости ***XY*** текущей системы координат. Объектами-направляющими, вдоль которых может производиться «выдавливание», могут служить отрезки, окружности, дуги окружностей, эллипсы, дуги эллипсов, полилинии или сплайны. При «выдавливании» контура вдоль направляющей угол его наклона относительно направляющей остается постоянным. При создании твердых тел исходные контуры удаляются.

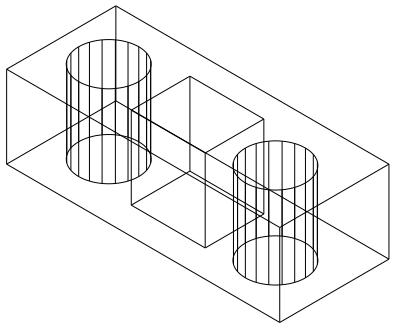
Выполнить упражнения № 107 – 110. Перед выполнением упражнений создайте плоские контуры типа ***Region*** или ***Pline***, ***3D Polyline***.

Построить выдавленное тело ***№ 107***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: Enter угол конусности равен нулю.

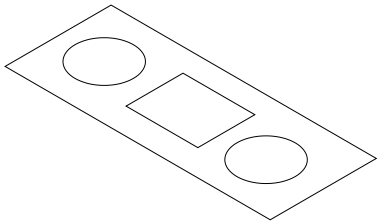


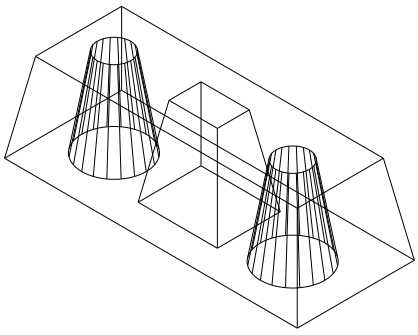


Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности ***№ 108***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: 10 угол конусности.





Значение угла конусности «выдавливаемого» тела должно лежать в пределах от -90^0 до $+90^0$, причем это значение не должно задавать создание самопересекающегося тела.

Построить выдавленное тело вдоль траектории полилинии ***№ 109***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

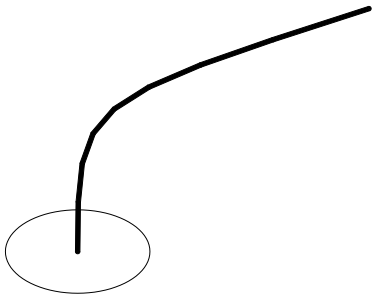
Current wire frame density: ISOLINES=20

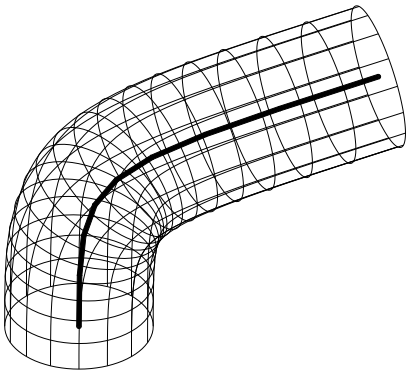
Select objects: указать на окружность

Select objects: Enter

Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: указать на полилинию





Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности, вдоль траектории полилинии ***№ 110***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Select objects: указать на окружность

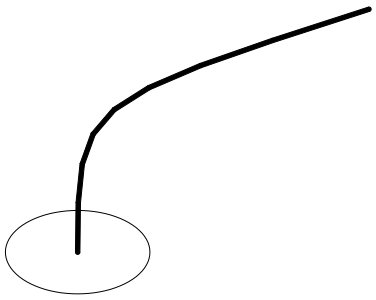
Select objects: Enter

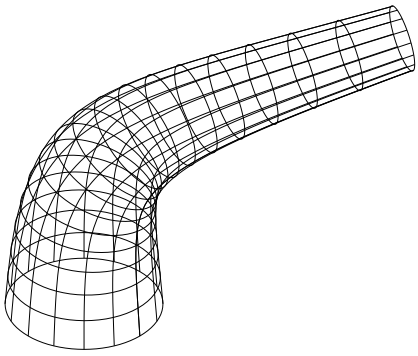
Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: T задать угол конусности

Specify angle of taper for extrusion <0>: 5 значение угла конусности

Select extrusion path: указать на полилинию.





10.2. ТЕЛО ВРАЩЕНИЯ



– Команда ***Revolve*** (Вращать) – позволяет создавать твердотельные объекты путем вращения плоского контура. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Revolve*** (Вращать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Revolve*** (Вращать) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

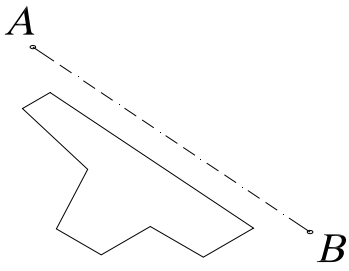
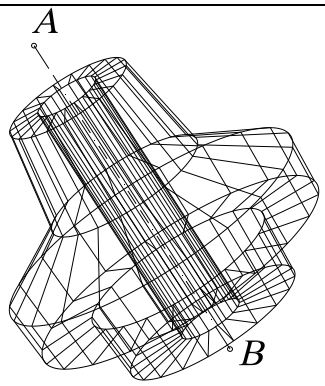
Исходными объектами для вращения могут служить замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). Объектами, задающими направление оси вращения, могут служить отрезки и плоские полилинии. В

последнем случае за ось вращения принимается линия, проходящая через начальную и конечную точки полилинии. При создании твердых тел вращения исходные контуры удаляются.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания оси, определяемой некоторым объектом, то есть необходимо указать объект, который определяет ось вращения;
- ***X (axis)*** (X ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью X текущей системы координат;
- ***Y (axis)*** (Y ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью Y текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 111.

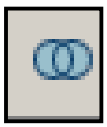
Построить тело вращения	***№ 111***
 ***Revolve*** Падающее меню ***Draw → Solids → Revolve*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Select objects: указать плоский контур Select objects: Enter Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: указать точку A на оси вращения Specify endpoint of axis: указать точку B на оси вращения Specify angle of revolution <360>: Enter угол поворота контура на 360^0. Установить точку зрения командой 3D Orbit.	
	

11. ТЕЛА, СОЗДАННЫЕ КОМБИНИРОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Для создания тел из базовых твердотельных примитивов в ***AutoCAD*** имеются команды, осуществляющие операции теории множеств:

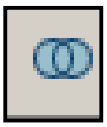
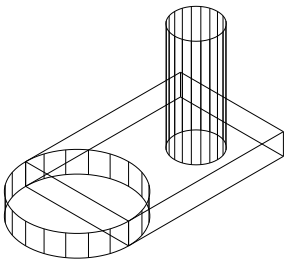
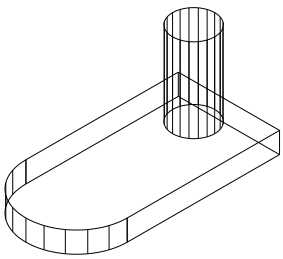
1. ***Union*** (Объединение) – создает сложный твердотельный объект путем объединения нескольких объектов;
2. ***Subtract*** (Вычитание) – позволяет создать новые область или твердотельный объект путем исключения (вычитания) аналогичных объектов. Например, эту команду можно использовать для получения сквозных цилиндрических отверстий в деталях путем вычитания цилиндров;
3. ***Intersect*** (Пересечение) – позволяет создать новый твердотельный объект, который является общей частью всех указанных объектов.

11.1. ОБЪЕДИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Union*** (Объединение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

Выполнить упражнение № 112.

Построить тело путем объединения заданных тел	***№ 112***
 ***Union*** Падающее меню ***Modify → Solids Editing → Union*** Select objects: указать точку на одном цилиндре Select objects: указать точку на втором цилиндре Select objects: указать точку на параллелепипеде Select objects: Enter	
	

Если указанные пользователем твердотельные объекты не пересекаются и не касаются друг друга, то система выполнит формальное объединение этих тел. При этом вновь созданный объект будет восприниматься системой как единое целое, хотя в физическом смысле такой объект будет являться набором отдельных невзаимосвязанных тел.

11.2. ВЫЧИТАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

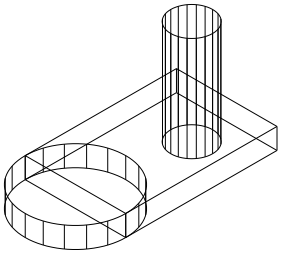
Вычитаемые объекты после выполнения команды удаляются. Если исходное и вычитаемое тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Subtract*** (Вычитание) будет просто удалено вычитаемое тело. Необходимо помнить, что после завершения указания исходных объектов, из которых необходимо исключить другие объекты, нужно нажать клавишу ***Enter***.

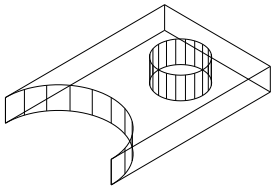
Выполнить упражнение № 113.

Построить тело путем вычитания заданных тел	*№ 113*

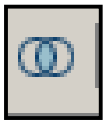


Subtract Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Subtract***
Select solids and regions to subtract from ..
Select objects: указать точку на параллелепипеде
Select objects: Enter
Select solids and regions to subtract ..
Select objects: указать один цилиндр
Select objects: указать второй цилиндр
Select objects: Enter





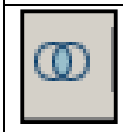
11.3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



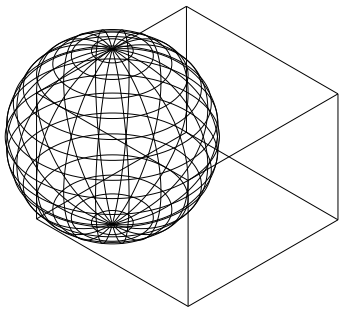
– Команда ***Intersect*** (Пересечение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Intersect*** (Пересечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Intersect*** (Пересечение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

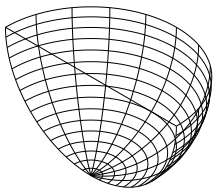
Выполнить упражнение № 114.

Построить тело путем пересечения заданных тел	*№ 114*



Intersect
Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Intersect***
Select objects: выбрать сферу, указав на её любую точку
Select objects: выбрать параллелепипед, указав на любую его точку
Select objects: Enter





Все исходные тела, на основе которых создается новый объект, удаляются. Если исходные тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Intersect*** (Пересечение) эти тела будут просто удалены.

12. ОБЩИЕ СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для редактирования любых трехмерных объектов могут применяться такие универсальные команды, как ***Properties*** (Свойства), ***Copy*** (Копировать), ***Erase*** (Удалить), ***Explode*** (Взорвать), ***Move*** (Переместить), ***OOPS*** (Восстанавливает уничтоженные командой ***Erase*** объекты), ***Redo*** (Отменяет действие одной предыдущей команды: ***Undo*** или ***U***), ***Scale*** (Масштабировать), ***Undo*** (Отменяет действие нескольких команд), а также средство редактирования ***Grips*** («Ручки»). Работа со всеми этими средствами ведется так же, как и при плоском черчении. Кроме того, существуют команды редактирования только в трехмерном пространстве, например, команды поворота, создания массива объектов, зеркальное отображение, снятие фаски, скругления, которые имеют рад особенностей в трехмерном моделировании. Ниже рассматриваются эти команды.

12.1. ПОВОРОТ ВОКРУГ ОСИ

В двумерном пространстве команда ***Rotate*** (Повернуть) производит поворот объекта вокруг указанной точки, при этом направление поворота определяется текущей пользовательской системой координат.

При использовании этой команды применительно к трехмерным объектам производится их поворот относительно оси, проходящей через заданную точку и перпендикулярной плоскости ***XY*** текущей системы координат. Ось поворота может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (***X***, ***Y***, ***Z***), текущего направления взгляда.

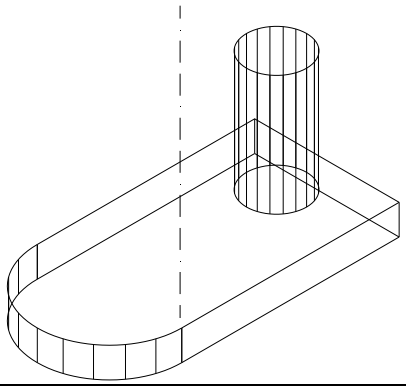
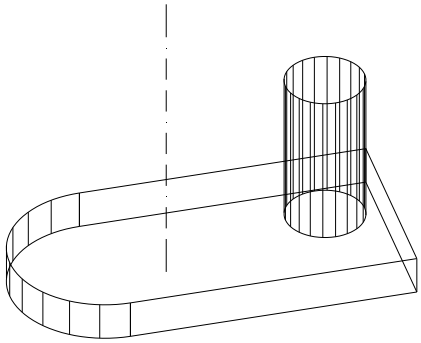
Команда ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) поворачивает объекты относительно произвольно направленной оси. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Rotate3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – поворот вокруг выбранного объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***View*** (Вид) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового экрана и проходящей через заданною точку, то есть ось перпендикулярна плоскости экрана;
- ***Xaxis*** (X ось), ***Yaxis*** (Y ось), ***Zaxis*** (Z ось) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления соответственно осей ***X***, ***Y***, ***Z*** и проходящей через заданную точку;
- ***2point*** (2 точки) – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки;
- ***Reference*** (Относительно) – используется для задания относительного угла поворота.

Для определения положительного направления вращения следует ориентировать большой палец правой руки в положительном направлении оси и согнуть остальные пальцы. Положительное направление вращения будет совпадать с направлением, указываемым согнутыми пальцами. Если ось задается двумя точками, то вторая точка указывает положительное направление оси.

Выполнить упражнение № 115.

Повернуть тело вокруг оси	***№ 115***
Rotate3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Rotate3D*** Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 Select objects: выбрать объект, который нужно повернуть Select objects: Enter Specify first point on axis or define axis by [Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: указать верхнюю точку на оси (начало оси) Specify second point on axis: указать нижнюю точку на оси (направление «+» оси) Specify rotation angle or [Reference]: 30 угол положительный, так как положительное направление оси вниз, а положительный угол определяется по правилу правой руки.	
	

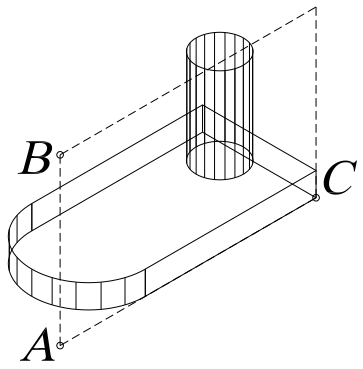
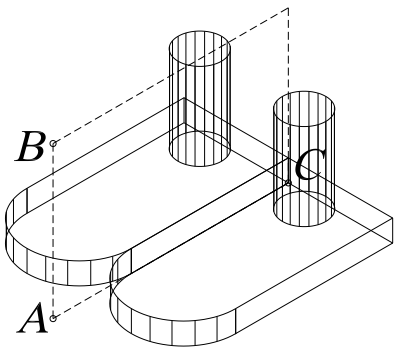
12.2. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТИ (ПЛОСКОСТНАЯ СИММЕТРИЯ)

Команда ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) позволяет создать зеркальную копию объектов относительно произвольно расположенной плоскости. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Mirror3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – отображение относительно выбранного плоского объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***Zaxis*** (Z ось) – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – отображение относительно плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – отображение относительно плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

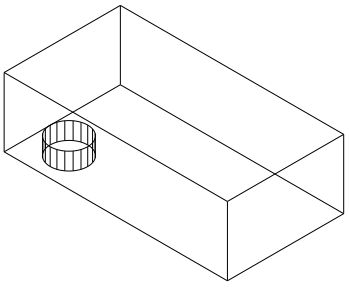
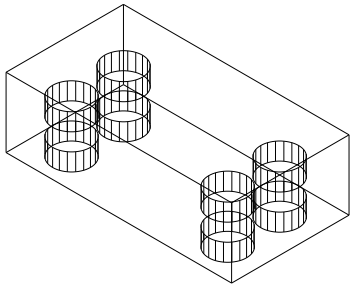
Выполнить упражнение № 116.

Построить плоскостную симметрию объекта	***№ 116***
Mirror3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Mirror3D*** Select objects: выбрать объект Select objects: Enter Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on mirror plane: указать точку B Specify third point on mirror plane: указать точку C Delete source objects? [Yes/No] <N>: не удалять исходный объект, если нужно удалить, то выбрать <Y>.	
	

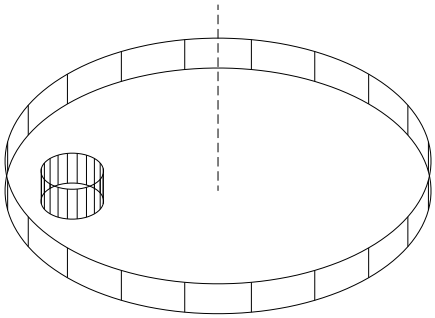
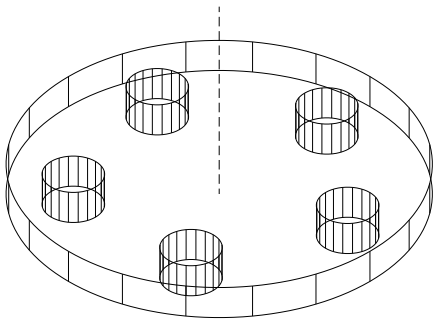
12.3. РАЗМНОЖЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫМ МАССИВОМ

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) создает в пространстве копии объектов в виде прямоугольного или полярного массива. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) **→** ***3D Operation*** (3М операции) **→** ***3DAarray*** (3М Массив) или вводом в командную строку слова ***3DAarray*** с клавиатуры.

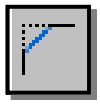
Выполнить упражнения № 117, 118.

Создать прямоугольный массив	***№ 117***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 ввести число рядов (вдоль оси Y) Enter the number of columns (|||) <1>: 2 ввести число столбцов (вдоль оси X) Enter the number of levels (...) <1>: 2 ввести число уровней (вдоль оси Z) Specify the distance between rows (---): 30 расстояние между рядами Specify the distance between columns (|||): 90 расстояние между столбцами Specify the distance between levels (...): 20 расстояние между уровнями	
	

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) отличается от аналогичной команды, применяемой в двухмерном моделировании, тем, что при создании прямоугольного массива объектов, кроме количества столбцов и строк, запрашивается количество уровней (задается вдоль оси ***Z*** от плоскости ***XY***), а при создании кругового (полярного) массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальная и конечная точки которой задаются в ответ на запросы команды.

Создать полярный массив	***№ 118***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>:P полярный массив Enter the number of items in the array: 5 число элементов массива Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: задать угол для построения Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: поворачивать элементы массива вокруг оси Specify center point of array: указать первую точку, лежащую на оси массива Specify second point on axis of rotation: указать вторую точку, лежащую на оси массива	
	

12.4. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛ



— Команда ***Chamfer*** (Фаска) позволяет создавать фаску (скошенную часть кромки) на пересечениях граней твердого тела, как и в двумерном пространстве. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

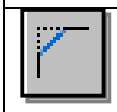
Опции команды:

- ***OK (current)*** (Да (текущая)) – используется для задания в качестве базовой текущей гран тела (при выборе, подсвеченной на графическом экране);
- ***Next*** (Следующая) – используется для выбора в качестве текущей соседней грани тела;
- ***Loop*** (Петля) – используется для задания создания фасок по всем ребрам базовой грани;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер.

При создании фасок между гранями твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

Выполнить упражнения № 119, 120. При выполнении упражнения № 119 создать тело, используя команду ***Subtract*** (Вычитание).

Снять фаску с ребра параллелепипеда ***№ 119***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(NOTRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A

Base surface selection... для выбора базовой поверхности

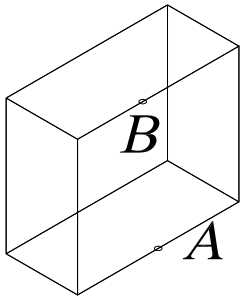
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

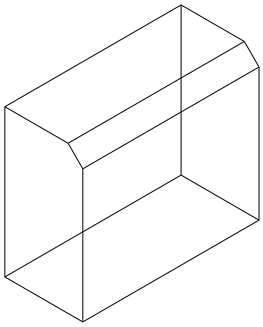
Specify base surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на другой поверхности

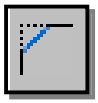
Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





Снять фаску с ребра трехмерного тела ***№ 120***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 40.0000, Dist2 = 40.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A верхней грани объекта

Base surface selection...

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: N режим выбора соседней грани (если на графическом экране при выборе подсвечивается другая грань)

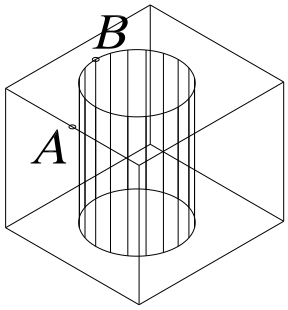
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

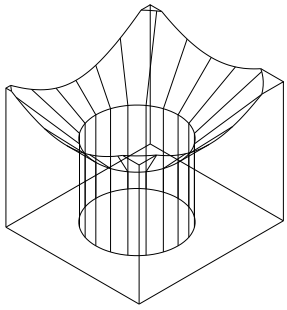
Specify base surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на другой поверхности

Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





12.5. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ ГРАНЕЙ



— Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Опции команды ***Fillet*** (Сопряжение):

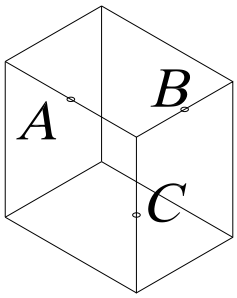
- ***Chain*** (Цепь) – используется для задания скруглений ребер, образующих цепочку;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер;
- ***Radius*** (Радиус) – используется для задания нового радиуса скругления.

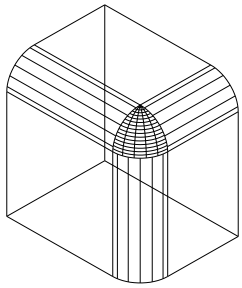
Выполнить упражнения № 121, 122.

Построить сопряжения граней трехмерного тела ***№ 121***

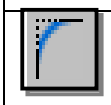


Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее скругляемое ребро – точка A
Enter fillet radius: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка B
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка C
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter
3 edge(s) selected for fillet.

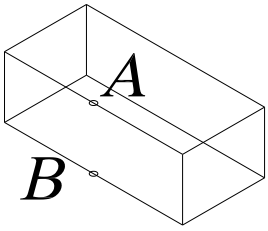


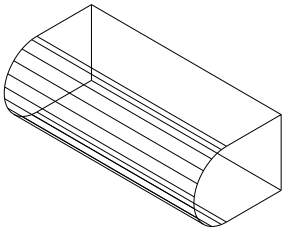


Построить сопряжение грани трехмерного тела ***№ 122***



Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее ребро (точка A)
Enter fillet radius <10.0000>: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать верхнее ребро (точка B)
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter





При создании скруглений ребер твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

12.6. ПОСТРОЕНИЕ СЕЧЕНИЙ



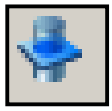
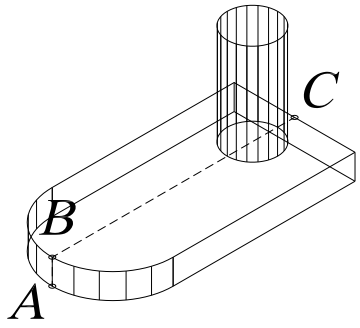
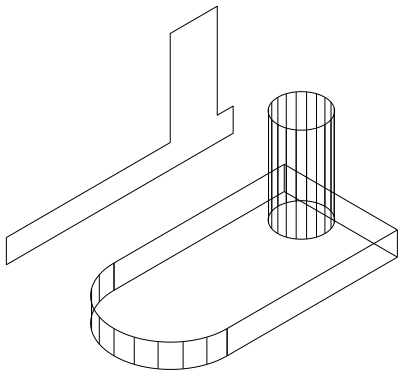
– Команда ***Section*** (Сечение) – позволяет построить сечения (в виде замкнутых областей) твердотельных объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Section*** (Сечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Section*** (Сечение) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – сечение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

В результате выполнения команды создаются объекты типа ***Region***. При применении к этим объектам команды ***Explode*** они разбиваются на отдельные линии, дуги или окружности.

Выполнить упражнение № 123.

Построить сечение трехмерного тела	***№ 123***
 ***Section*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Section*** Select objects: указать объект Select objects: Enter Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on plane: указать точку B Specify third point on plane: указать точку C Переместить полученное сечение.	
	

12.7. ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ



– Команда ***Slice*** (Разрез) – позволяет разрезать набор тел плоскостью и при необходимости удалить отсеченные части объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Slice*** (Разрез) или щелчком мыши по пиктограмме

Slice (Разрез) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – разрез относительно плоскости, проходящей через три заданные точки;
- ***keep Both sides*** (сохранить Обе стороны) – оставляет обе части разрезанного тела.

Выполнить упражнение № 124.

Построить разрез трехмерного тела ***№ 124***



Slice Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Slice***

Select objects: указать объект

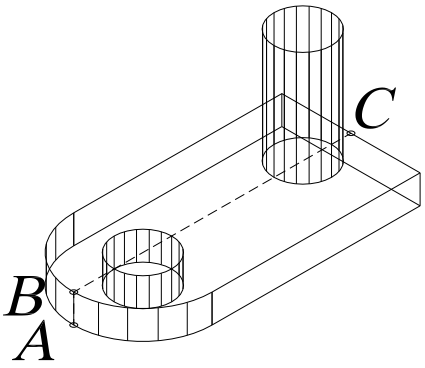
Select objects: Enter

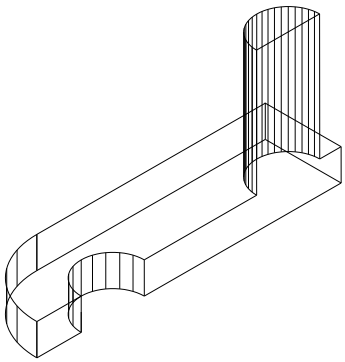
Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A

Specify second point on plane: указать точку B

Specify third point on plane: указать точку C

Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]: указать курсором точку той части тела, которую надо оставить.





13. РЕДАКТИРОВАНИЕ ГРАНЕЙ, РЕБЕР, ТЕЛ

Команда ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов) используется для выполнения следующих возможных действий: выдавливание, перенос, поворот, смещение, изменение формы тела путем наклона, удаление, копирование, изменение цвета. Команды вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

При вызове команды на первый запрос необходимо ввести опцию редактирования тел:

- ***Face*** (Грань) – используется для перехода в режим редактирования граней твердого тела;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для перехода в режим редактирования ребер твердого тела;
- ***Body*** (Тело) – используется для редактирования общих свойств тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего результата редактирования;
- ***eXit*** (Выход) – используется для завершения работы с командой.

13.1. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГРАНЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Face*** (Грань), которая вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Extrude*** (Выдавить) – используется для изменения формы тела путем «выдавливания» одной из граней;
- ***Move*** (Переместить) – используется для изменения формы тела путем переноса его граней;
- ***Rotate*** (Поворот) – используется для изменения формы тела путем поворота его граней;
- ***Offset*** (Сместить) – используется для изменения формы тела путем эквидистантного смещения его граней на определенное расстояние;
- ***Taper*** (Сузить) – используется для изменения формы тела путем наклона его граней;
- ***Delete*** (Удалить) – используется для изменения формы тела путем удаления его отдельных граней;
- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания поверхности, повторяющей конфигурацию граней тела;
- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета граней тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования граней;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов).

Выполнить упражнения № 125- 132.

Выдавить грань трехмерного тела ***№ 125***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A (R используется для исключения грани из набора выбранных граней)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

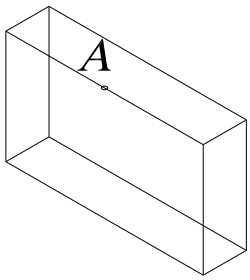
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

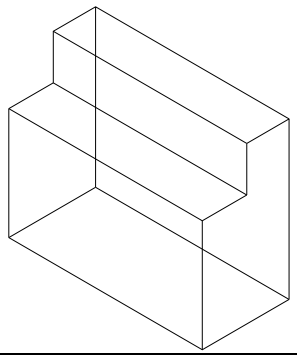
Specify angle of taper for extrusion <0>: угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Enter

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Выдавить грань трехмерного тела ***№ 126***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A на передней грани параллелепипеда

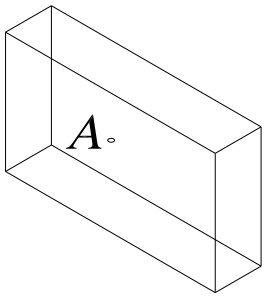
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

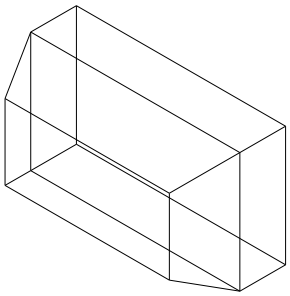
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

Specify angle of taper for extrusion <0>: 25 угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

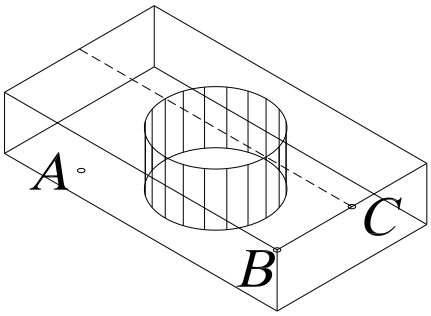


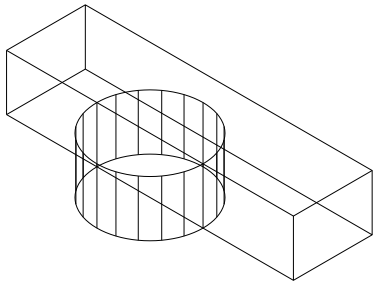


Переместить грань трехмерного тела	*№ 127*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Move faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face грань
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _move
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

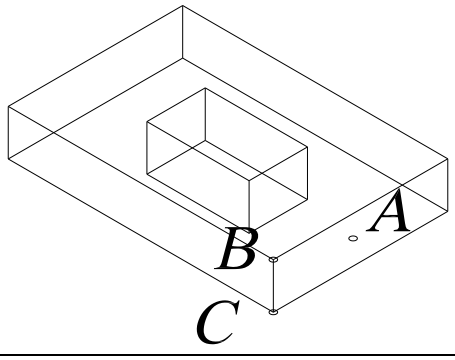


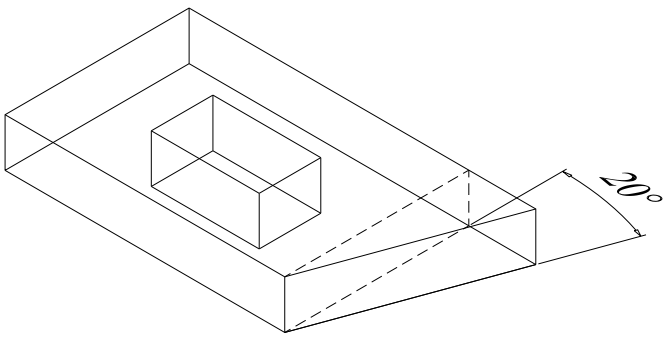


Повернуть грань трехмерного тела	*№ 128*

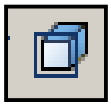


Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Rotate faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _rotate
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>: точка B
Specify the second point on the rotation axis: точка C на оси поворота
Specify a rotation angle or [Reference]: 20 угол поворота
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



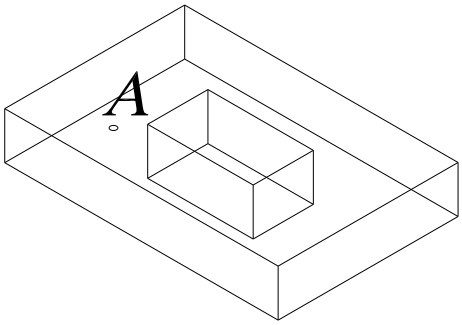


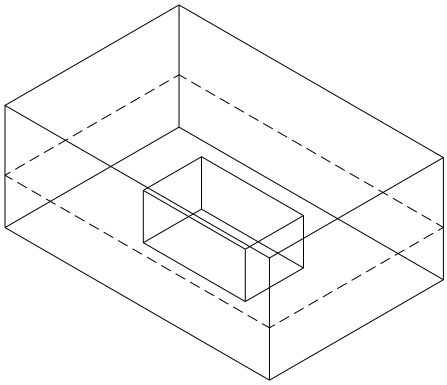
Сместить грань трехмерного тела *№ 129*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Offset faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _offset
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the offset distance: 20 величина смещения
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



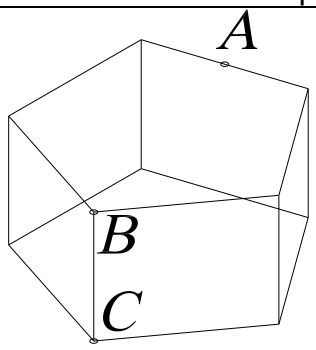


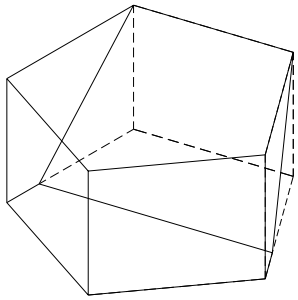
Наклонить грань трехмерного тела *№ 130*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Taper faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _taper
Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the base point: указать базовую точку B
Specify another point along the axis of tapering: указать точку C на оси
Specify the taper angle: 40 угол наклона грани
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

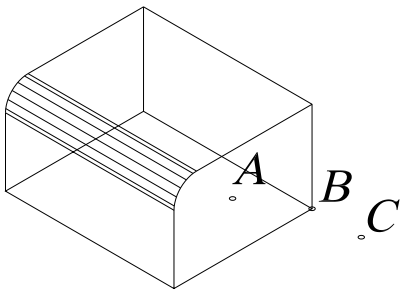


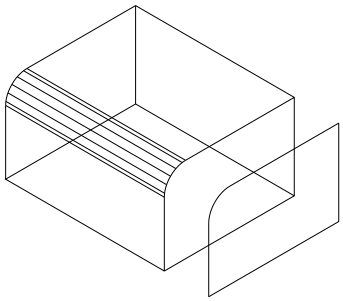


Скопировать грань трехмерного тела	*№ 131*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Copy faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _copy
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать базовую точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

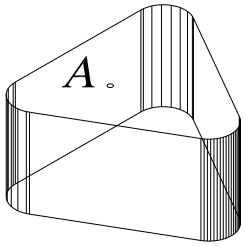


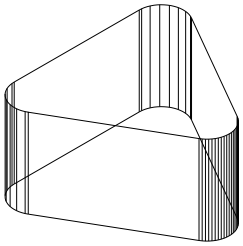


Изменить цвет грани трехмерного тела	*№ 132*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ CoLor faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _color
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





13.2. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ РЕБЕР ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Edge*** (Ребро), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:



- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания объектов, повторяющих конфигурацию ребер тела (дальнейшие действия аналогичны выполнению команды ***Copy*** в двумерном пространстве);



- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета ребер тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования ребер;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

13.3. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ОБЩИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Body*** (Тело), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Imprint*** (Вписать 0 – используется для построения линий пересечения тела с другими объектами (Yes (Да) – используется, если после построения линии пересечения объект, которому эта линия соответствует, должен быть удален; No (Нет) – используется, если удалять объект не надо);
- ***seParate solids*** (или ***P***) (Разделить) – используется для разделения на самостоятельные тела объектов, которые воспринимаются системой как единые тела, но физически ими на являются (например, тела, полученные в результате действия команды ***Subtract*** (Вычитание) или ***Union*** (Объединение);
- ***Shell*** (Оболочка) – используется для формирования твердотельной оболочки на основе указанного тела, то есть создает эквидистантные поверхности;
- ***cLean*** (или ***L***) (Очистить) – используется для удаления с поверхности тела, указанного пользователем, всех линий пересечения этого тела с другими объектами;
- ***Check*** (Проверить) – используется для перевода твердотельного объекта, указанного пользователем, в формат ***ACIS***, имеющий более широкие возможности по вычислению формы тел сложной конфигурации;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования свойств тела;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

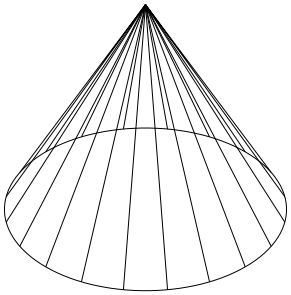
Выполнить упражнение № 133.

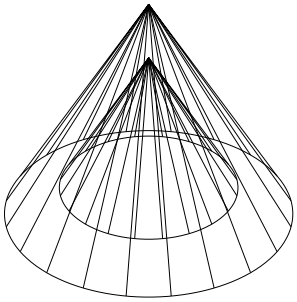
Создать оболочку трехмерного тела	*№ 133*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Shall***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _body
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: _shell
Select a 3D solid: указать тело (указать на теле произвольную точку)
Remove faces or [Undo/Add/ALL]: Enter
Enter the shell offset distance: 10 толщина оболочки
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: Esc





14. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Рассмотрим построение на примере создания трехмерной модели детали, чертеж которой представлен на рис. 166. Ниже описана лишь одна из возможных последовательностей моделирования данного изделия.

1. Создать новый рисунок с помощью команды ***NEW*** (НОВЫЙ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл) → ***New***…(Новый…), или щелчком по пиктограмме ***New*** (Новый) стандартной панели инструментов.

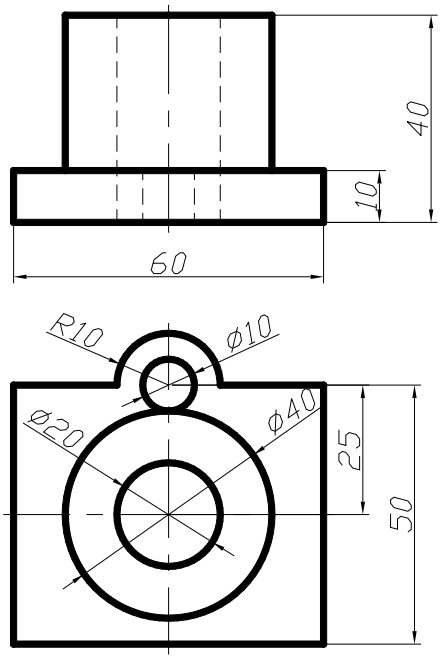


Рис. 166.

2. Для вызова мастера подготовки в диалоговом окне ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка) выбрать пиктограмму ***Use a Wizard*** (Вызов мастера). Далее в списке ***Select a Wizard:*** (Выберите Мастера:) выбрать ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка).

3. В диалоговом окне ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка) при определении области черчения ***Area*** (Площадь) установить размеры чертежа 210x297 (формат А4).

4. Щелчком мыши на кнопке ***GRID*** (Сетка) в строке состояния (или клавишей ***F7***) включить отображение сетки на графическом экране.

5. Отобразить всю область чертежа на экране командой ***Zoom*** (Показать), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Zoom*** (Показать) → ***All*** (Все), или щелчком по пиктограмме ***Zoom All*** (Показать все) стандартной панели инструментов.

6. Сохранить рисунок с помощью команды

QSAVE (БСОХРАНИТЬ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл)→***Save*** (Сохранить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Save*** (Сохранить) стандартной панели инструментов.

7. Установить значение системной переменной ***ISOLINES***, равное 10, что соответствует количеству образующих линий, отображаемых на кривых поверхностях.
8. Создать три видовых экрана с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны), см. упражнение № 90.
9. Установить направление взгляда в трех видовых экранах, см. упражнение 91. Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.
10. С помощью команд ***Pline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность) создать горизонтальную проекцию детали.
11. Используя команду ***Extrude*** (Выдавить), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела), «выдавить» полученную горизонтальную проекцию на соответствующие величины.
12. Выполнить логические преобразования. Объединить параллелепипед и внешний большой цилиндр с помощью команды ***Union*** (Объединение), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел). Затем из полученного тела вычесть внутренний большой и маленький цилиндры с помощью команды ***Subtract*** (Вычитание). Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).
13. Подавить невидимые линии командой ***HIDE*** (СКРЫТЬ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)→***Hide*** (Скрыть линии) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть линии) плавающей панели инструментов ***Render*** (Тонировать).
14. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
15. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа)→***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
16. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
17. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка)→***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).

Для получения блока, которым можно воспользоваться при создании любых чертежей в ***AutoCAD***, применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК). Она загружает окно ***White Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 167, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном рисунке.

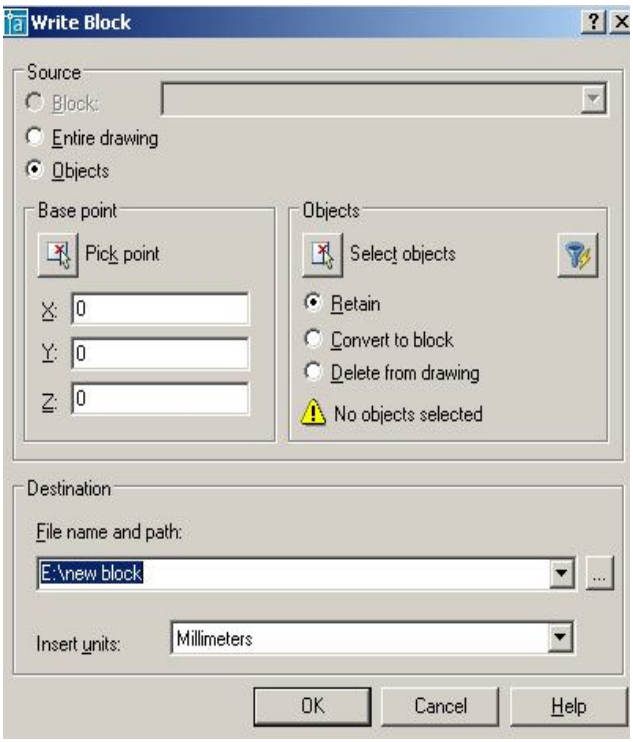


Рис. 167.

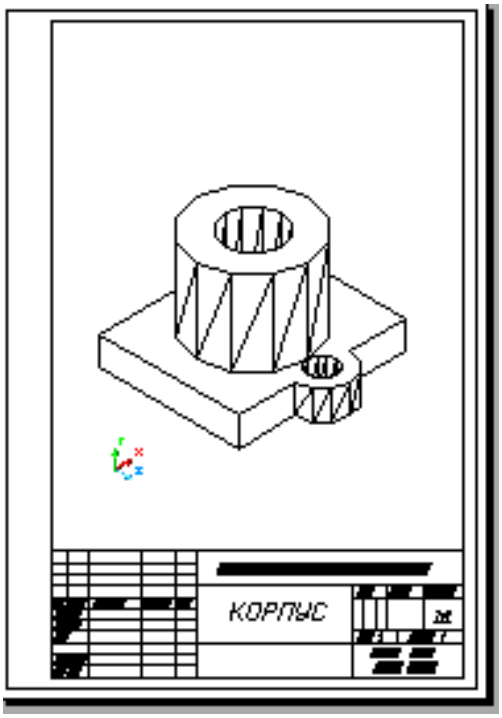


Рис. 168.

18. Создать на листе видовой экран с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***Single*** (1 Вид), а затем указать мышью на графическом экране первый угол видового экрана и второй угол видового экрана.

19. Установить изометрический вид, для чего нужно «войти» в пространство модели (щелкнув два раза клавишей внутри полученной рамки). Затем отредактировать вид, используя команду ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

20. Удалить рамку видового экрана, для этого необходимо выделить рамку, щелкнув клавишей на ней, и «заморозить» слой ***VPORTS*** (этот слой автоматически создается при работе с видовыми окнами).

21. В пространстве листа заполнить основную надпись. Для выхода в пространство листа нужно щелкнуть два раза клавишей за пределами видового окна. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 168.

15. ПЕРЕКРЫВАЮЩИЕСЯ ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ. СОЗДАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ



Команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) автоматизирует процесс создания *перекрывающихся видовых экранов* и ортогональных проекций – проекций на взаимно перпендикулярные плоскости. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***UCS*** (ПСК – пользовательская система координат) – создает вид, параллельный плоскости ***XY*** пользовательской системы координат, которую требуется указать в последующем запросе.

- ***Ortho*** (Ортогональный) – создает вид, перпендикулярный существующему виду, то есть создает ортогональные проекции;
- ***Auxiliary*** (Вспомогательный) – создает дополнительный наклонный вид относительно существующего вида, то есть получаемый на плоскости, непараллельный основным плоскостям проекций;
- ***Section*** (Сечение) – служит для формирования разрезов.

Для каждого создаваемого командой ***SOLVIEW*** (Настройка вида) видового экрана автоматически создается несколько новых слоев. Эти слои имеют имя, совпадающее с именем видового экрана, к которому добавляются расширения, состоящие из трех букв:

- ***DIM*** – слой для размеров;
- ***HAT*** – слой штриховки (только при построении разрезов);
- ***HID*** – слой невидимых линий;
- ***VIS*** – слой видимых линий.

Эти слои можно использовать только для работы с видами, созданными системой ***AutoCAD***. Помимо указанных слоев команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) создает слой VPORTS, на котором размещается общая информация о всех видовых экранах, созданных командой, например, рамки, ограничивающие видовые экраны (если этот слой заморозить, то рамки станут невидимыми).

Замечания:

- Задачи моделирования, такие, как создание и редактирование геометрических объектов, обычно выполняются на вкладке графического поля экрана ***Model*** (Модель). Задачи оформления чертежа, такие, как создание и размещение проекций, проведение осей симметрии, нанесение условных обозначений, выполняются на вкладке графического поля экрана ***Layout*** (Лист). Размеры обычно проставляются на вкладке ***Model*** (Модель).
- На вкладке ***Layout*** (Лист) можно работать как в пространстве модели, так и в пространстве листа. Для того чтобы сделать текущим пространство модели, необходимо поместить курсор мыши в нужный видовой экран и дважды щелкнуть левой клавишей. Для перехода в пространство листа надо переместить указатель за границы видовых экранов и дважды щелкнуть левой клавишей мыши. Можно также переключаться из пространства модели в пространство листа при помощи кнопки в строке состояния.

После созданных плавающих видовых экранов выполняется команда ***SOLDRAW*** (Настройка рисования), которая формирует плоские изображения видов и разрезов в плавающих видовых экранах. При этом строятся видимые и невидимые линии, создающие очерки и ребра тела, а в разрезах выполняется штриховка по установленному шаблону. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку. В ответ на последовательность запросов ***Select object:*** следует указать рамки всех видовых экранов.



ПРИМЕР. Построить твердотельную модель и создать на основании построенной твердотельной модели детали (рис. 166) следующие проекции: фронтальный вид, горизонтальный и профильный разрез.

Создается твердотельная модель (описание построения см. в предыдущем параграфе). Затем используют следующий алгоритм.

1. Установить пользовательскую систему координат (ПСК) параллельно главному виду детали. Для этого необходимо воспользоваться командой ***UCS*** (ПСК), вызвав её из падающего меню ***Tools*** (Сервис) → ***New UCS*** (Новая ПСК) → ***3 Point*** (3 Точки) или из стандартной панели инструментов ***UCS*** (ПСК).

2. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
3. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа) → ***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
4. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
5. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка) → ***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).
6. Создать на чертеже видовые экраны со следующими видами: видом спереди, видом сверху и профильным разрезом, используя команду ***SOLVIEW*** (Настройка вида), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

1) *Получение главного вида – фронтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: U
Enter an option [Named/World/?/Current] <Current>: Enter
Enter view scale <1>: указать масштаб
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Front – ввести имя формируемого вида

2) *Получение вида сверху – горизонтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: O ортогональный режим
Specify side of viewport to project: указать верхнюю границу видового экрана главного вида
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Top – ввести имя формируемого вида

3) *Получение профильного разреза:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: S – сечение
Specify first point of cutting plane: _cen – указать на горизонтальной проекции первую точку режущей плоскости при помощи объектной привязки – центр окружности
Specify second point of cutting plane: @0,0,60 – указать на главном виде вторую точку режущей плоскости при помощи относительных координат
Specify side to view from: указать на виде сверху сторону, которая остается на изображении.
Enter view scale <1>: Enter
Specify view center: указать центр вида
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Section – ввести имя формируемого вида
Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: Enter – завершить работу.

В результате получается изображение, представленное на рис. 169.

7. Выполняют команду ***SOLDRAW*** (Настройка рисования) для формирования в каждом видовом экране плоских изображений. При этом на разрез наносится штриховка (по образцу ***Angle***); все невидимые линии в каждом видовом экране помещаются на слои с суффиксом ***HID*** (<имя>-***HID***), а видимые – на слои с суффиксом ***VIS***. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку.

1. Меняют шаблон штриховки. Для этого переходят в пространство модели, выделяют видовой экран «разрез», затем щелчком левой клавиши мыши выделяют штриховку и вызывают контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. В контекстном меню выбирают команду ***HATCHEDIT*** (Редактирование штриховки) и в раскрывшемся диалоговом окне выбирают шаблон штриховки ***ANSI31***.
2. Удаляют невидимые линии на всех проекциях, кроме вида спереди. Для этого «замораживают» соответствующие слои.
3. В пространстве листа наносят оси симметрии.
4. Удаляют рамки видовых экранов, для чего «замораживают» слой ***VPORTS***.
5. На слоях ***VIS*** устанавливают толщину 0,3 мм.
6. В пространстве модели «размораживают и устанавливают текущим слой видового экрана, содержащего вид спереди, с суффиксом DIM, и проставляют необходимые размеры.
7. В пространстве листа заполняют основную надпись. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 170.

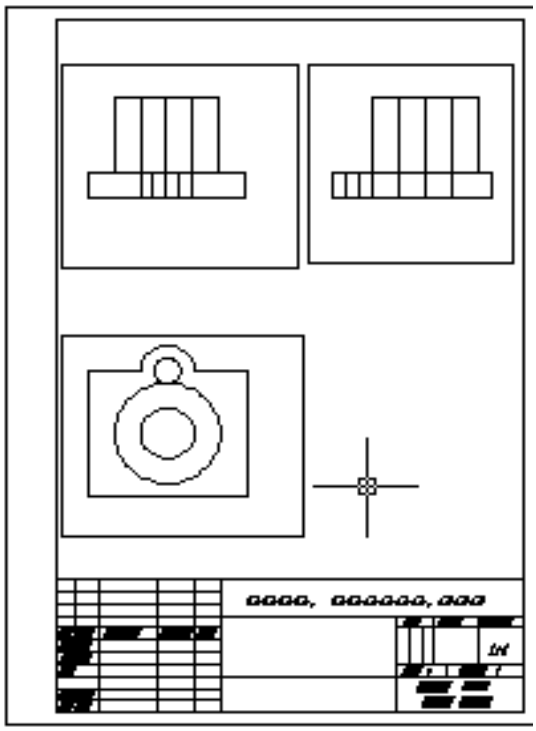


Рис. 169.

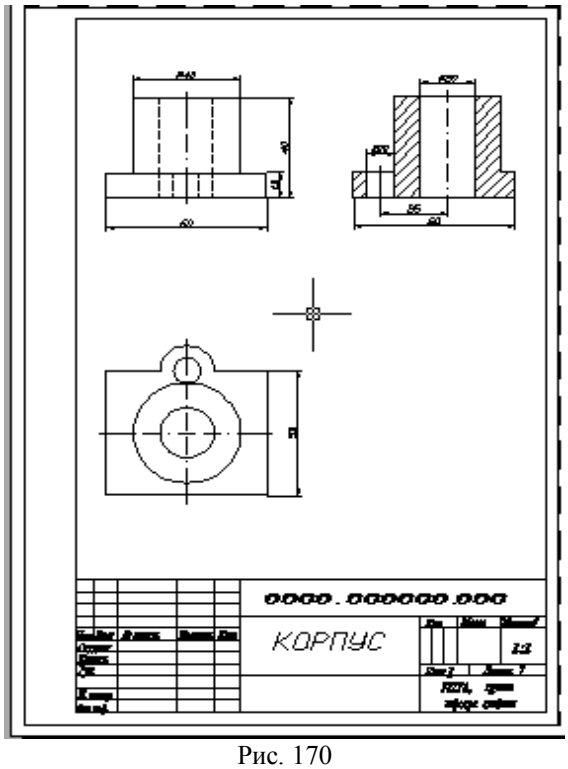


Рис. 170

16. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В процессе создания трёхмерной модели какого-либо изделия пользователь имеет дело с *каркасным* представлением модели. Все грани моделируемого объекта прозрачны, а потому на экране отображаются как видимые, так и невидимые ребра и изолинии криволинейных поверхностей. Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя разнообразные средства, позволяющие получить изображение трёхмерного объекта, близкое к ре-

альному. По степени сложности выполняемого преобразования и соответственно по качеству результата получаемые с помощью этих средств представления объекта на экране можно разделить на три группы:

- изображения со *скрытием невидимых линий и поверхностей* (***HIDE***);
- раскрашенные изображения *с нанесением теней* (***SHADE***);
- тонированные изображения с учетом характеристик материала, из которого «создан» объект, характеристик источников освещения и их расположения (***RENDER***).

16.1. УДАЛЕНИЕ НЕВИДИМЫХ ЛИНИЙ



Сложные трёхмерные объекты часто оказываются перегруженными множеством линий, что затрудняет чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) позволяет подавить скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Hide*** (Скрыть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть) плавающей панели инструментов ***RENDER*** (ТОНИРОВАТЬ).

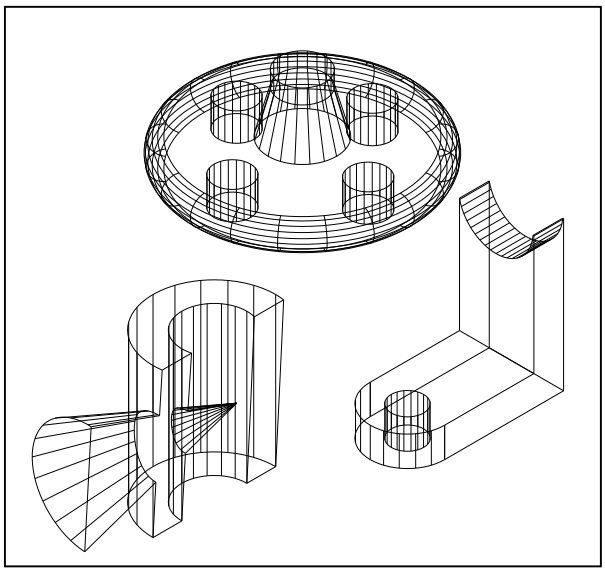
Выполнить упражнение № 134.

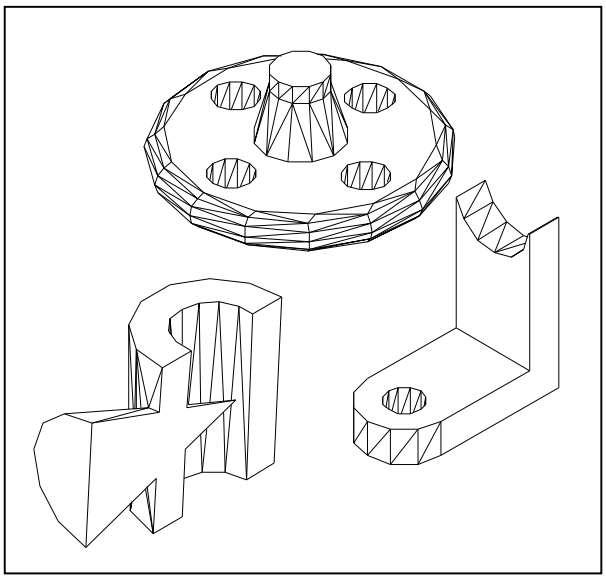
Удалить невидимые линии ***№ 134***



HIDE

Падающее меню ***VIEW → HIDE***





16.2. РАСКРАШИВАНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Раскрашивание – это упрощённая версия тонирования в ***AutoCAD***. Раскрашивание используется, когда необходимо быстро получить наглядное представление модели, особенно включающей пространственные объекты с поверхностями. При этом предусматривается наличие одного источника света, который автоматически размещается позади камеры. Для выполнения раскрашивания выберите в меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Shade*** (Раскрашивание) или введите в командную строку команду ***SHADEMODE***. Ниже перечислены опции этой команды.

- ***2D wireframe*** (2М каркас). Отображение объектов в привычной каркасной модели без всякого раскрашивания;
- ***3D wireframe*** (3М каркас). Отображение объектов в виде каркасной модели, но вместе с трёхмерной пиктограммой ПСК;
- ***Hidden*** (Срыть). Эквивалентна выполнению команды **HIDE**;
- ***Flat Shaded*** (Без тени).Формирование «плоской» без полутонов заливки областей, ограниченных контурами граней. При этом не учитывается ориентация граней, а соответственно и изменение вследствие этого их освещённости;
- ***Gouraud shaded*** (Гуро). Формирование сглаженного полутонового перехода между поразному ориентированными гранями. В результате создаётся реалистичное представление объекта, подчёркивающее его криволинейную пространственную форму;
- ***Flat Shaded, Edges On*** (Без тени с кромками). Комбинация плоской заливки с каркасным представлением ребер. Именно этот вариант рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов;
- ***Gouraud shaded, Edges On*** (Гуро с кромками). Комбинация раскрашивания по методу Гуро с выводом каркасного представления рёбер. Этот вариант также рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов.

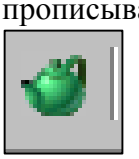
16.3. ТОНИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Панель инструментов RENDER (Тонировать) (рис.171).



Рис. 171.

Плавность тонированных тел с криволинейными поверхностями регулирует системная переменная ***FACETRES***. Она связана с точностью аппроксимации, заданной в команде ***VIEWRES*** (НАСТРВИД). Если значение системной переменной ***FACETRES*** равно 1, степень аппроксимации криволинейных поверхностей тел равна степени аппроксимации окружностей, дуг и эллипсов. Если этой переменной присвоить значение 2, точность аппроксимации для тел будет вдвое выше, чем для окружностей, дуг и эллипсов и т. д. Значение ***FACETRES*** по умолчанию равно 0.5. Диапазон допустимых значений – от 0.01 до 10. Для изменения значения ***FACETRES*** в командной строке прописывается слово ***FACETRES***↵ / прописывается числовое значение от 0.01 до 10.



Диалоговое окно ***RENDER*** (Тонировать) загружается командой ***RENDER*** (Тонировать), которая вызывается из падающего меню Падающее меню ***View*** (Вид)⇒ ***Render…*** (Тонировать…) ⇒ ***Render*** (Тонировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов.

Вывод тонированного изображения определяется в области ***Destination*** (Место назначения), для чего нужно выбрать одно из трёх значений раскрывающегося списка:

- ***Viewport*** (Видовой экран) – вывод изображения в видовой экран;
- ***Render Window*** (Окно) – отдельное окно ***Render***;
- ***File*** (Файл) – в файл.

Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя три вида тонирования:

- ***Render*** (Упрощенное) - тонирование без добавления источников света, присвоения материалов и определения сцен. Данный режим предоставляет наименьшие возможности на-

стройки и моделирования различных эффектов визуализации, но позволяет быстрее всего получить результаты;

- ***Photo Real*** (Фотореалистичное) – более реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также моделировать различные эффекты при отображении теней;
- ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) – ещё более реалистичное тонирование, основанное на алгоритме обратной трассировки световых лучей для регенерации отражения, преломления и точного определения освещённости.

Загрузка системы тонирования происходит автоматически при первом запуске команды тонирования: ***RENDER*** (Тонировать), ***SCENE*** (СЦЕНА), ***LIGHT*** (СВЕТ), ***RMAT*** (МАТЕРИАЛ), ***MATLIB*** (Библиотека Материалов), ***BACKGROUND*** (ФОН) и др.

Выполнить упражнение № 135.

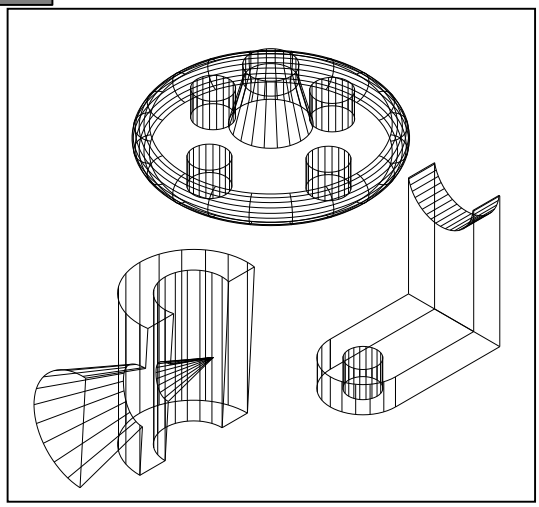
Тонировать объекты ***№ 135***

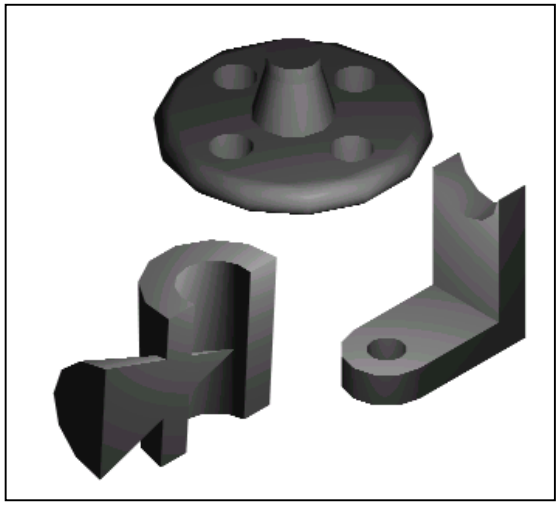


RENDER

Падающее меню ***VIEW → RENDER → RENDER***

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.4. ВКЛЮЧЕНИЕ ФОНА В ИЗОБРАЖЕНИЕ СЦЕНЫ

В ***AutoCAD*** имеется несколько функций для добавления фона в создаваемую сцену. В качестве фона можно выбрать изображение неба, добавить элементы ландшафта и др., вызываемой командой ***BACKGROUND*** (ФОН).



Команда ***BACKGROUND*** (ФОН) загружается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render…***(Тонировать…)⇒***Background*** (Фон) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. Существуют четыре типа фона, которые выбираются соответствующими переключениями:

- ***Solid*** (Сплошной) – сплошной одноцветный фон, выбранный из палитры цветов;
- ***Gradient*** (Переход). Фон содержит до трёх цветов, плавно переходящих друг в друга;
- ***Image*** (Изображение) – фон в виде растровой картинки. Эту картинку можно изменять по размеру и положению, а также можно размножить по прямоугольной сетке, заполняя весь фон;
- ***Merge*** (Слияние). Позволяет использовать в качестве фона текущее изображение на экране ***AutoCAD***. Это имеет смысл в том случае, когда тонирование выполняется только по отношению к части экрана. В результате формируется совмещённое изображение тонированного объекта и нетонированного фона.

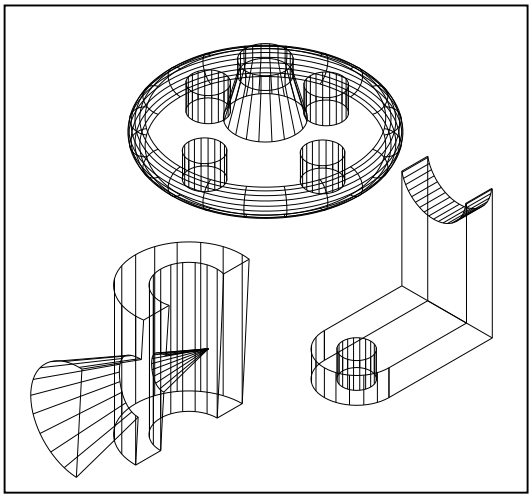
Выполнить упражнение № 136.

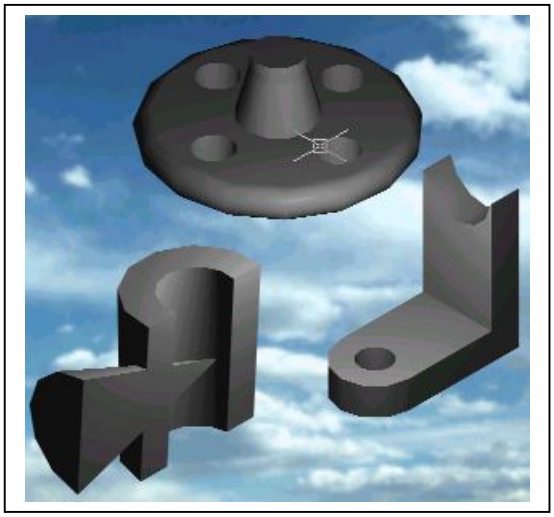
Тонировать объекты с установкой тона ***№ 136***



BACKGROUND

Падающее меню ***VIEW → RENDER → BACKGROUND***
В диалоговом окне BACKGROUND установить режим Image.
В области Image в поле Name ввести имя файла sky.tga
или найти другой файл, нажав кнопку Find File (Найти файл)
В диалоговом окне Render нажать кнопку Render

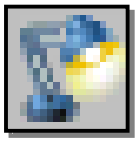




16.5. НАСТРОЙКА ОСВЕЩЕНИЯ

При настройке процесса тонирования по умолчанию ***AutoCAD*** использует один источник света позади камеры. Однако это редко бывает достаточно. В ***AutoCAD*** имеется четыре вида источника света: рассеянный свет (***Ambient light***) и направленные источники света трёх типов:

- ***Point light*** (Точечный источник) – это аналог обычной электрической лампочки. Свет проходит из определённой точки в пространстве модели и распространяется по всем направлениям. Точечный свет рассеивается, то есть его интенсивность уменьшается по мере удаления от источника;
- ***Distance light*** (Удалённый источник) – соответствует солнечному освещению. Источник расположен очень далеко, поэтому световой поток предполагается параллельным, и не учитывается спад интенсивности;
- ***Spotlight*** (Прожектор) – отличается от точечного источника света тем, что создаёт направленный световой поток. Поэтому для прожектора указывается не только его расположение, но и положение целевой точки – два набора координат вместо одного. Кроме того, прожектор имеет более яркий центр вместо одного.



Формирование новых и модификация уже созданных источников света осуществляются командой ***LIGHT*** (СВЕТ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Light*** (Свет) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Lights*** (Источники света) (рис. 172).

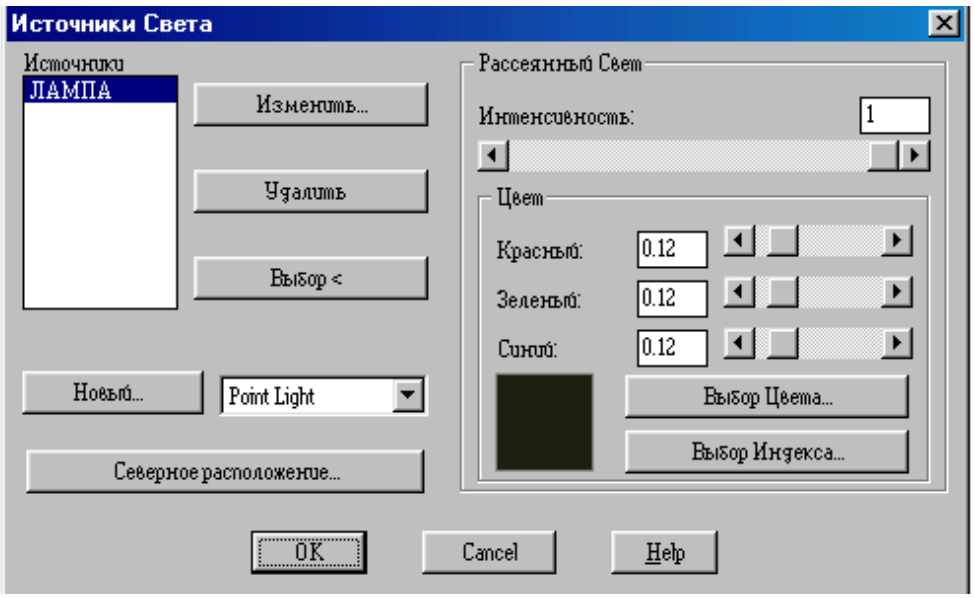


Рис. 172.

Выполнить упражнение № 137.

Создание точечного источника света ***№ 137***



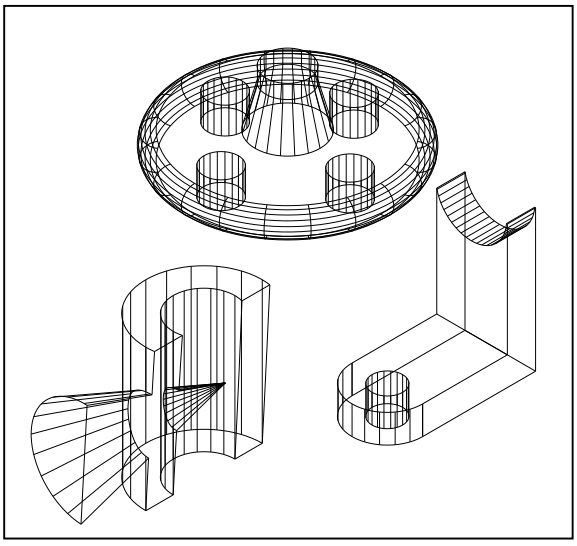
LIGHT Падающее меню ***VIEW → RENDER → LIGHT***

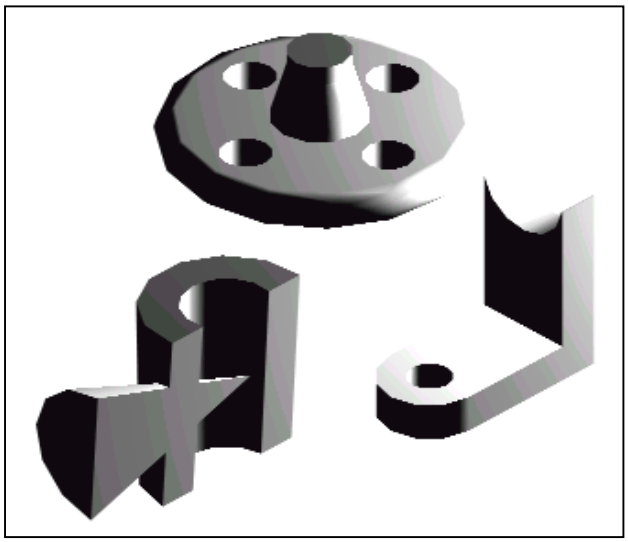
В диалоговом окне Lights (Источники света) выбрать Point Light и нажать кнопку New (Новый).

В поле Name диалогового окна New Point Light ввести имя источника света (можно создать несколько источников) и нажать кнопку Показать/Изменить, ОК (на экране появятся точечные объекты, показывающие нахождение созданных источников света).

Курсором мыши можно изменить местонахождение источников света, ОК

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.6. ТЕНИ

Свет от источников позволяет создавать тень только в режимах визуализации ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) и отключается при тонировании флажком-выключателем ***Shadows*** (С тенями). В режиме ***Render*** (Упрощенное) свет проходит сквозь поверхности, не создавая теней.

Тени бывают трёх типов: объёмные, карты теней и тени трассировки луча. Настройка типа тени осуществляется в диалоговом окне источника света любого типа, например, в диалоговом окне ***New Point Light*** (Новый точечный источник света). Для этого необходимо в области ***Shadows:*** (Тени:) установить флажок ***Shadows On*** (Включить) и щелкнуть по кнопке ***Shadows Options…***(Параметры теней…). В раскрывшемся окне ***Shadows Options…***(Параметры теней…) включенный флажок ***Shadows Volumes/Raytrace*** (Объёмные тени/Тени трассировки луча) устанавливает тени для режима ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и режима ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча).

16.7. РАБОТА С МАТЕРИАЛАМИ

В ***AutoCAD*** под материалами понимаются оптические свойства отдельного объекта модели – цвет, шероховатость, текстура поверхности, способность к поглощению и отражению света.



Команда **RMAT** (Материал) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Materials…***(Материал…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Materials*** (Материалы) (рис. 173).

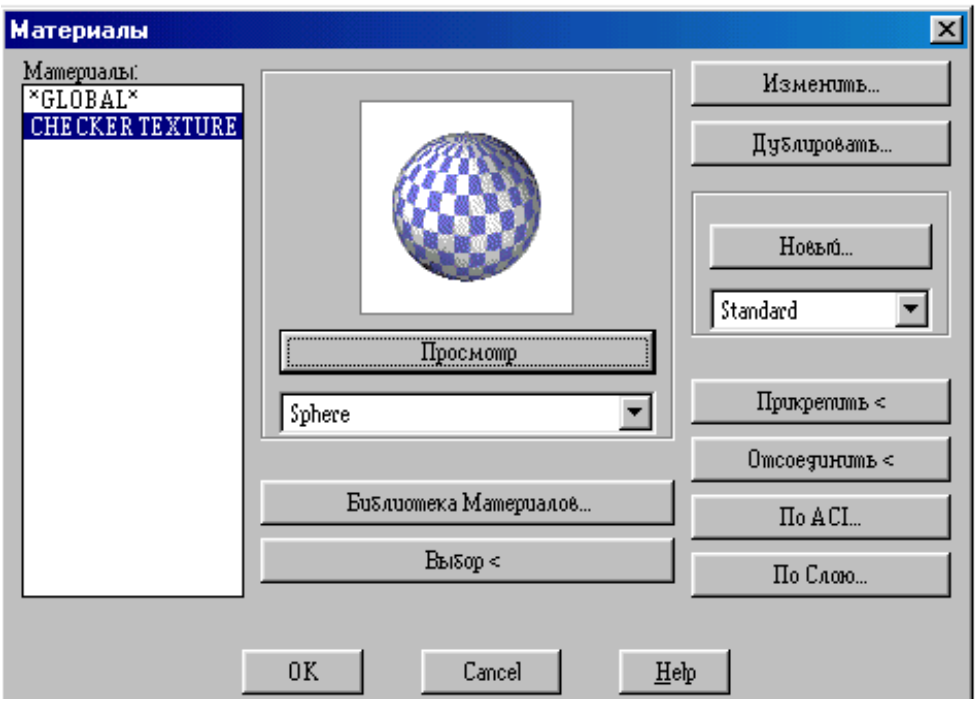


Рис. 173.

Выполнить упражнение № 138.

Тонировать объекты с установкой материала ***№ 138***



RMAT Падающее меню ***VIEW → RENDER → MATERIALS***

В диалоговом окне MATERIALS (Материалы) выбрать кнопку Materials Library (Библиотека материалов).

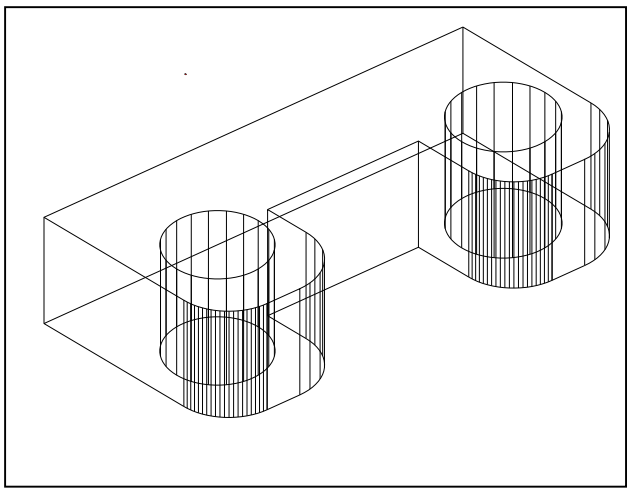
В диалоговом окне Materials Library (Библиотека материалов) в области Current Library (Текущая библиотека) подобрать материал:CHECER TEXTURE, просматривая его в окне Preview.

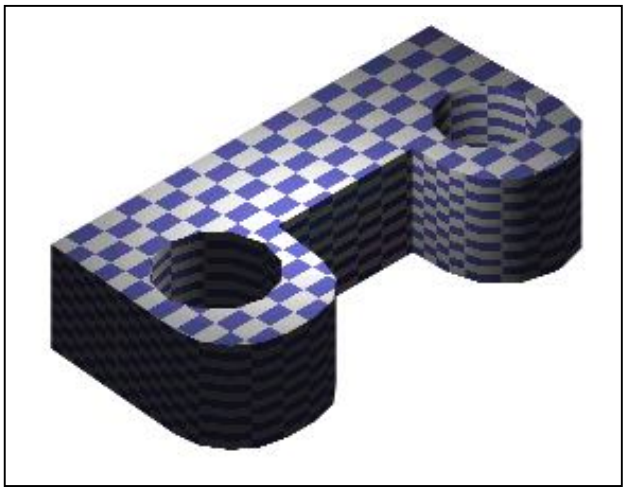
Импортировать материал в область Current Drawing (Текущий рисунок), нажав кнопку <-Import.

В диалоговом окне MATERIALS выбрать кнопку Attach< (Присвоить).

Выбрать объект.

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить твердотельную модель заданной детали (прил. 5).

2. Построить твердотельную модель заданной детали, согласно своему варианту (прил. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерная графика – дисциплина, обучающая методам изображения предметов и общим правилам черчения с применением компьютерных технологий.

Скорость, точность и легкость, с которыми создаются модели проектируемых изделий, широкие возможности их преобразования и редактирования, различные способы получения плоских изображений этих изделий (видов, разрезов, сечений), ассоциативно связанных с моделями, - все это обеспечивает огромную экономию времени по сравнению с «ручным» черчением. Но при этом не следует забывать о законах формирования геометрических моделей, теория которых излагается в начертательной геометрии.

Многообразие систем информационных технологий требует от специалиста умения применять свои знания при решении конкретной задачи, компонентами которых являются: умение осознать, формулировать и творчески решать задачи; умение ориентироваться в многообразии программных продуктов, существующих на сегодняшний день; чётко представлять возможности и характеристики того или иного пакета прикладных программ; умение выбрать наиболее оптимальный путь из предложенных для решения конкретной задачи; умение быстро перестраиваться при смене программного обеспечения.

Как показывает анализ действий специалистов на предприятиях различного профиля, можно быть прекрасным программистом, владеющим средствами вычислительной техники и совершенно не представляющим, как формируется модель изделия. И наоборот, можно быть специалистом в своей предметной области и не учитывать специфических особенностей использования вычислительной техники и программных средств.

Однако геометрическая теория моделирования позволяет объединить знания для раскрытия возможностей применения определённых алгоритмов и взаимодействия их с различными пакетами прикладных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы сечения. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

Романычева Э. Т., Соколова Т. Ю. Компьютерная технология инженерной графики в среде AutoCAD 2000: Учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2001. 656 с.

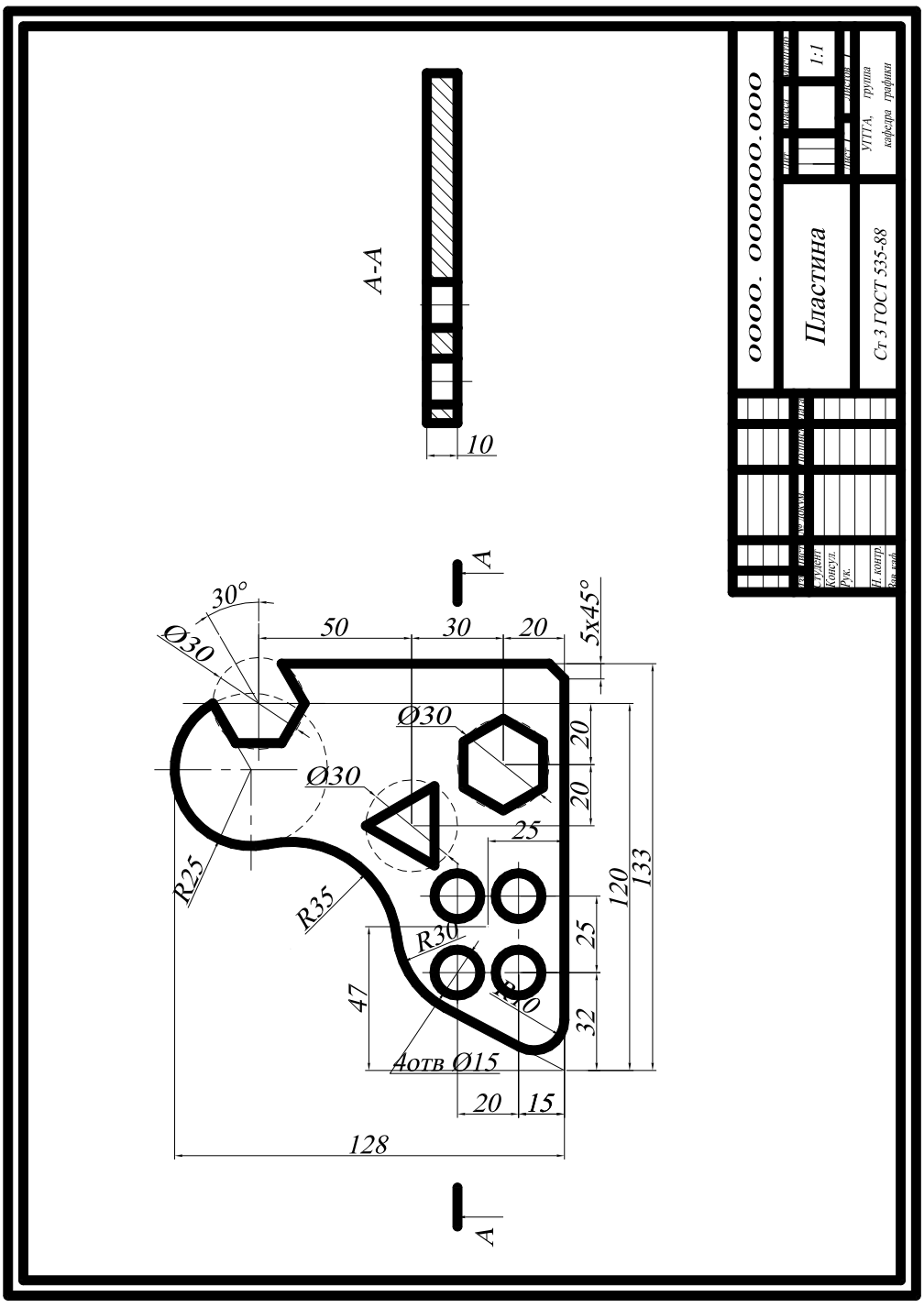
Шангина Е.И. Инженерная графика. Теория и приложения: Учебно-методическое пособие (допущено УМО РФ в области горного дела). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 256 с., ил.

Федоренков А. П., Басов К. А., Кимаев А. М. AutoCAD 2000: Практический курс. М.: Издательство «ДЕСС», 2000. 528 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

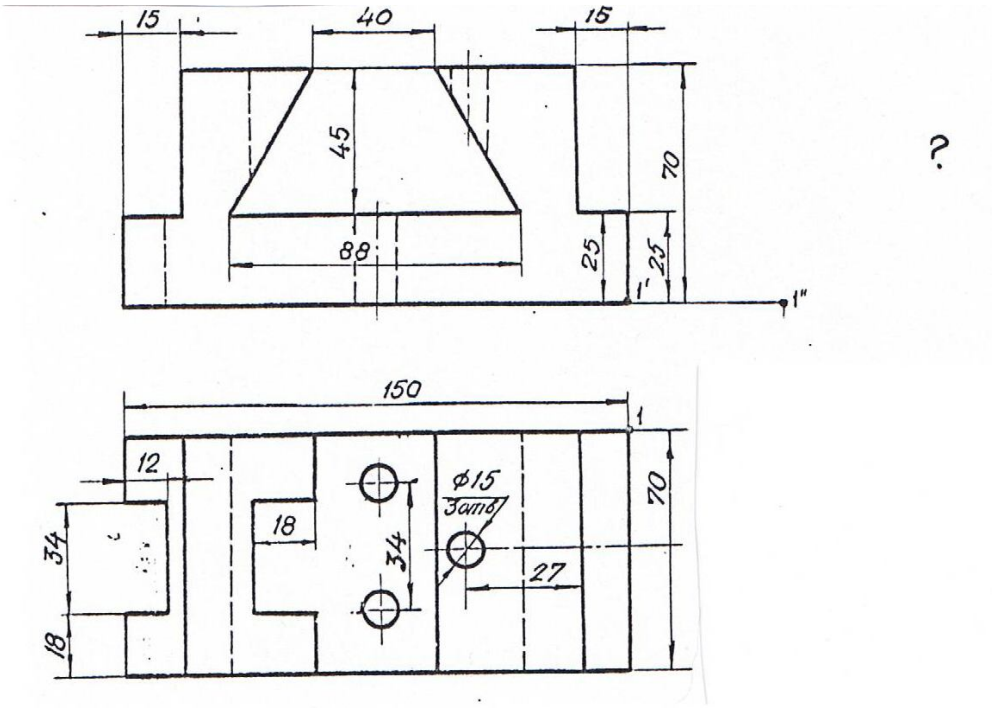
Приложение 1

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

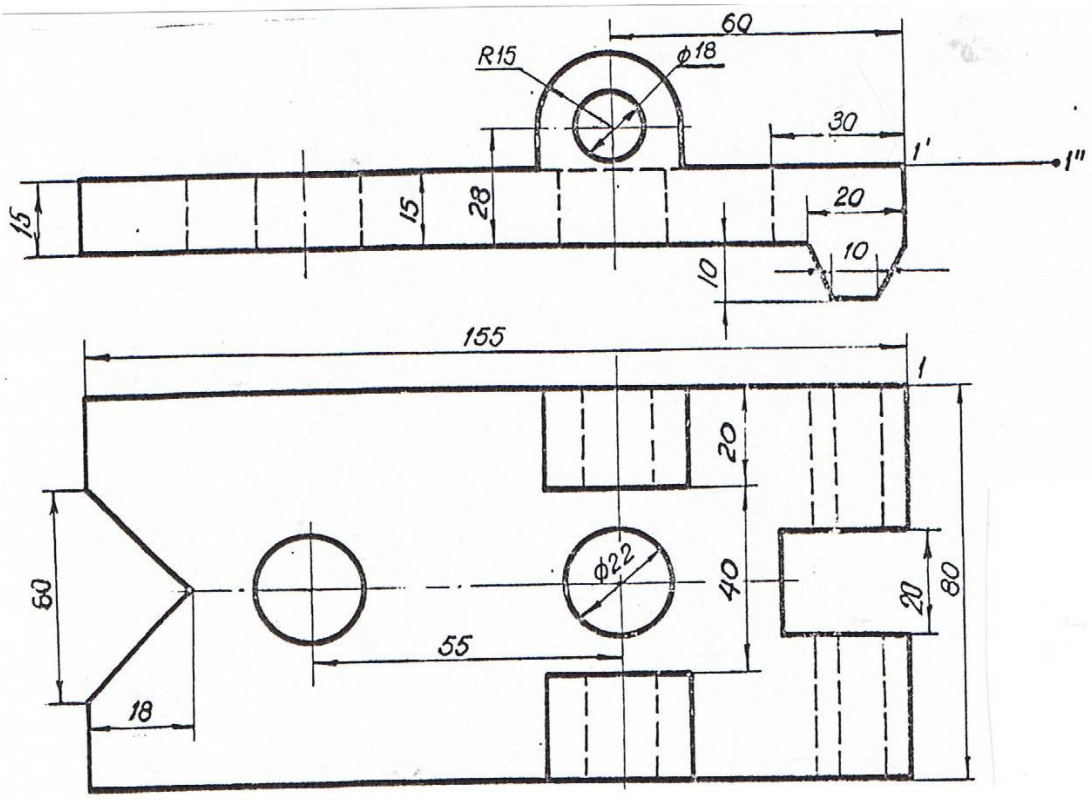


Приложение 2

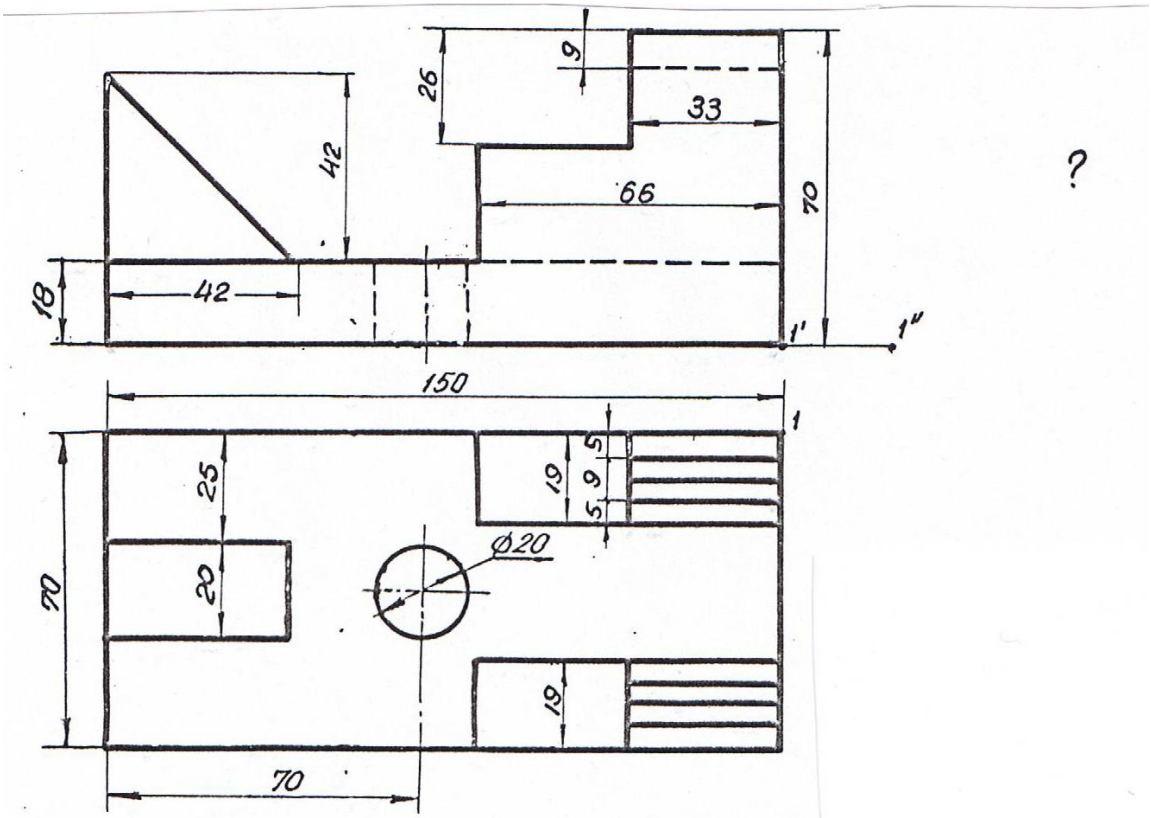
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1



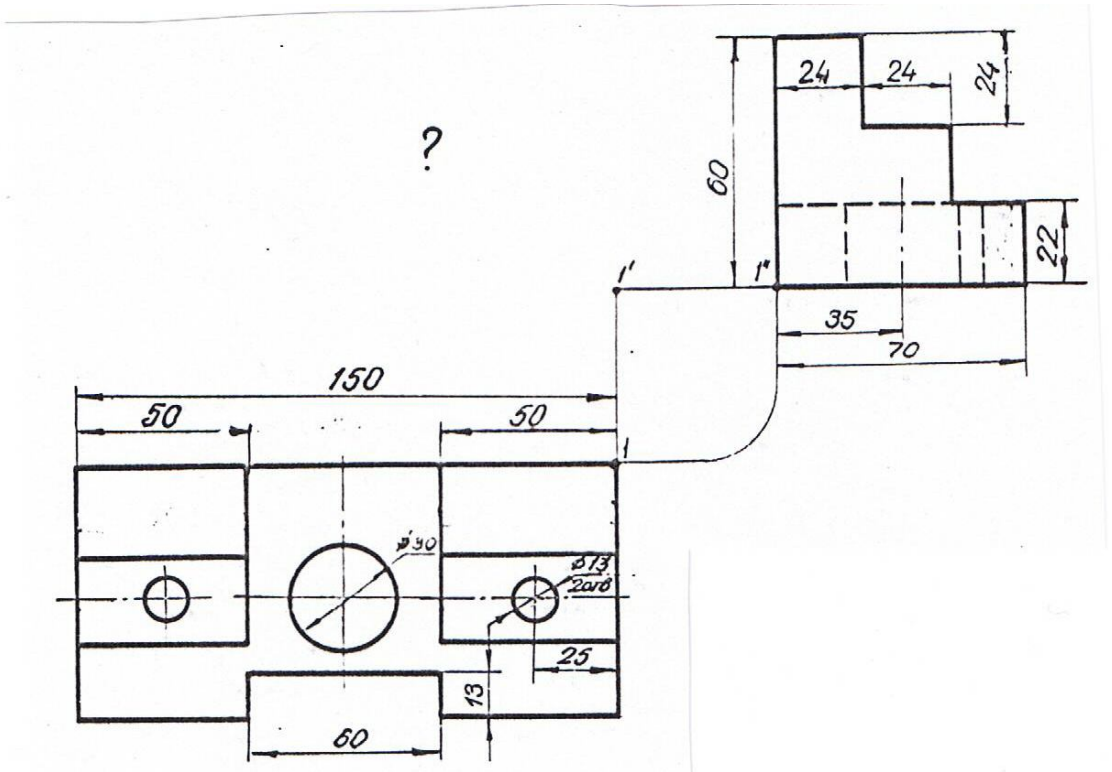
Вариант 1. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и половину профильного разреза.



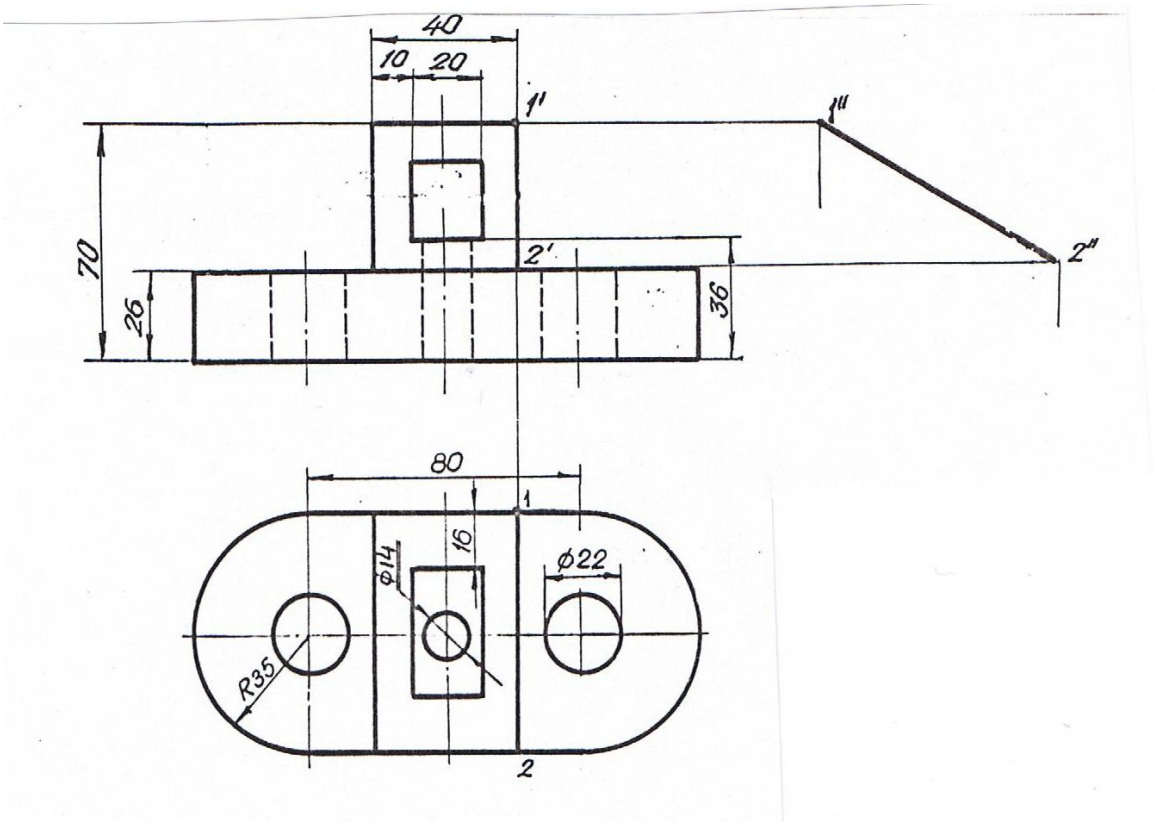
Вариант 2. Вычертить накладку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



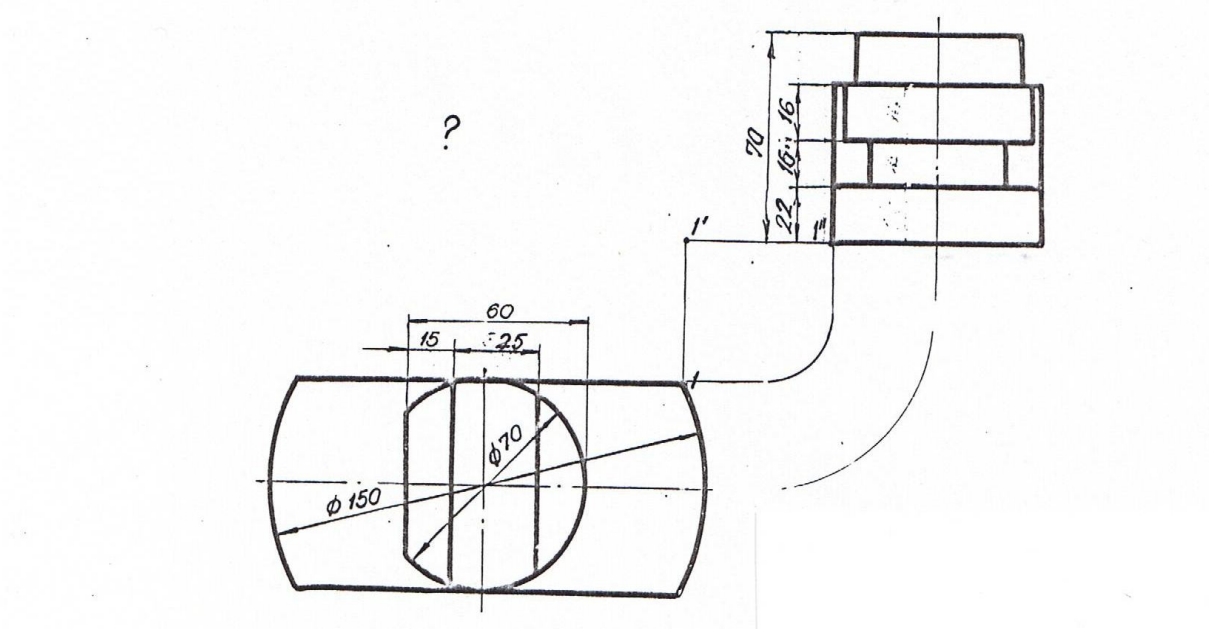
Вариант 3. Вычертить ограничитель в масштабе 1:1 и достроить вид слева. Выполнить половину профильного разреза



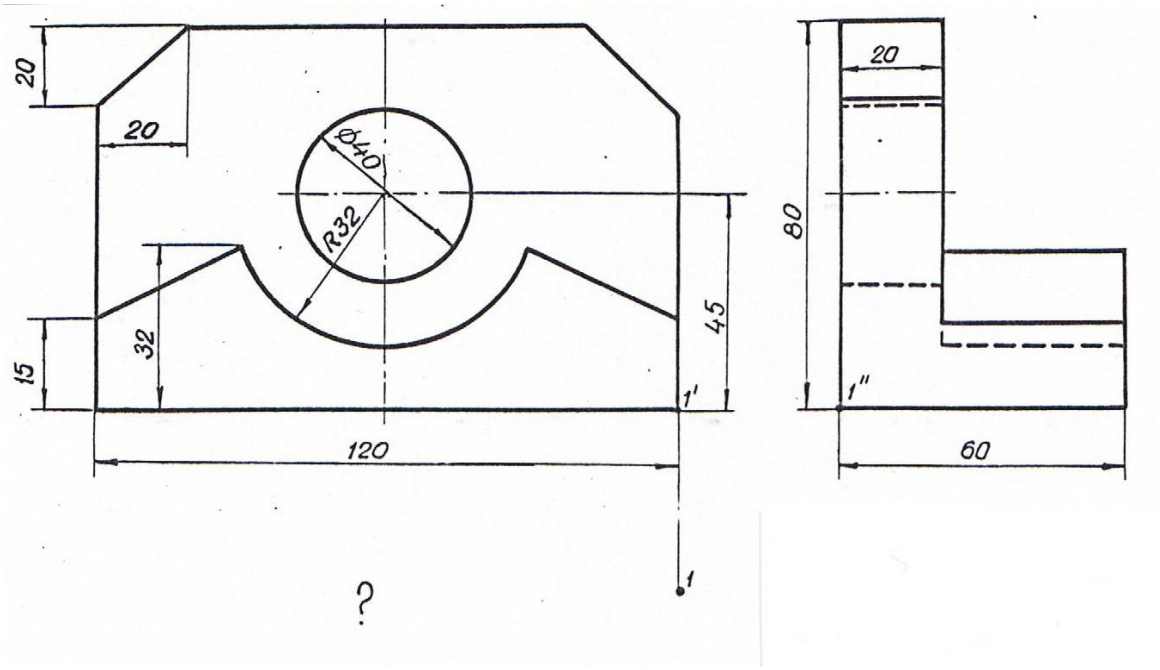
Вариант 4. Вычертить подкладку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и профильный разрезы.



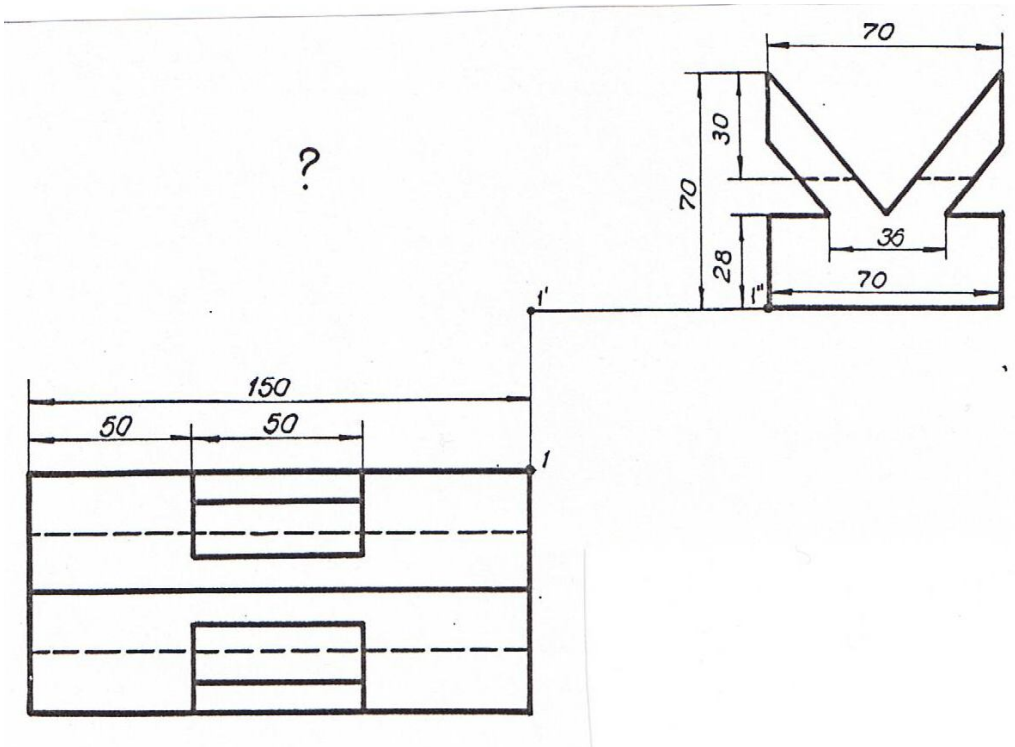
Вариант 5. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



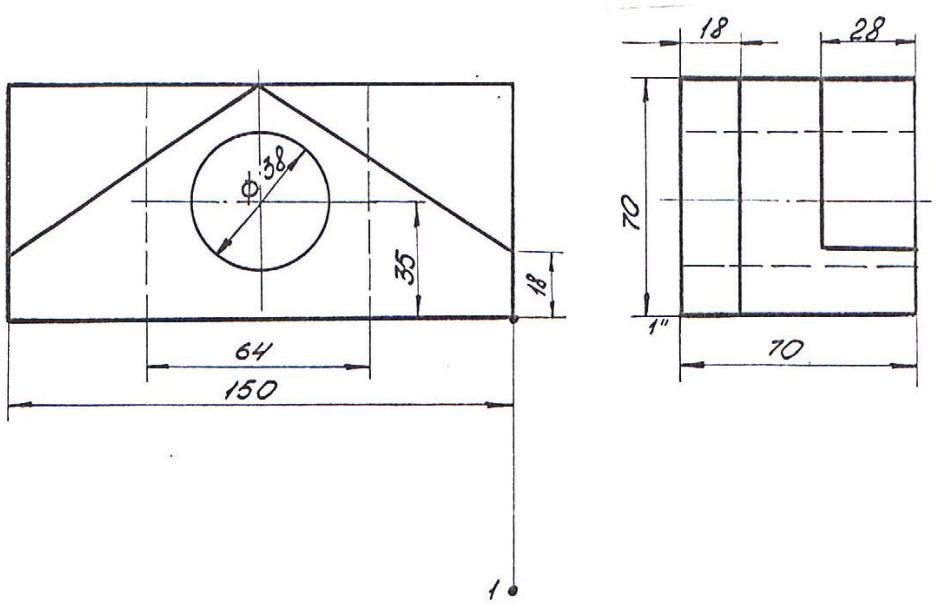
Вариант 6. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.



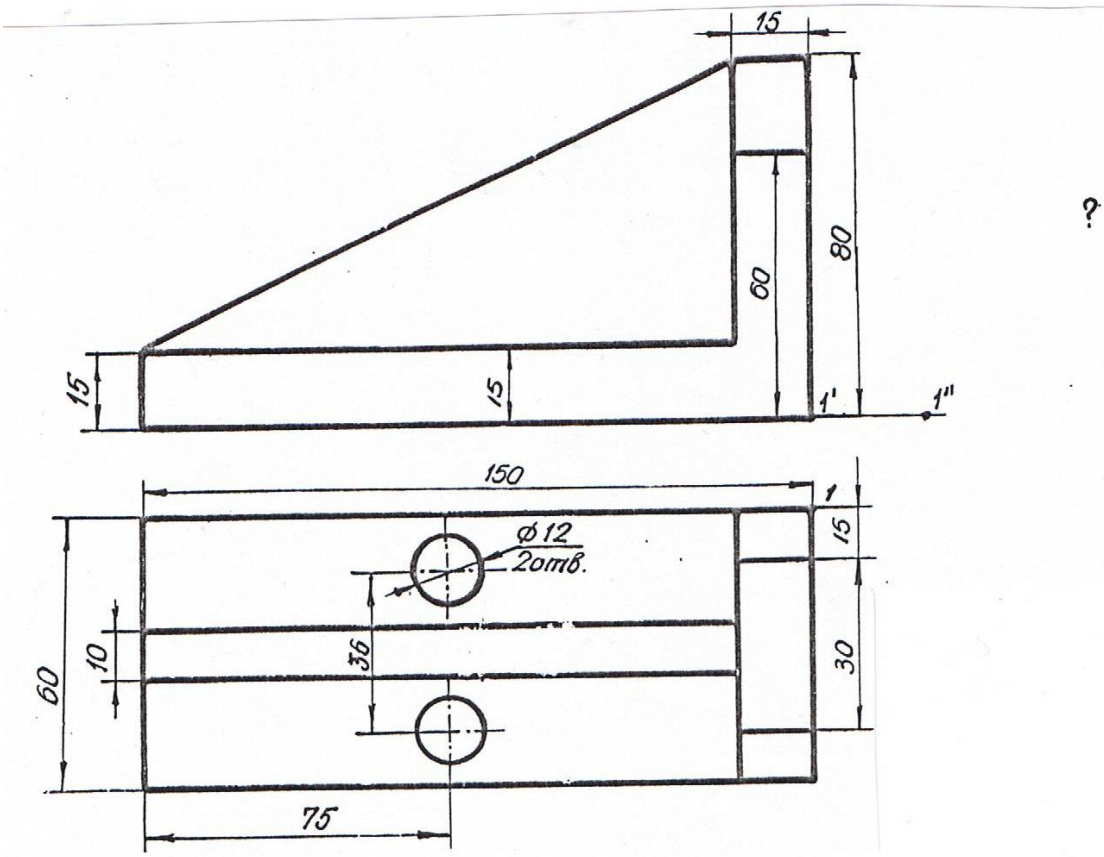
Вариант 7. Вычертить кулачок в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.



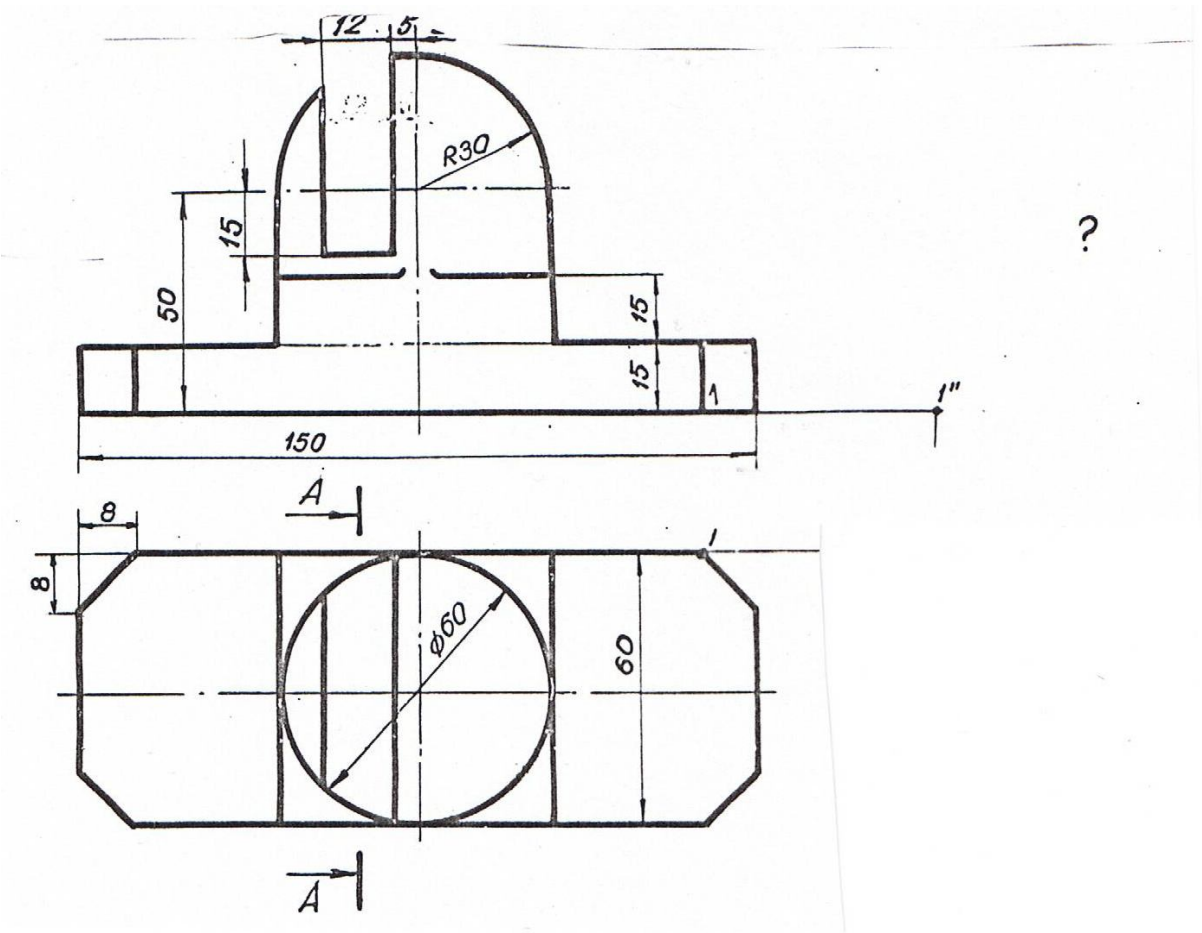
Вариант 8. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить главный вид.



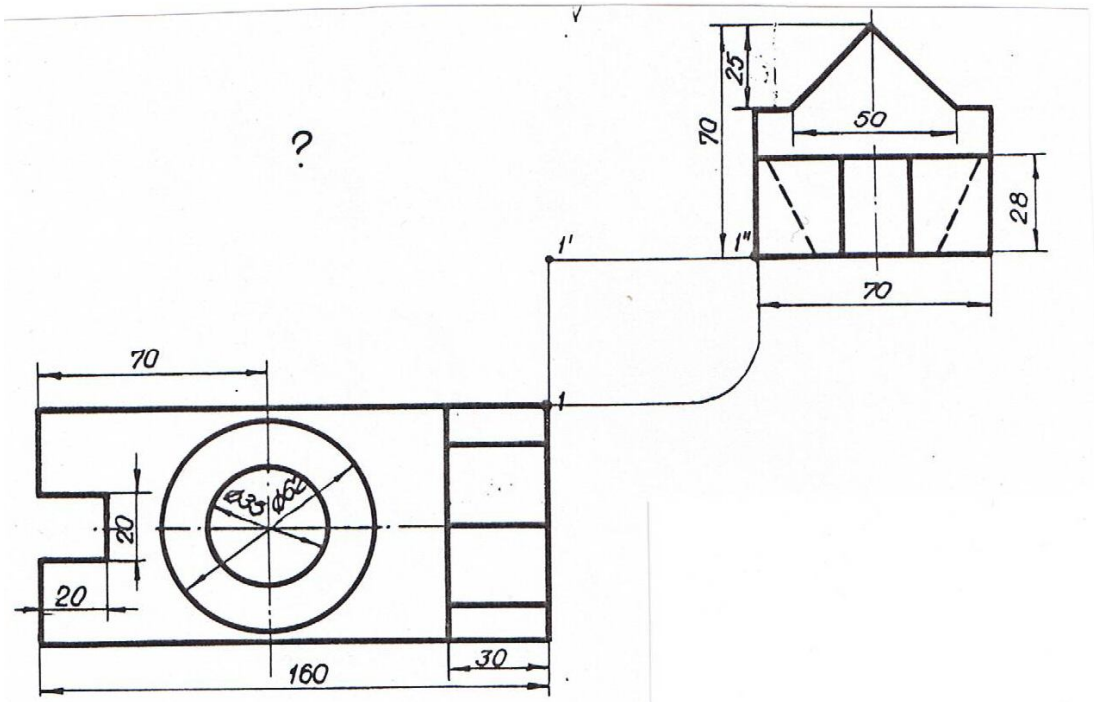
Вариант 9. Вычертить вкладыш в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Выполнить горизонтальный разрез.



Вариант 10. Вычертить угольник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез.



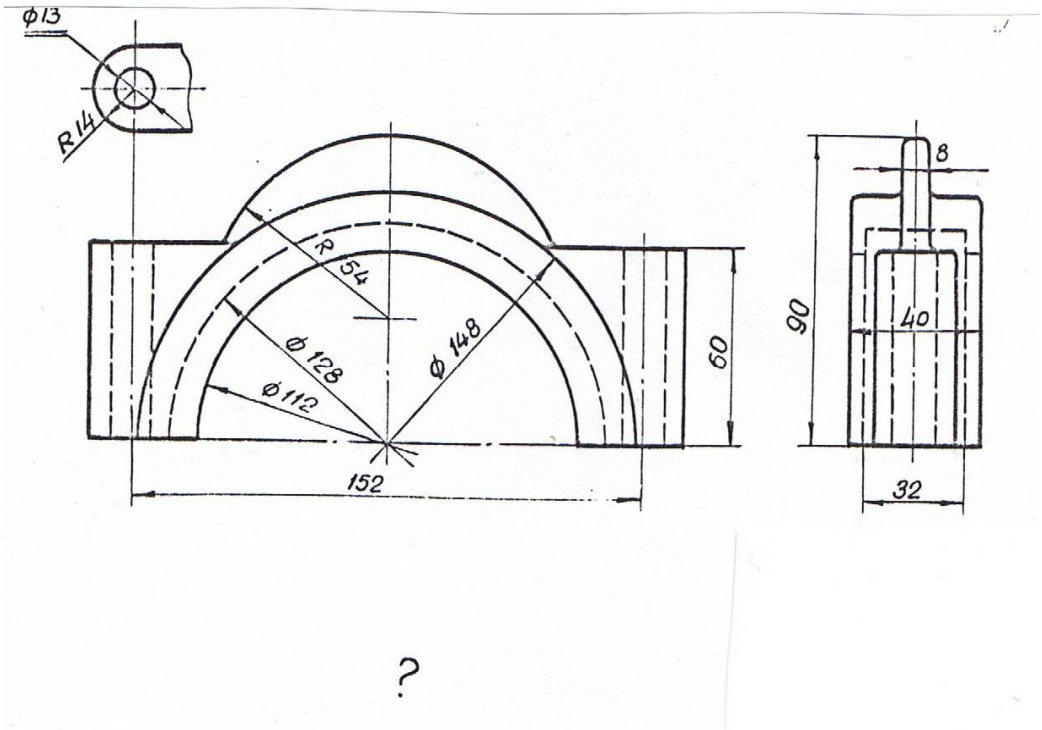
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить половину разреза А-А.



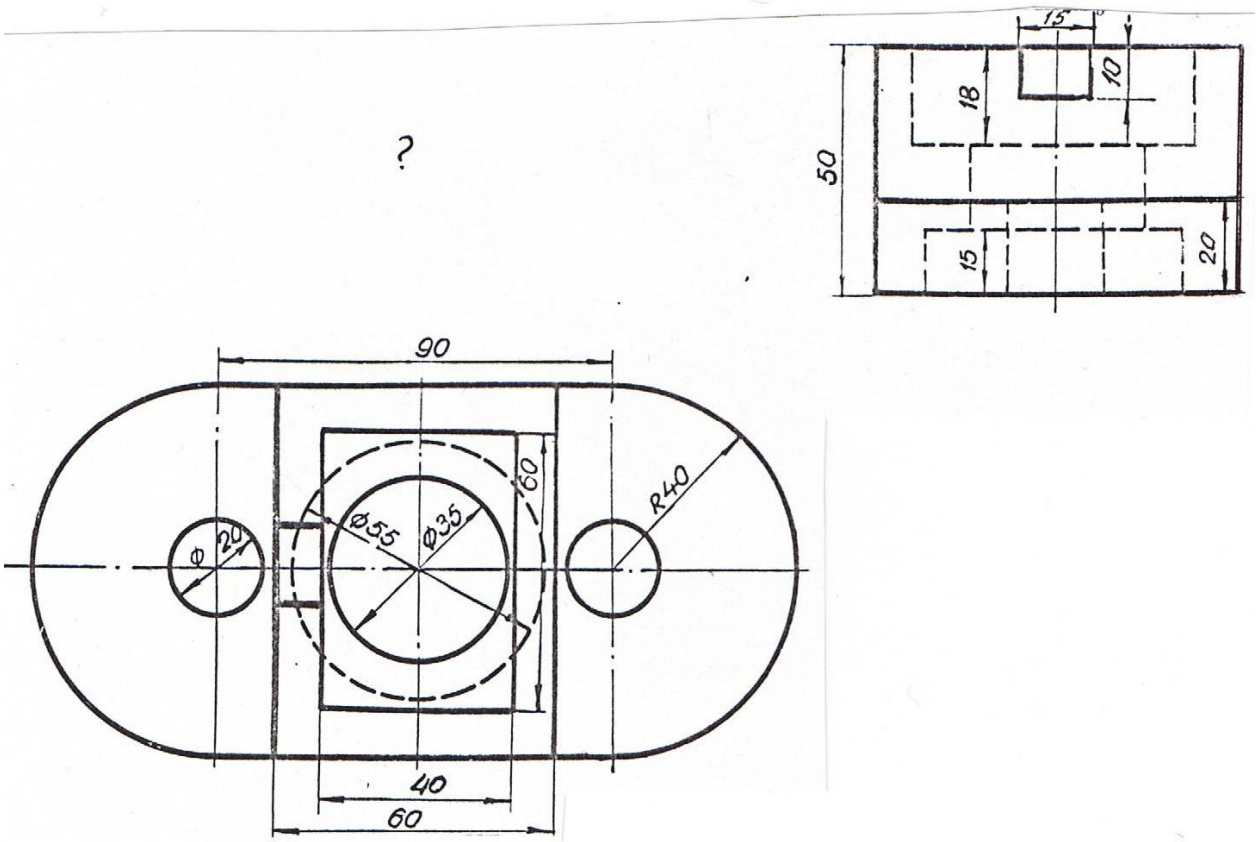
Вариант 12. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину профильного разреза.

Приложение 3

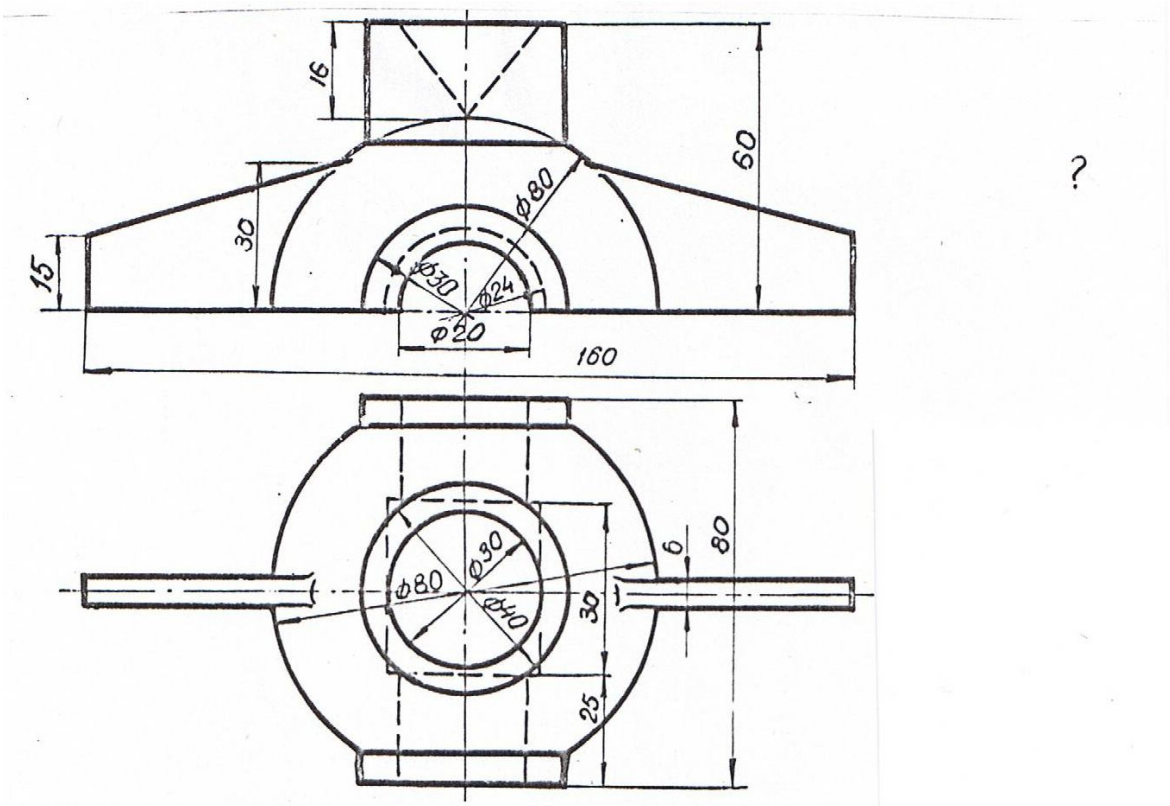
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2



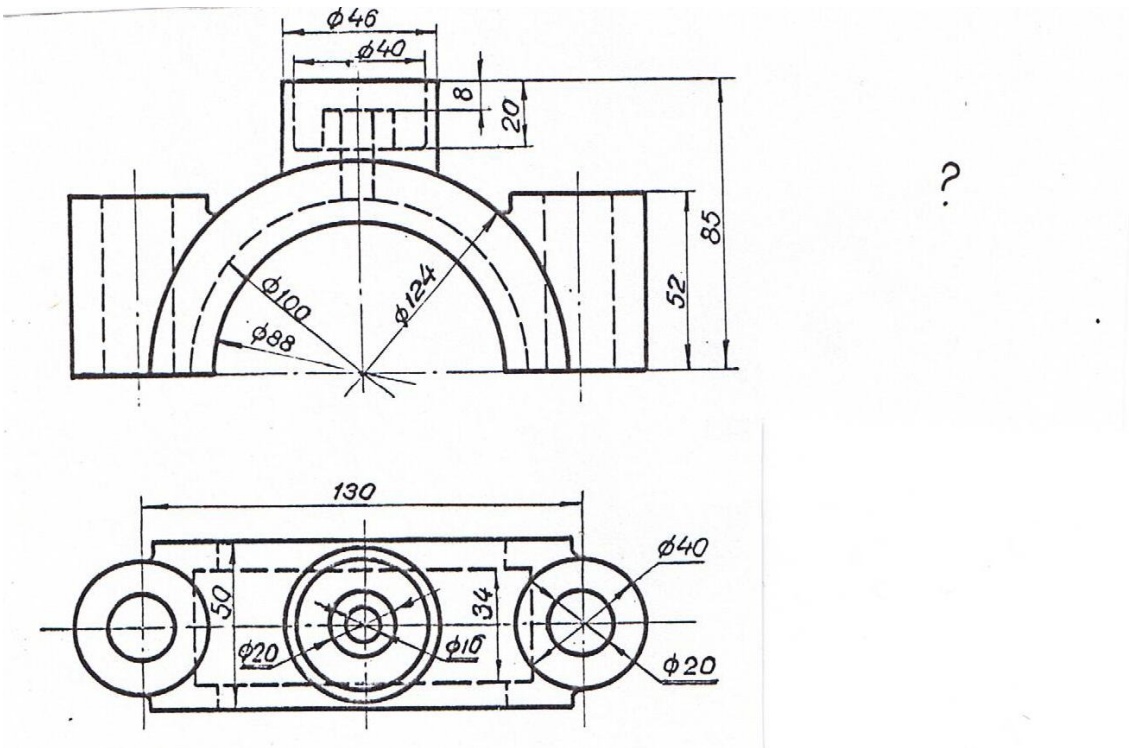
Вариант 1. Вычертить корпус бугеля в масштабе 1:1, достроить вид сверху, сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



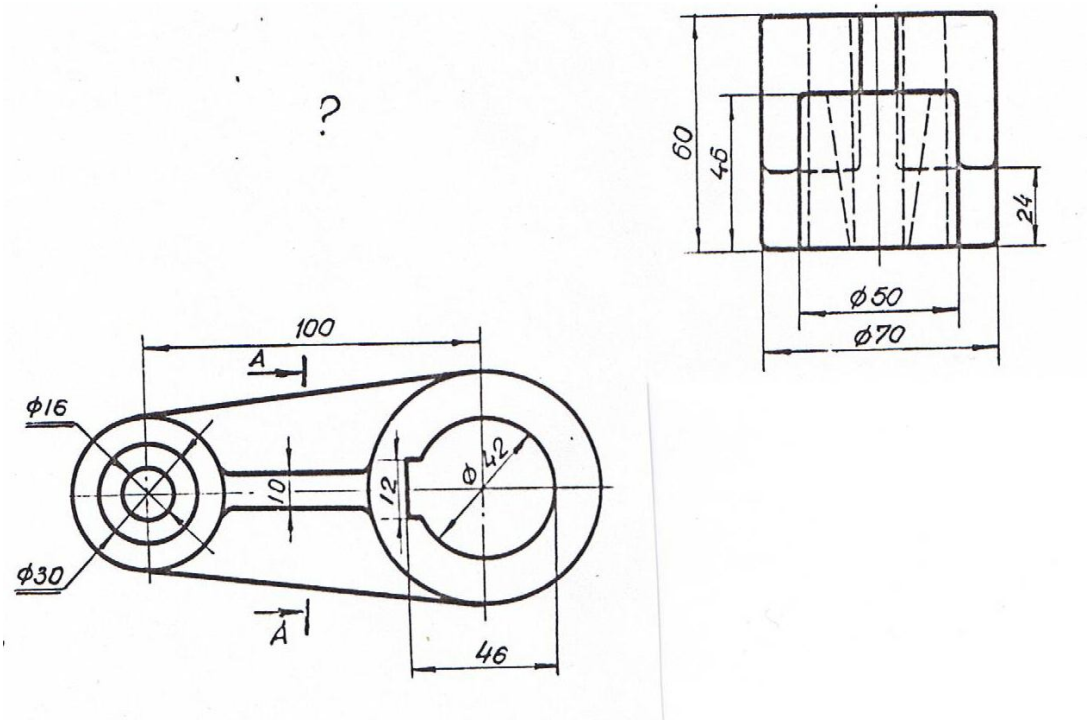
Вариант 2. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и половину профильного разрезов.



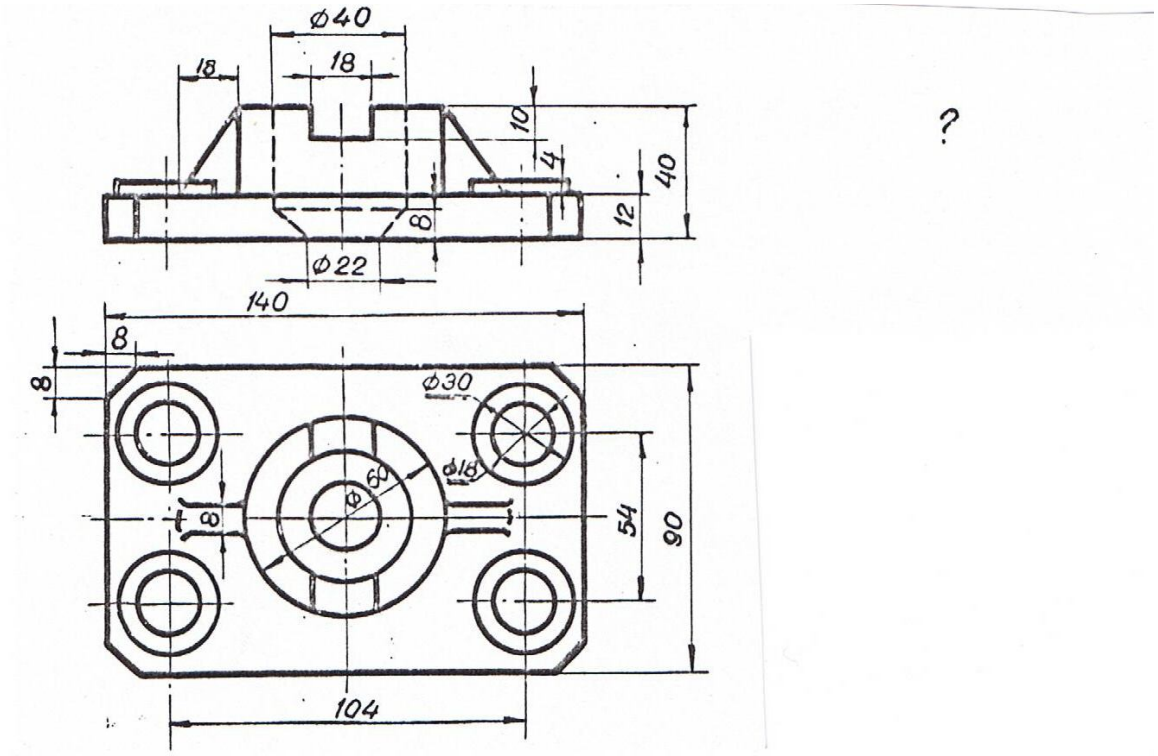
Вариант 3. Вычертить крышку в масштабе 1:1, достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



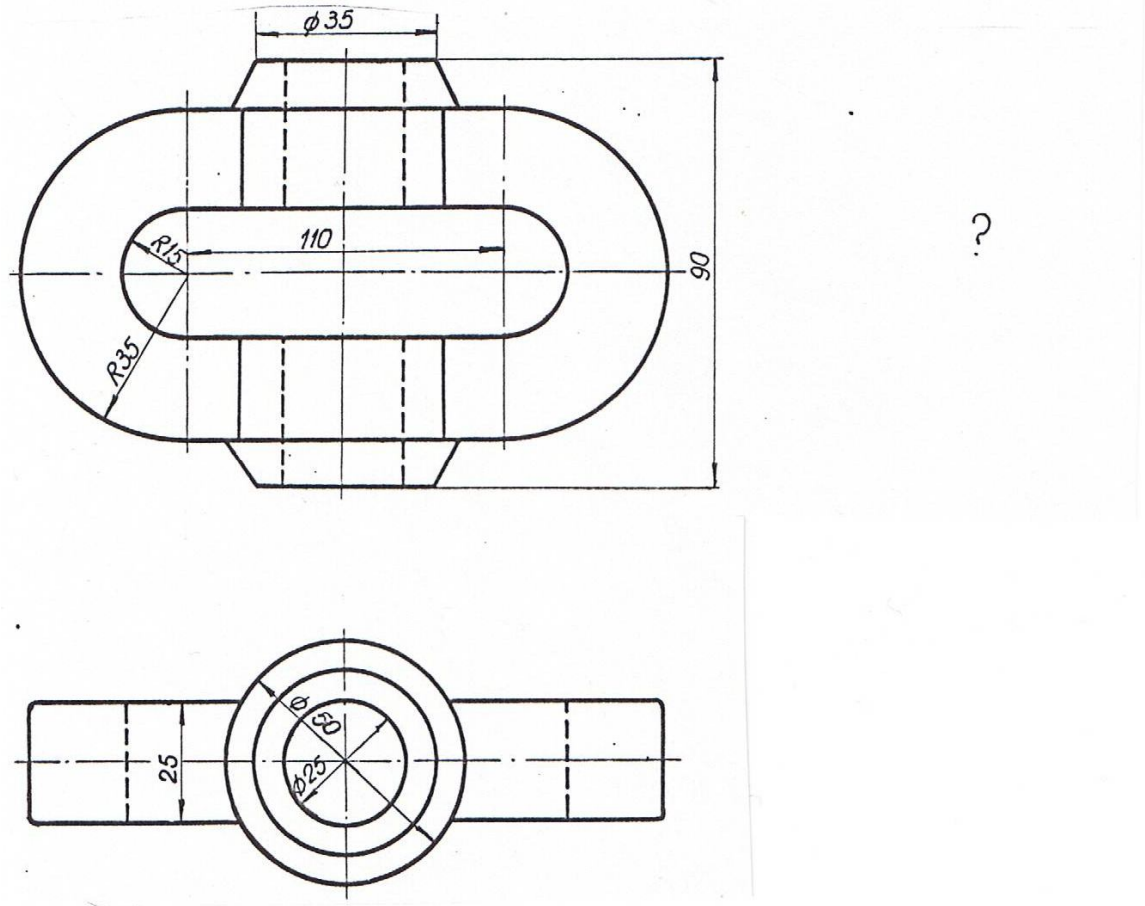
Вариант 4.Вычертить крышку подшипника в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



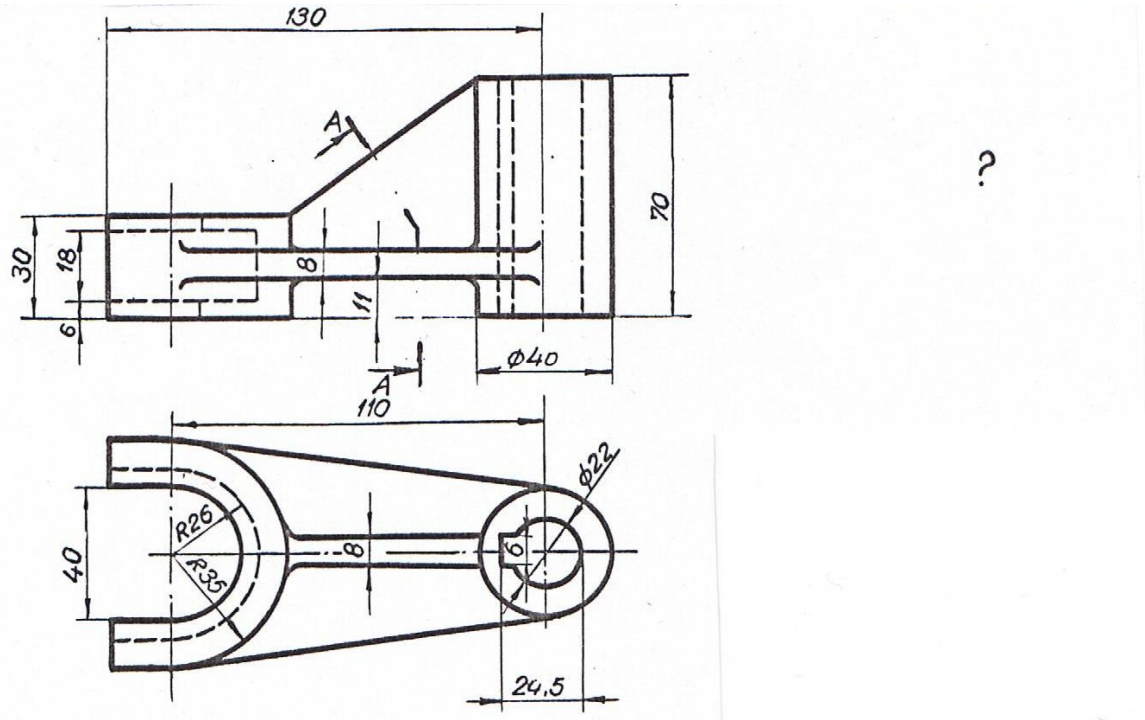
Вариант 5. Вычертить шатун в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



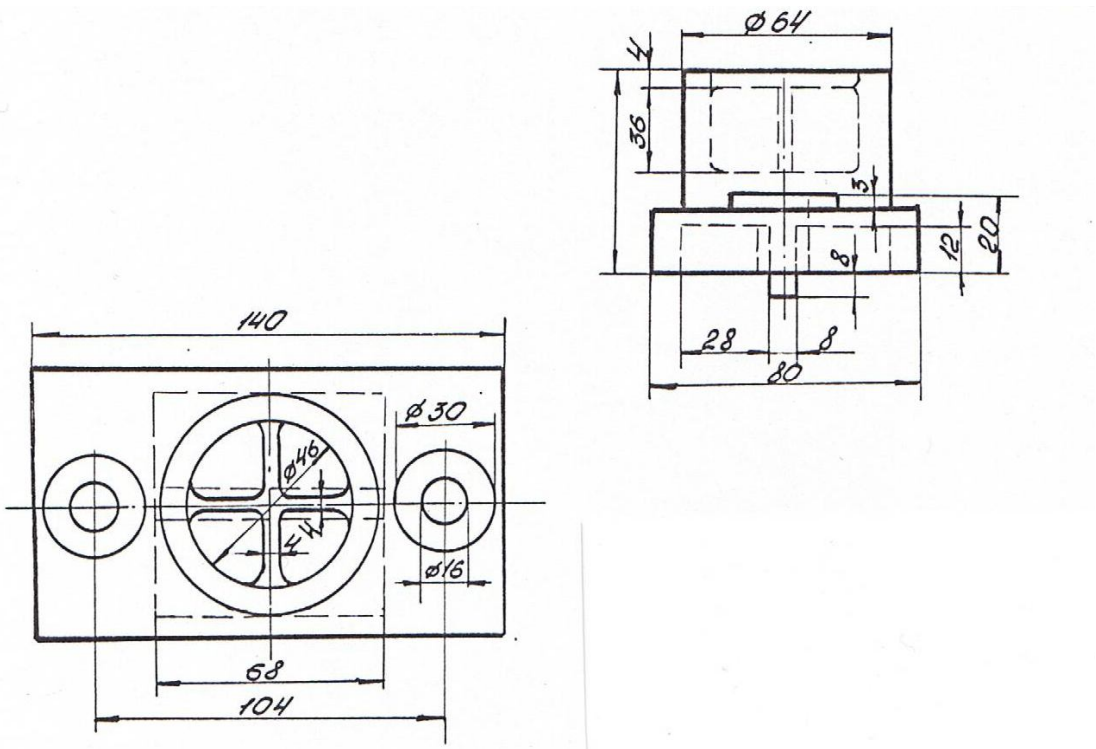
Вариант 6. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать ступенчатый фронтальный разрез и половину профильного разреза.



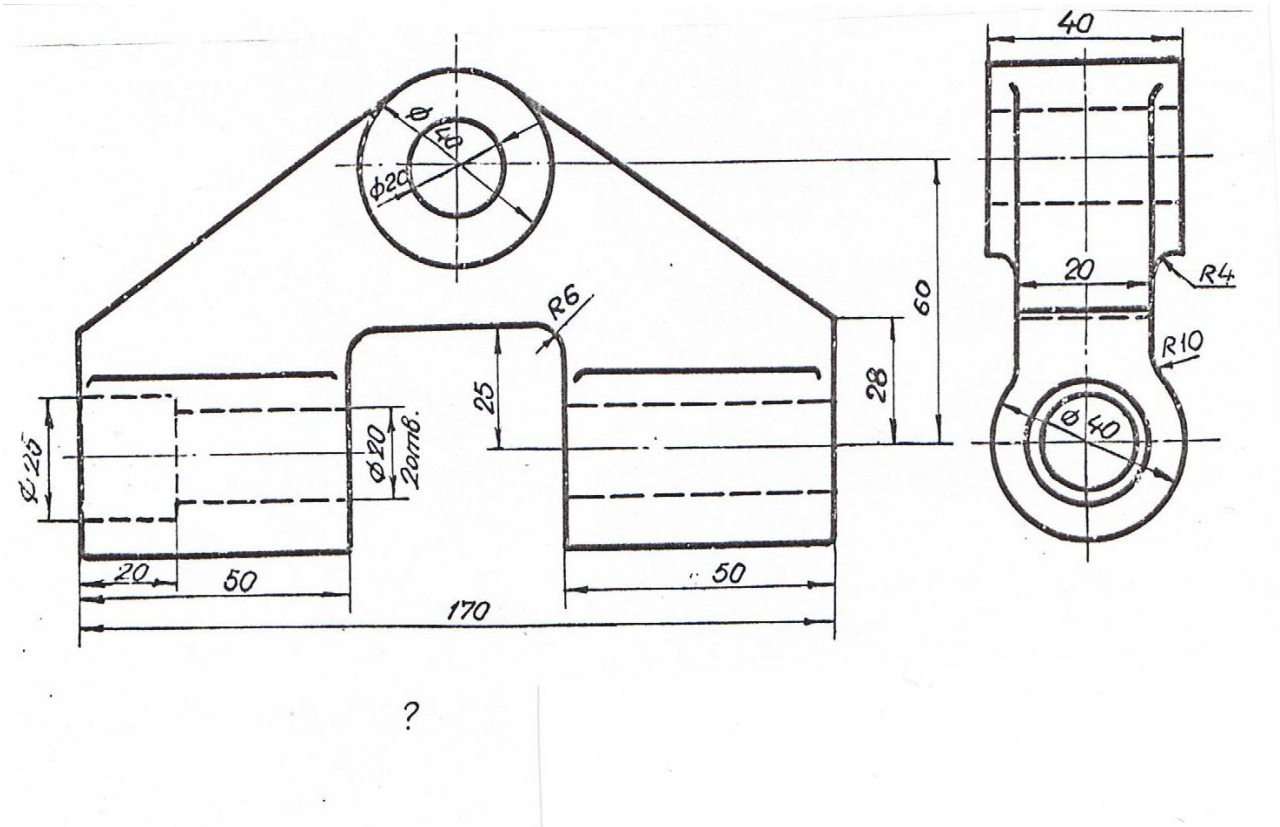
Вариант 7. Вычертить петлю в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину профильного и половину горизонтального разрезов.



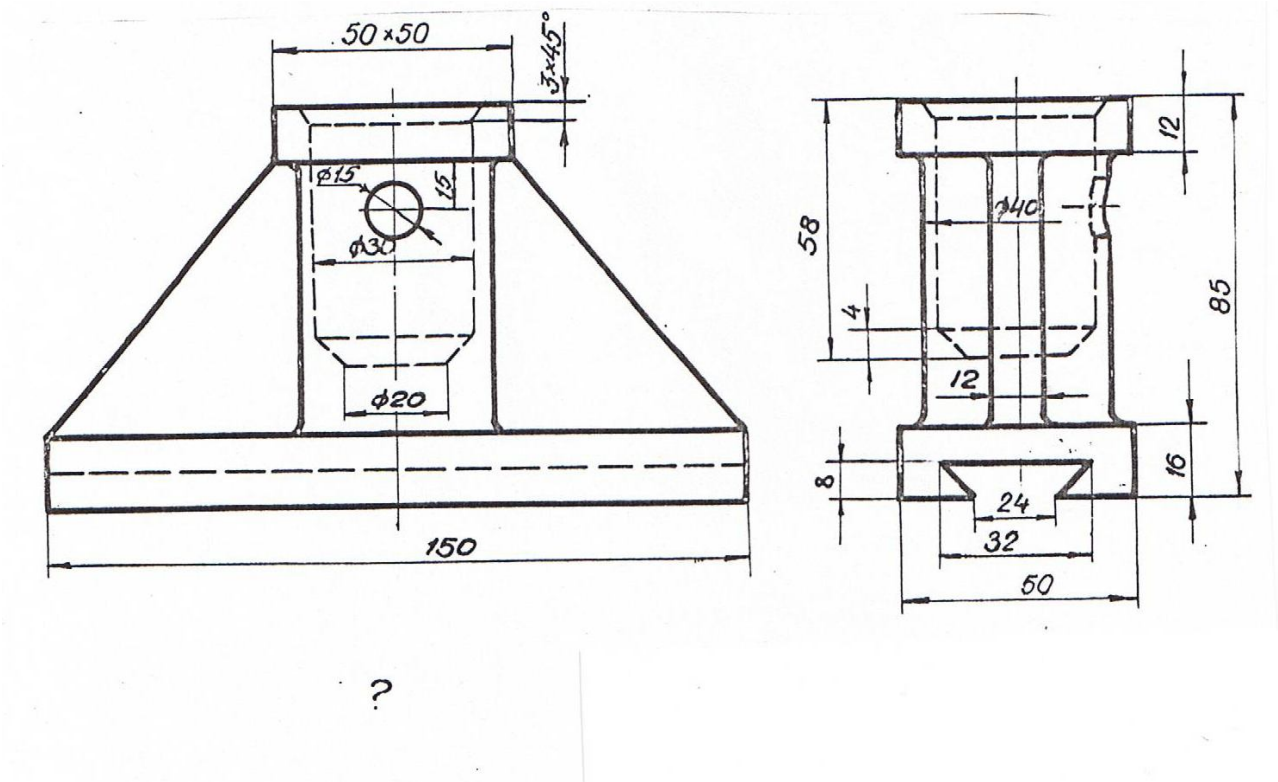
Вариант 8. Вычертить вилку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



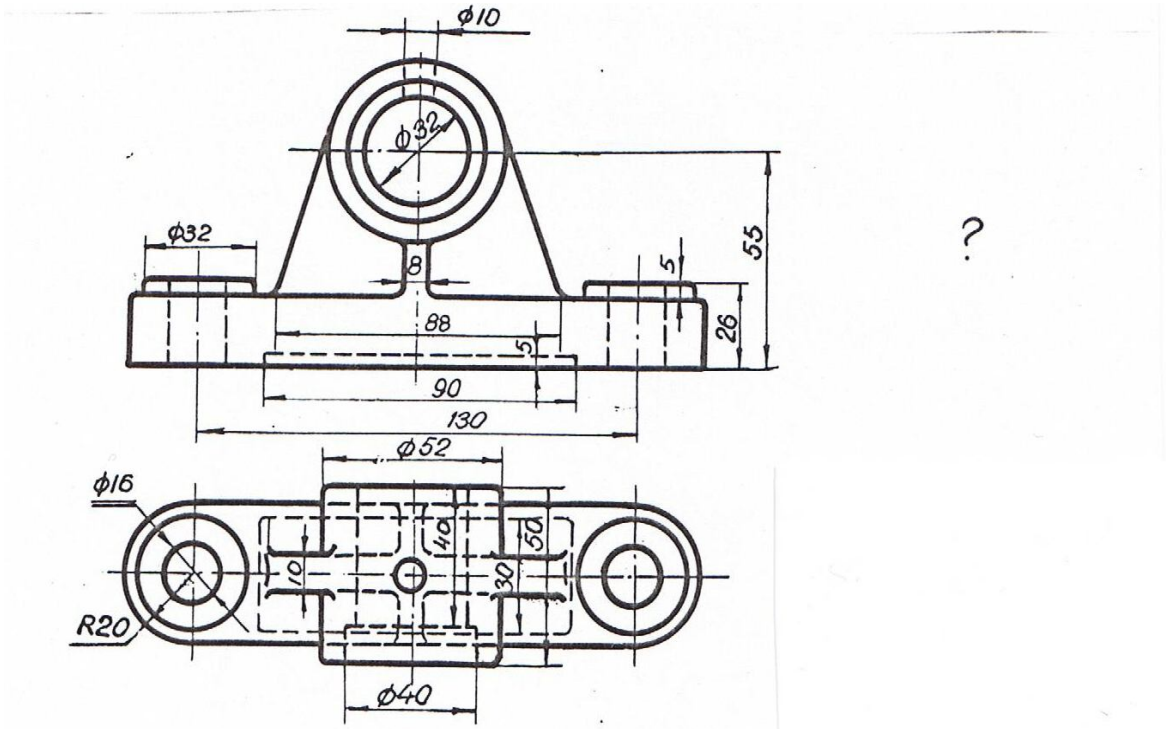
Вариант 9. Вычертить подпятник в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



Вариант 10. Вычертить шарнир в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.



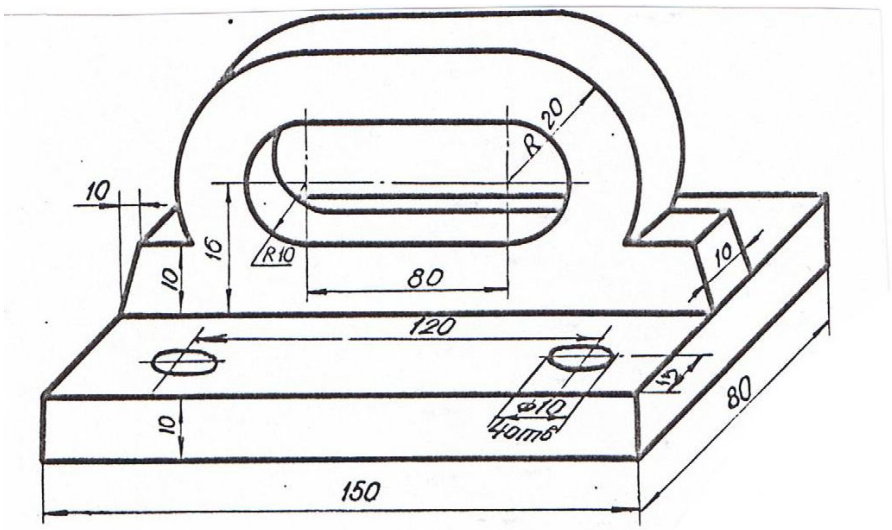
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать половину фронтального разреза и местный профильный.



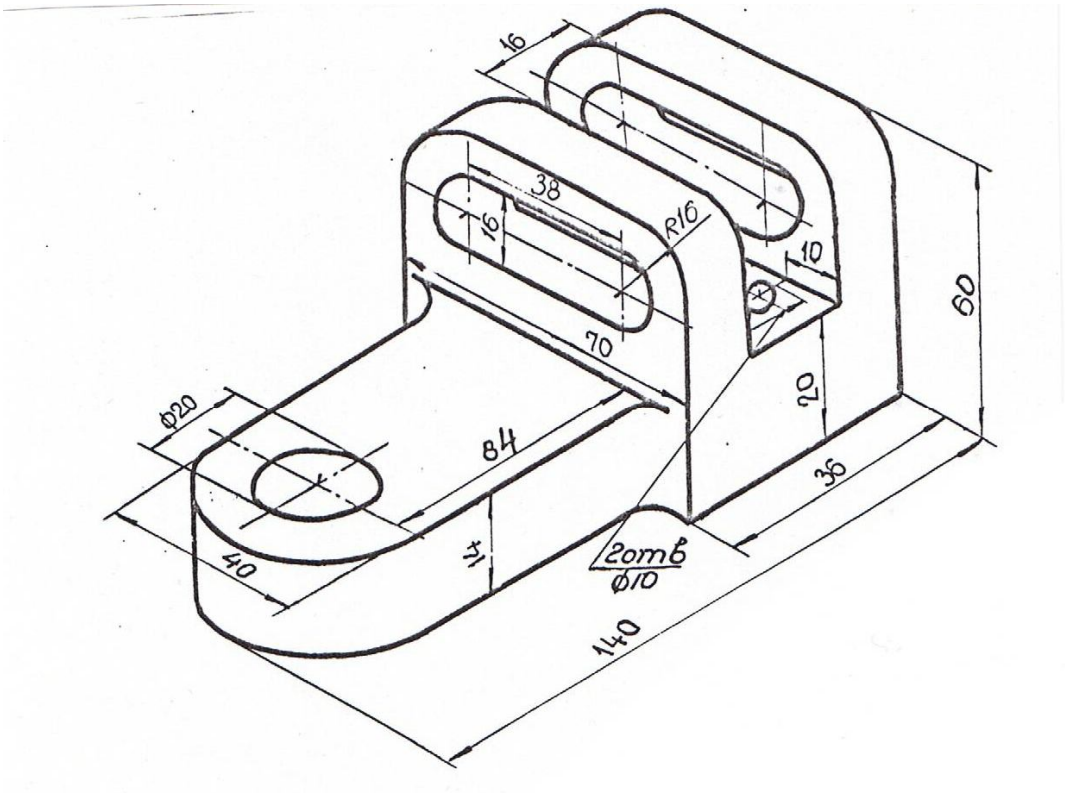
Вариант 12. Вычертить подшипник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.

Приложение 4

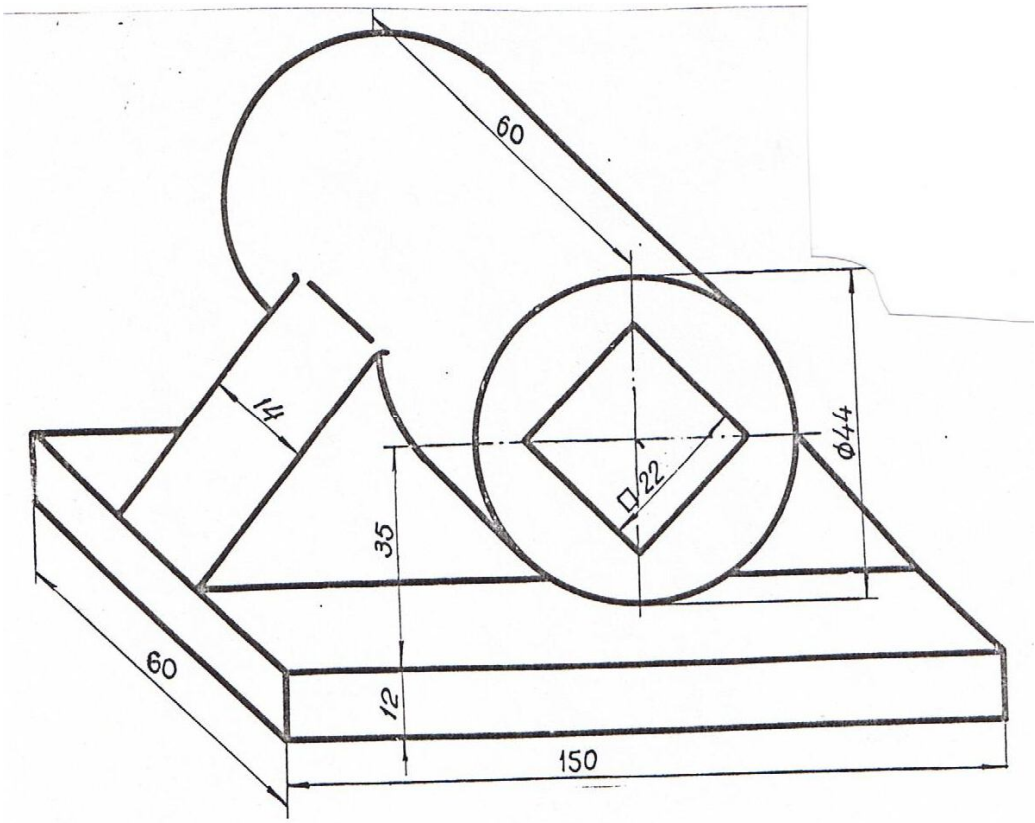
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3



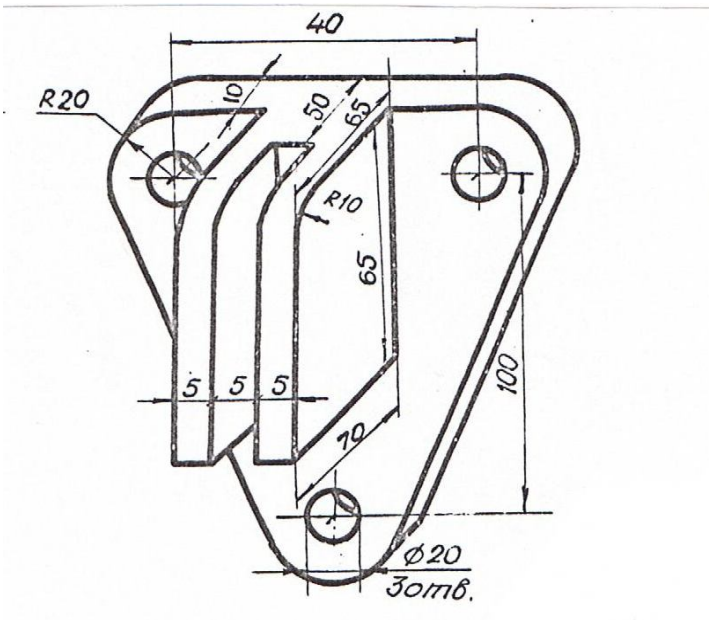
Вариант 1. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать ступенчатый профильный разрез.



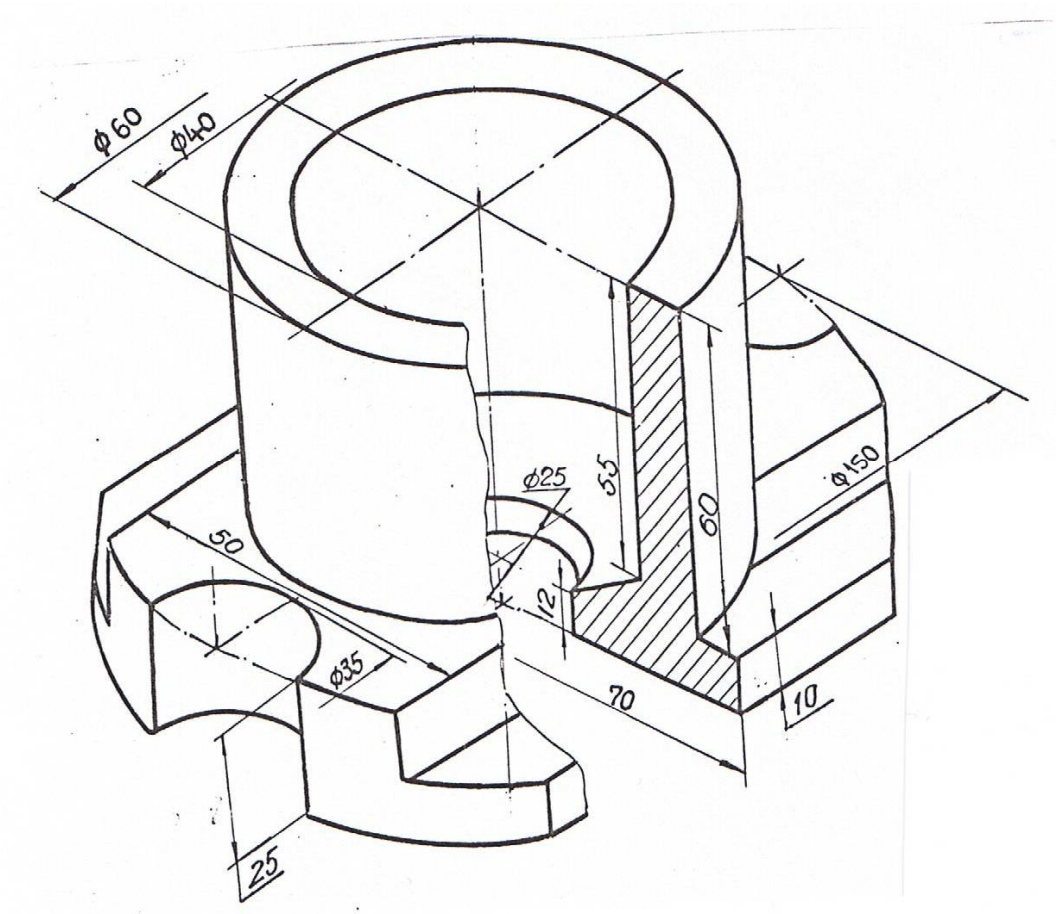
Вариант 2. Вычертить в трех ортогональных проекциях скобу в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



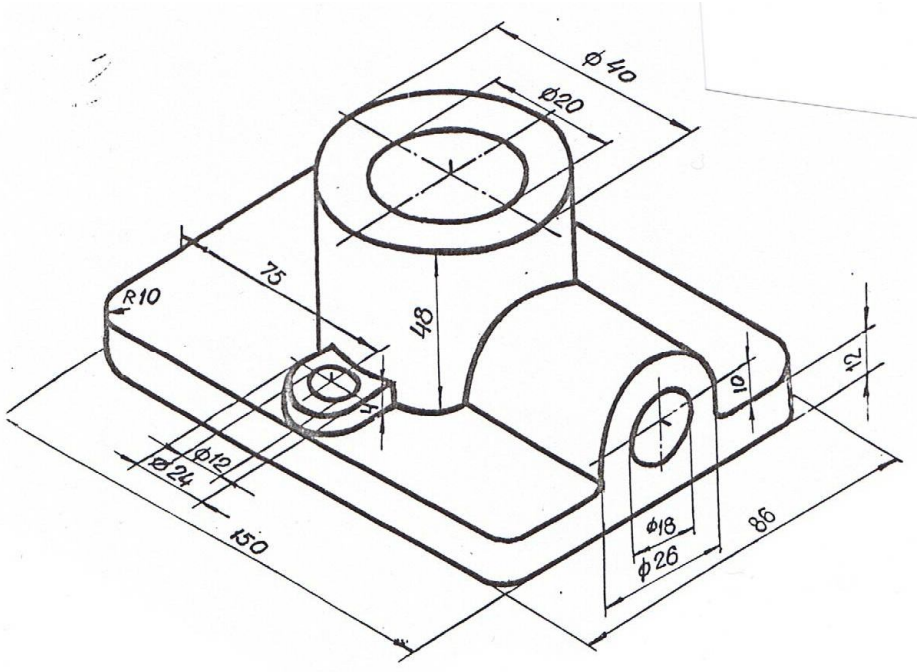
Вариант 3. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1. Сделать необходимый разрез.



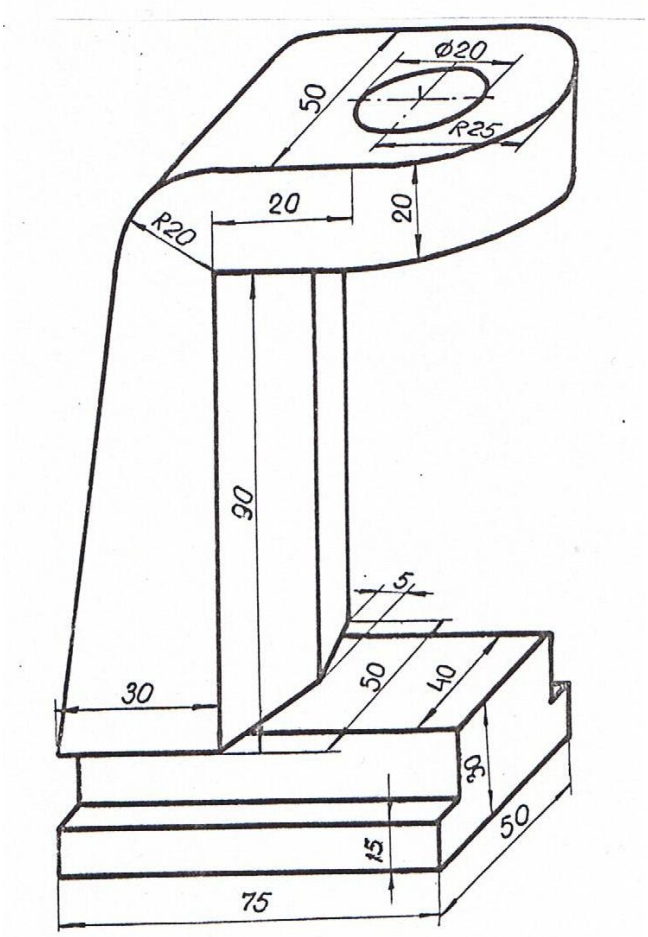
Вариант 4. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1. Сделать местные разрезы и горизонтальный разрез.



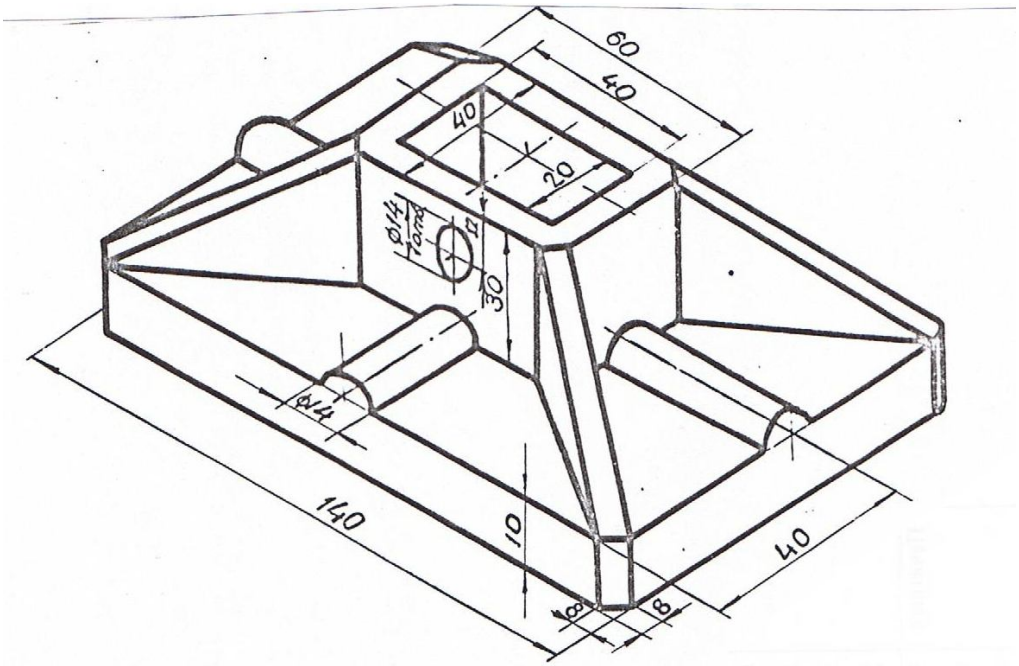
Вариант 5. Вычертить в трех ортогональных проекциях стакан в масштабе 1:1.
Сделать половину фронтального разреза.



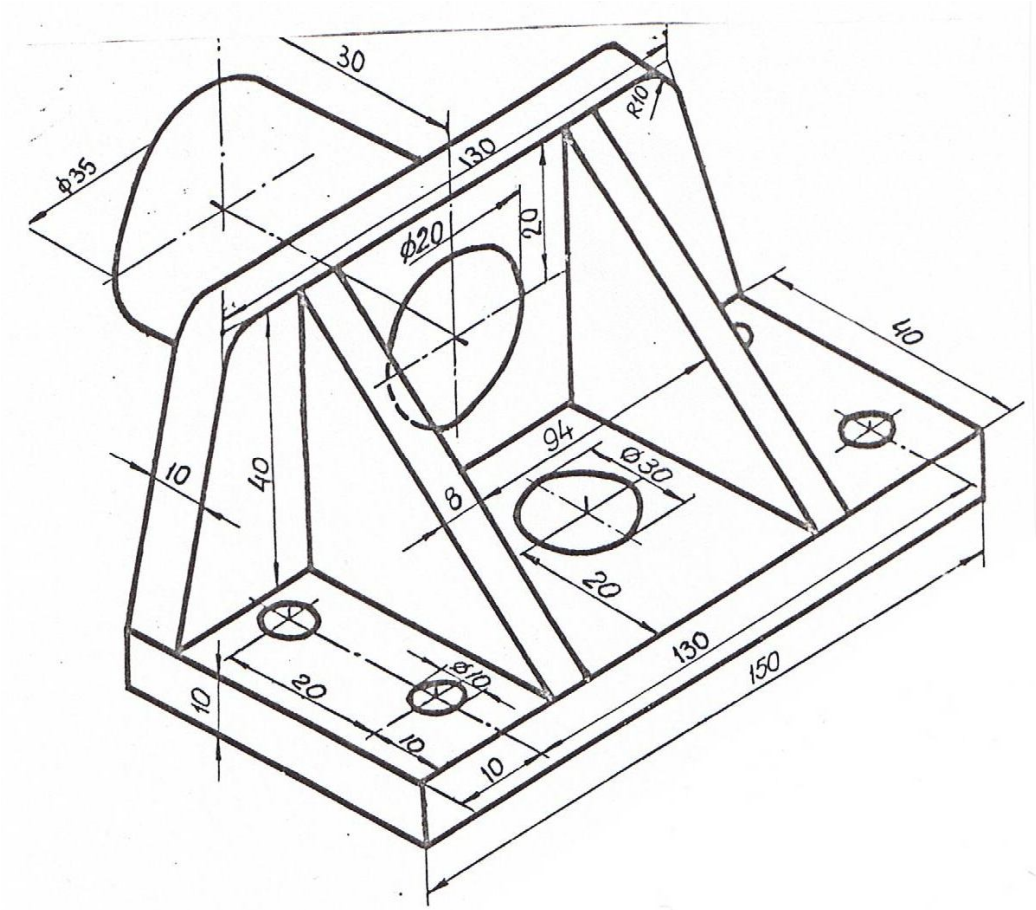
Вариант 6. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.
Примечание. Отверстия ∅20, ∅18 и ∅12 – сквозные.



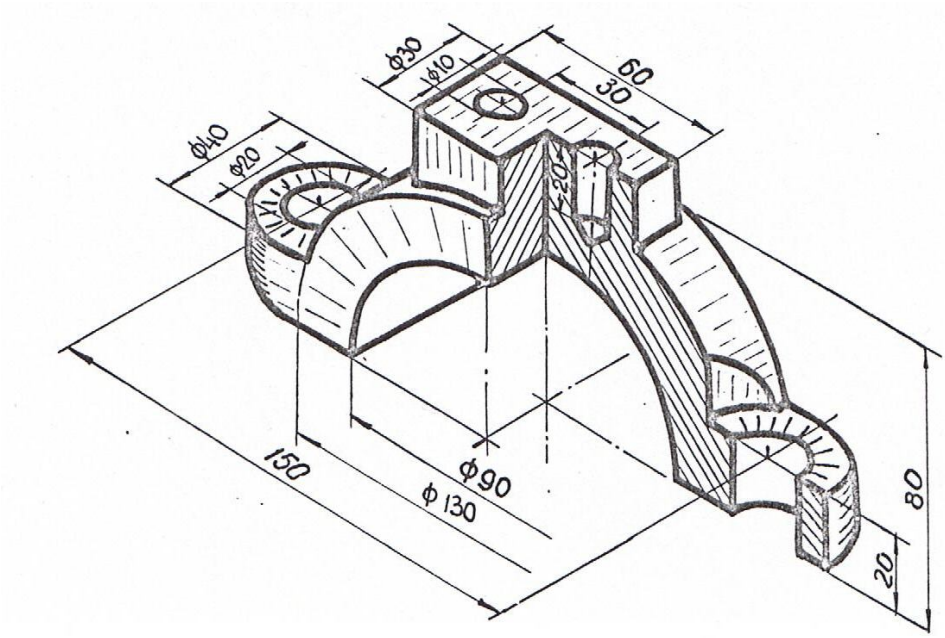
Вариант 7. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1.
Сделать необходимый местный разрез и горизонтальный до оси симметрии.



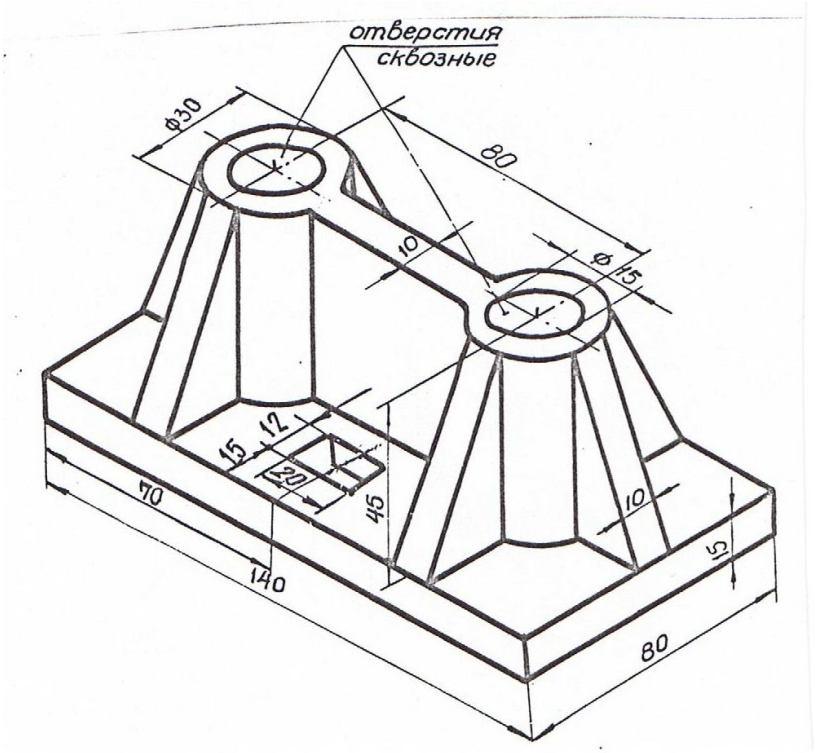
Вариант 8. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



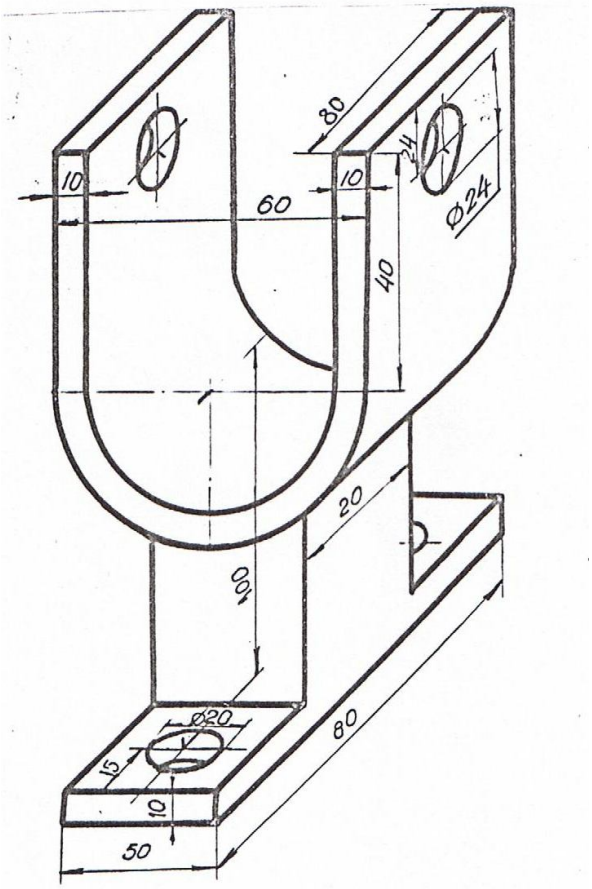
Вариант 9. Вычертить в трех ортогональных проекциях цапфу полую в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



Вариант 10. Вычертить в трех ортогональных проекциях крышку шатуна в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



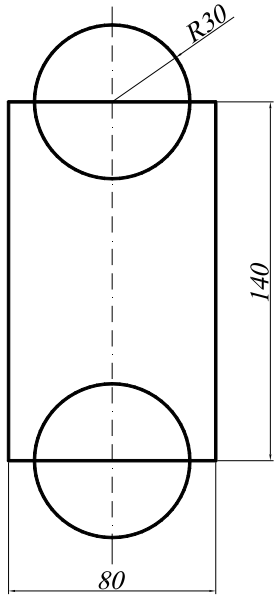
Вариант 11. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



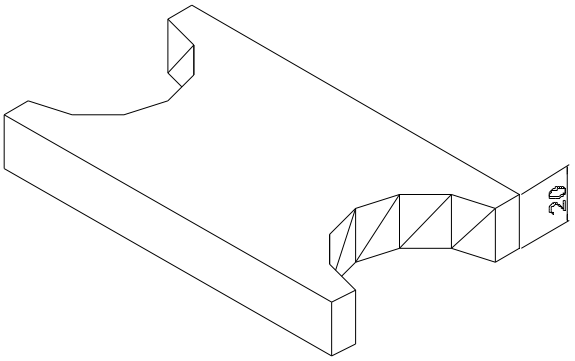
Вариант 12. Вычертить в трех ортогональных проекциях стойку в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.

Приложение 5

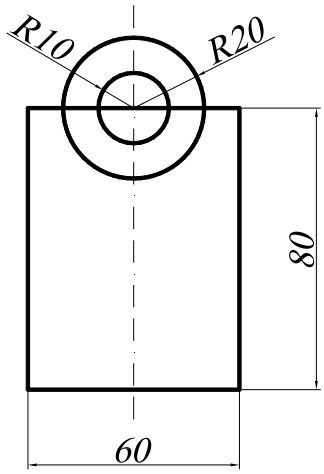
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ



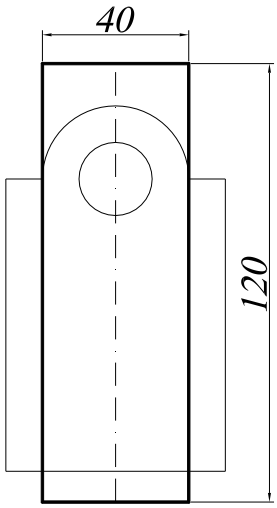
1. Создание области для основания командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



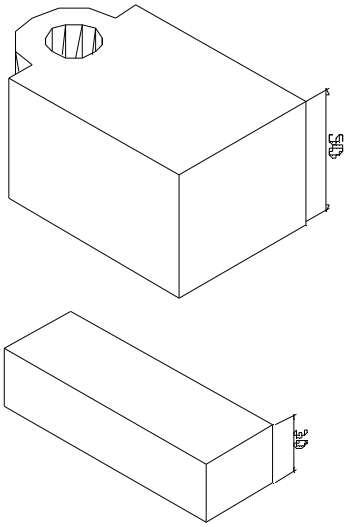
2. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» обе окружности и прямоугольник. Толщина выдавливания 20.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело путем вычитания цилиндров из параллелепипеда.
Командой ***Hide*** (Скрыть) подавляем невидимые линии.



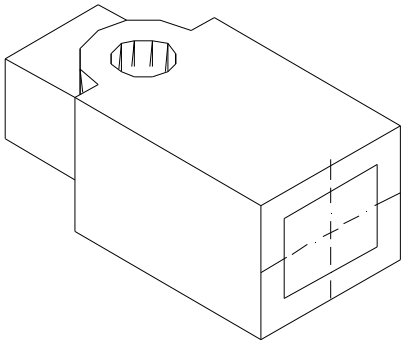
3. Создание области для «башни» командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



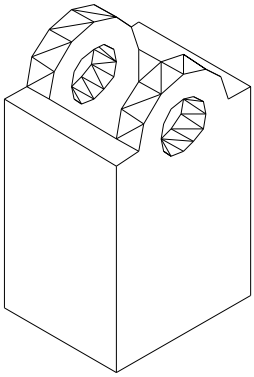
4. Создание области для выреза «башни» командой ***Polyline*** (Полилиния).

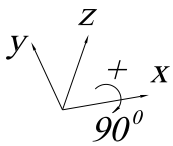


5. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» оба тела. Толщина выдавливания «башни»=50, толщина выдавливания «бруска»=30.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело «башни» путем вычитания цилиндра из построенного тела

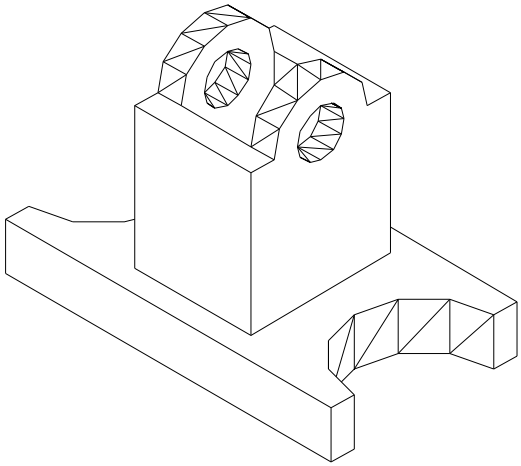


6. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «брусок» и центрируем относительно основания «башни».
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем сквозное отверстие в теле «башни» путем вычитания поверхности «бруска» из тела «башни».





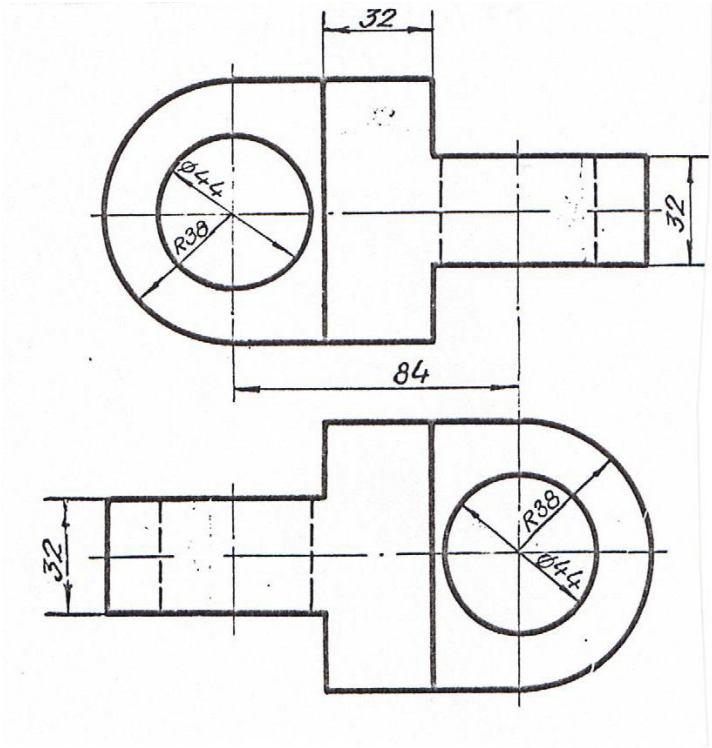
7. Поворачиваем башню относительно оси x на 90^0 (по правилу правой руки), используя команду ***Rotated 3D***, которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редакировать)→ ***3D Operation*** (3М Операции) → ***Rotated 3D*** (3М Поворот).



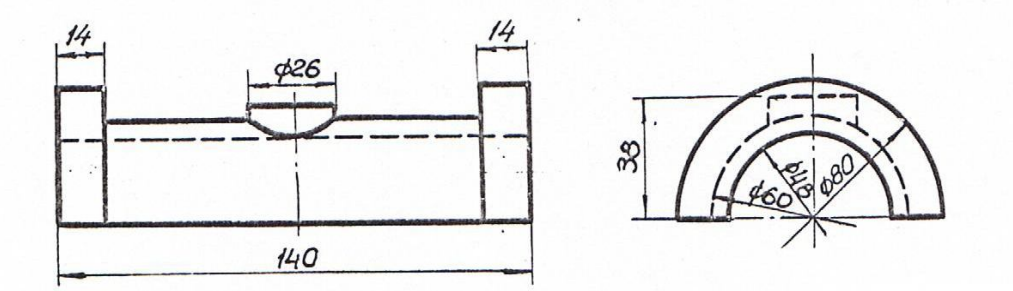
8. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «башню» и центрируем относительно построенного основания.
Командой ***Union*** (объединение) объединяем полученные тела.

Приложение 6

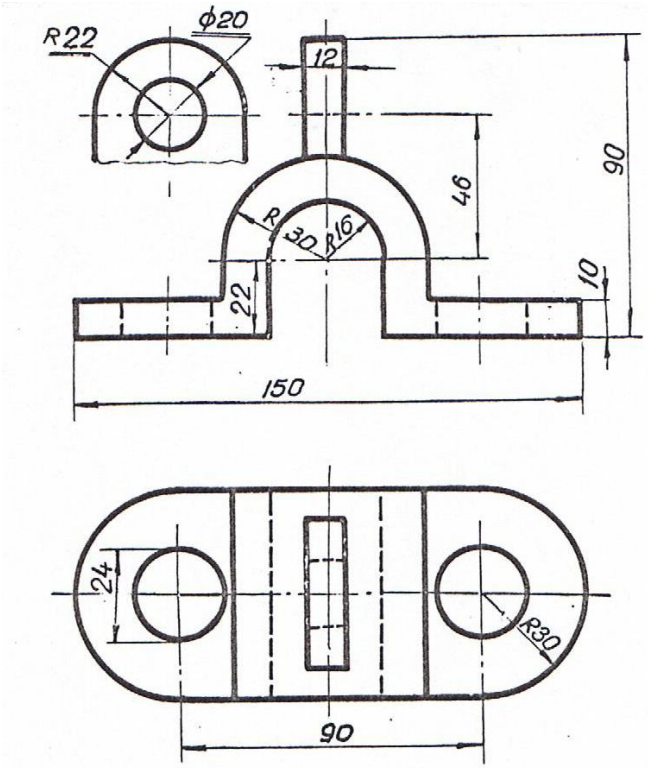
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 4



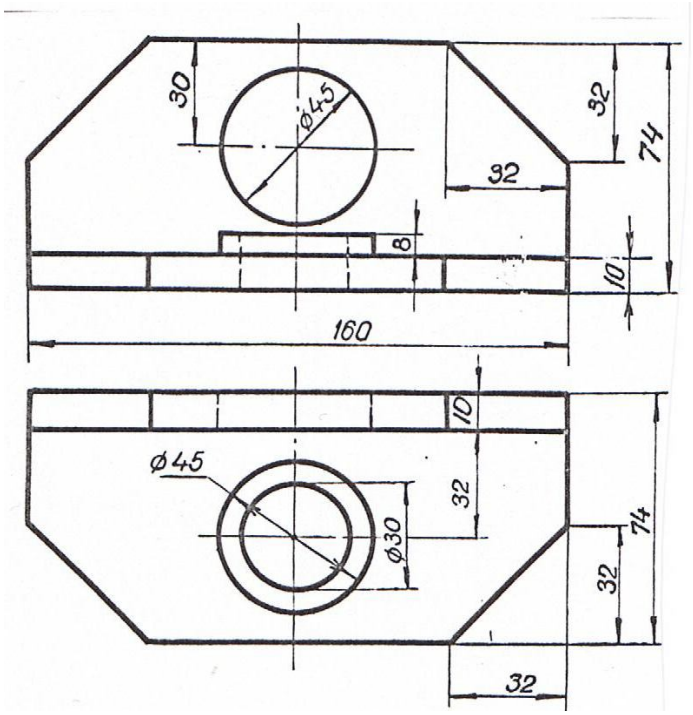
Вариант 1. Вычертить серьгу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



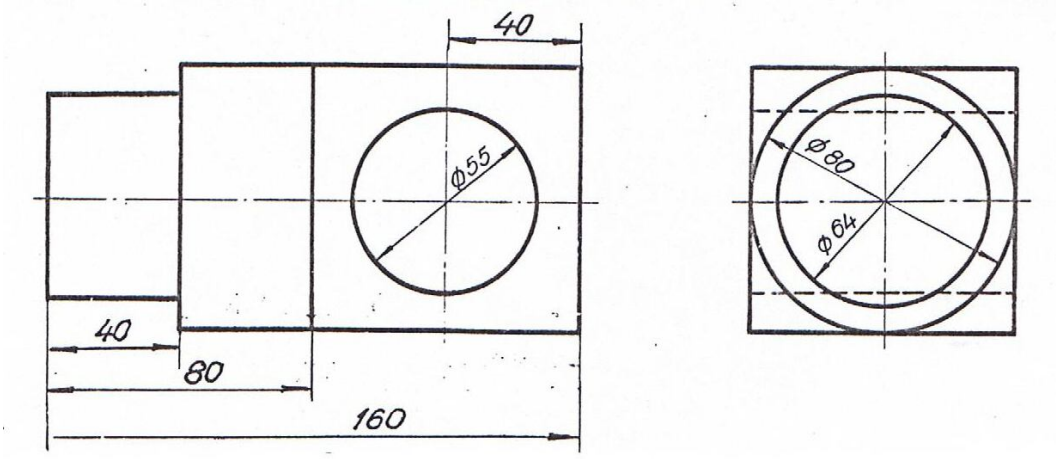
Вариант 2. Вычертить вкладыш подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



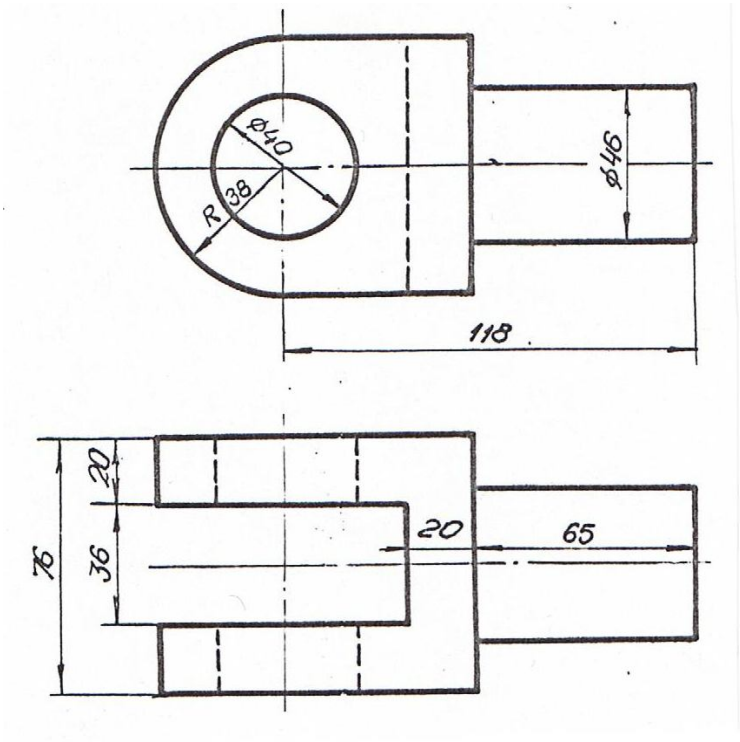
Вариант 3. Вычертить скобу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



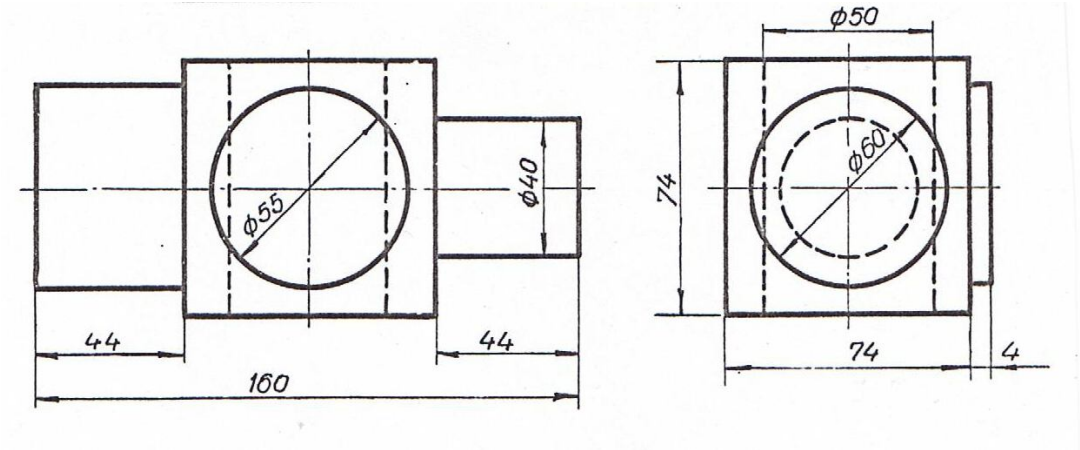
Вариант 4. Вычертить угольник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



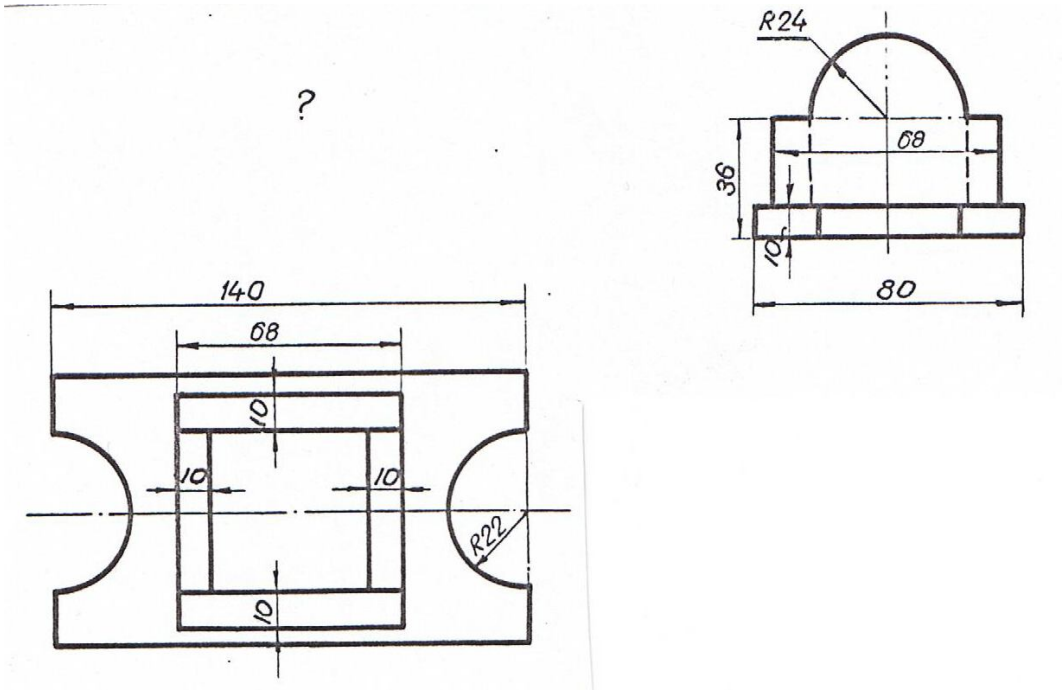
Вариант 5. Вычертить цапфу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



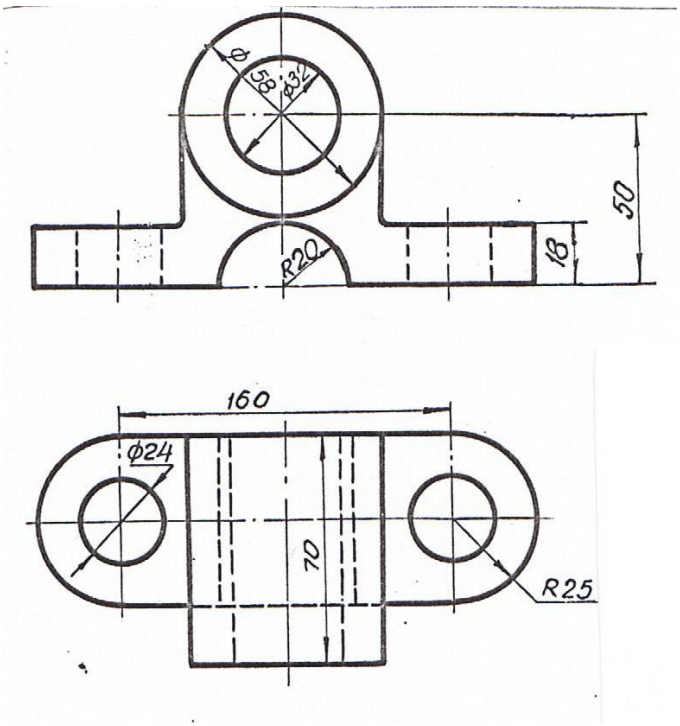
Вариант 6. Вычертить ушко в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



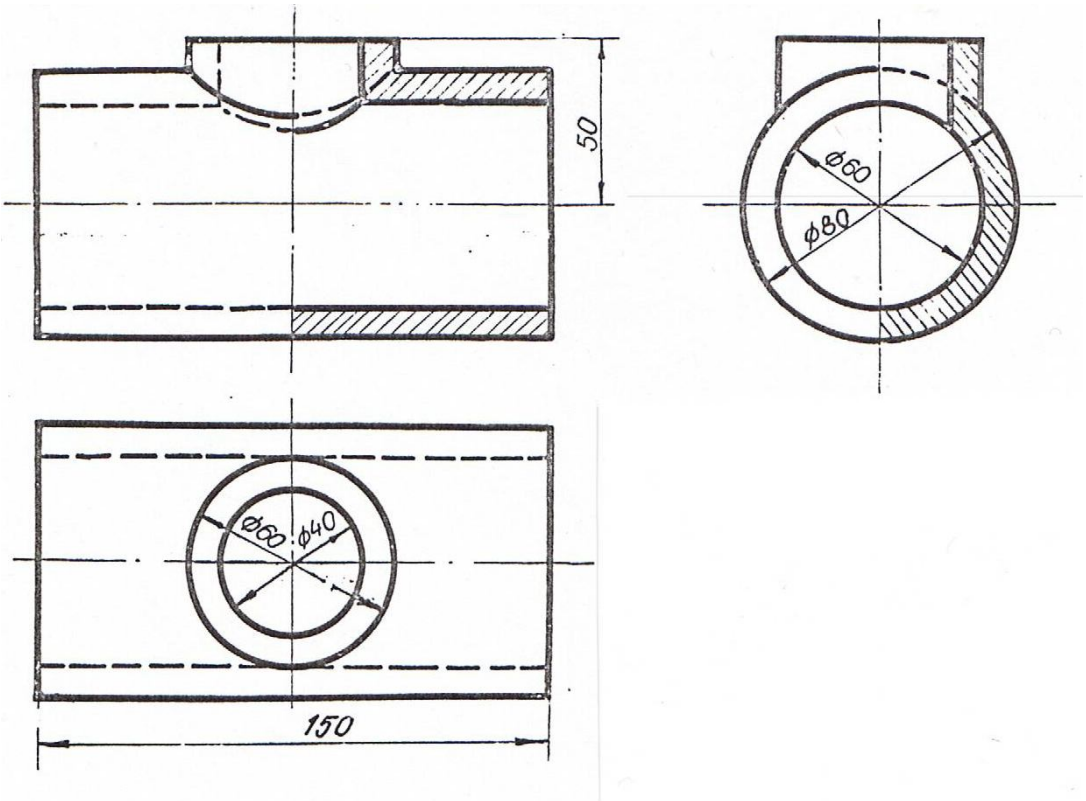
Вариант 7. Вычертить ось в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



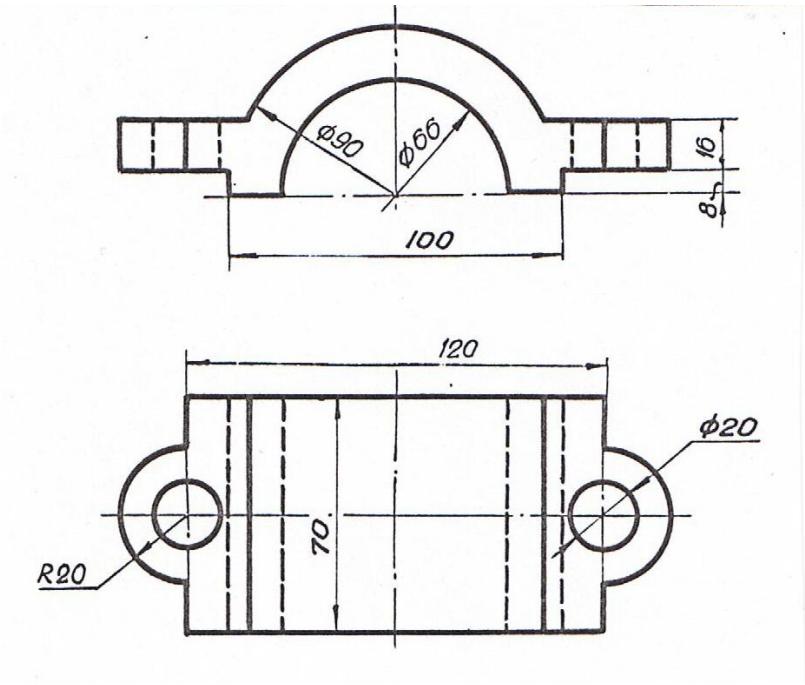
Вариант 8. Вычертить подставку в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



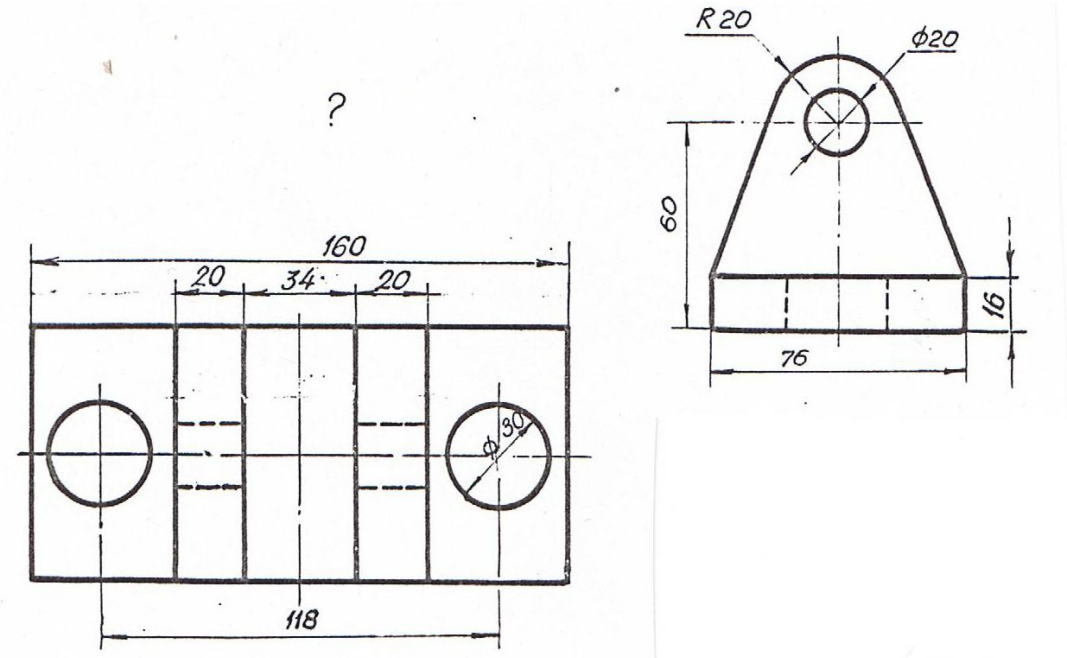
Вариант 9. Вычертить подшипник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 10. Вычертить тройник в изометрии по заданным трем видам в масштабе 1:1.



Вариант 11. Вычертить крышку подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 12. Вычертить опору в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Глава 1. **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ**……. 5

1. Множества…….. 5

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 5

1.2. Отображения и преобразования…… 7

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 10

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 11

1.5. Формирование пространства…… 13

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 14

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 21

2. Системы координат…… 22

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 22

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 23

2.3. Цилиндрические координаты…… 23

2.4.Сферические координаты…… 24

Вопросы для самопроверки…….. 24

Глава 2. **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**…… 25

1. Запуск системы *AutoCAD*…… 25

2. Вид рабочего окна *AutoCAD*……. 26

3. Падающее меню……. 26

4. Строка состояния…… 27

5. Ввод команд…… 28

6. Панели инструментов……. 28

7. Стандартная панель инструментов *(Standard Toolbar)*…….. 28
8. Панель инструментов Object Properties *(Свойства объекта)*…. 30
9. Графические примитивы…….…….. 32
10. Ввод координат точки…….…… 33
11. Панель инструментов *Draw* (Рисовать)…… 34
12. Построение геометрических примитивов…….. 34
12.1. Точка……. 35
12.2. Построение линий…… 35
12.2.1. Отрезок……. 35
12.2.2. Прямая и луч…… 37
12.2.3. Полилиния……. 38
12.2.4. Сплайн……... 41
12.3. Построение многоугольников…… 42
12.3.1. Многоугольник…… 42
12.3.2. Прямоугольник……. 43
12.4. Построение окружностей, эллипсов и их дуг…… 45
12.4.1. Окружность…… 45
12.4.2. Эллипс…… 49
12.4.3. Дуга окружности…… 50
13. Текстовые стили…… 52
13.1. Однострочный текст…… 53
13.2. Многострочный текст……. 57
14. Блок…… 58
14.1. Создание блоков……... 58
14.2. Вставка блока…… 59
15. Создание замкнутых объектов…….. 61
16. Штриховка……. 62
17. Панель инструментов *Object Snap* (Объектная привязка)…… 65
18. Панель инструментов *Modify* (Изменить или редактировать) 67
18.1. Удаление и восстановление объектов……. 68
18.2. Копирование объектов……. 69
18.3. Зеркальное отображение объектов…….. 70
18.4. Построение подобных примитивов……. 71
18.5. Размножение объектов массивом…….. 72

18.6. Перемещение объектов…… 76
18.7. Поворот объектов…… 77
18.8. Масштабирование объектов…… 78
18.9. Растягивание объектов……. 79
18.10. Подрезание объектов……. 80
18.11. Удлинение объектов…… 81
18.12. Разбиение объектов на части……. 82
18.13. Вычерчивание фасок…… 83
18.14. Построение сопряжений углов…….. 84
19. Редактирование с помощью маркеров *Grips* («Ручки»)…….. 86
20. Диспетчер свойств объектов……. 89
21. Панель инструментов *Dimension* (Измерение)…… 89
21.1. Линейные размеры…… 90
21.2. Параллельные размеры…… 92
21.3. Базовые размеры…….. 92
21.4. Размерная цепь……. 93
21.5. Радиальные размеры…… 94
21.6. Угловые размеры…… 94
21.7. Координатные размеры……. 95
21.8. Выноски и пояснительные надписи на чертеже…… 95
21.9. Быстрое нанесение размеров…….. 96
21.10. Нанесение меток центра окружности или дуги…….. 97
21.11. Редактирование размерных стилей…… 98
22. Зумирование…….. 101
23. Панорамирование……. 102
Вопросы для самопроверки…….. 102

Глава 3. **ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**……. 103

1. Общие сведения…….. 103
2. Задание трехмерных координат…….. 103
3. Задание пользовательской системы координат……. 104
4. Пространство модели и пространство листа……. 107
5. Видовые экраны…… 108

5.1. Создание неперекрывающихся видовых экранов……. 108
6. Установка видов на графическом поле……. 109
6.1. Установка направления взгляда…… 109
6.2. Задание направления взгляда с помощью диалогового окна 111
6.3. Установка плана изображения……... 112
6.4. Установка ортогональных и аксонометрических видов…… 113
6.5. Интерактивное управление точкой взгляда…… 113
6.6. Динамическое вращение трехмерной модели…… 114
7. Моделирование каркасов…… 114
7.1. Трехмерная полилиния…….. 115
7.2. Средства редактирования трехмерной полилинии……. 115
8. Твердотельное моделирование……. 116
9. Стандартные тела…… 117
9.1. Параллелепипед……. 117
9.2. Клин…… 118
9.3. Сфера…… 118
9.4. Конус…….. 119
9.5. Цилиндр……. 120
9.6. Тор…….. 121
10. Тела пользователя……. 122
10.1. Выдавленное тело…… 122
10.2. Тело вращения…… 124
11. Тела, созданные комбинированием нескольких тел……. 125
11.1. Объединение объектов…… 126
11.2. Вычитание объектов…….. 126
11.3. Пересечение объектов…….. 127
12. Общие средства редактирования трехмерных объектов…….. 128
12.1. Поворот вокруг оси……. 128
12.2. Зеркальное отображение относительно плоскости (плоскостная симметрия)……. 129
12.3. Размножение трехмерным массивом…….. 130
12.4. Вычерчивание фасок трехмерных тел…… 131
12.5. Построение сопряжений граней…….. 133
12.6. Построение сечений……. 134

12.7. Построение разрезов…… 134
13. Редактирование граней, ребер тел…… 135
13.1. Режим редактирования граней твердотельного объекта…. 136
13.2. Режим редактирования ребер твердотельного объекта……. 140
13.3. Режим редактирования общих свойств
твердотельного объекта……. 141
14. Пример построения трехмерной модели……. 142
15. Перекрывающиеся видовые экраны. Создание ортогональных проекций……... 144
16. Визуализация трехмерных моделей…… 147
16.1. Удаление невидимых линий…… 148
16.2. Раскрашивание трехмерной модели…….. 148
16.3. Тонирование изображений трехмерных объектов…….. 149
16.4. Включение фона в изображение сцены……. 150
16.5. Настройка освещения……. 151
16.6. Тени…… 152
16.7. Работа с материалами…….. 153
Вопросы для самопроверки…….. 154
Заключение…… 155
Список литературы……. 156
Приложения……. 157
Приложение 1. Пример выполнения рабочего чертежа детали…….. 157
Приложение 2. Задание для выполнения графической работы № 1…….. 158
Приложение 3. Задание для выполнения графической работы № 2…….. 164
Приложение 4. Задание для выполнения графической работы № 3…….. 170
Приложение 5. Пример построения твердотельной модели…… 176
Приложение 6. Задание для выполнения графической работы № 4…….. 178

Учебное издание

Шангина Елена Игоревна

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка и графика автора

Подписано в печать 01.02.06. Формат 60x84-1/8. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 23,75. Уч.-изд. л. 11,25. Тираж 200 экз. Заказ № .

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

В. М. Таугер

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ДЕТАЛИ МАШИН

Учебное пособие

Екатеринбург
2018

УДК 621.8
Т23

Таугер В. М.
Т23 Техническая механика. Детали машин: учебное пособие/ В. М. Таугер; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 95 с.: ил.

Изложены методы расчета деталей и механических передач, необходимые для конструирования механизмов и машин.

Учебное пособие предназначено для студентов направлений, программа которых включает дисциплину «Техническая механика».

Рецензенты: канд. физ.-мат. наук В. С. Тарасян (зав. каф. «Мехатроника» УрГУПС);

канд. техн. наук Е. Б. Волков (уч. секретарь каф. технической механики УГГУ).

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского гос. горного ун-та.

УДК 621.8

© Таугер В. М., 2018
© Урал. гос. горный ун-т, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……...4
1. СОЕДИНЕНИЯ…….5
1.1. Основные понятия…….5
1.2. Шпоночные соединения……6
1.3. Зубчатые (шлицевые) соединения……..8
1.4. Резьбовые соединения……10
1.5. Заклепочные соединения……21
1.6. Сварные соединения……....24
Контрольные вопросы……31
2. ПЕРЕДАЧИ…….33
2.1. Общие сведения……...33
2.2. Ременные передачи……..34
2.3. Цилиндрические зубчатые передачи……37
2.4. Конические зубчатые передачи……..62
2.5. Червячные передачи……70
Контрольные вопросы……...79
3. ПОДШИПНИКИ…….81
3.1. Классификация подшипников по виду трения……81
3.2. Конструкции и классификация подшипников качения……...82
3.3. Методика расчета подшипников качения……84
Контрольные вопросы……...88
4. ВАЛЫ И ОСИ…….....90
4.1. Общие сведения……...90
4.2. Методика расчета валов……..90
Контрольные вопросы……93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……..94
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……...95

ВВЕДЕНИЕ

Конструирование машин и механизмов невозможно без знания методов расчета и конструирования их основных деталей и передач. В данном учебном пособии рассматриваются механические преобразователи движения, в качестве которых используют зубчатые (цилиндрические и конические) и червячные передачи.

В процессе разработки передачи конструктор должен учитывать ряд технических требований, предъявляемых к механизму и решающим образом влияющих на выбор типа передачи, расчет и конструкцию её деталей и обусловленных условиями эксплуатации, техникой безопасности и соответствием изделия современному уровню производства.

Целью учебного пособия является обучение студентов основам расчёта и ознакомление с наиболее широко применяемыми конструкциями соединений, передач, валов и подшипников.

Для надежного усвоения студентом материала учебного пособия необходимы знания дисциплины «Теоретическая механика», а также разделов «Сопротивление материалов» и «Теория механизмов и машин».

1. СОЕДИНЕНИЯ

1.1. Основные понятия

Соединением называется неподвижное сопряжение деталей между собой.

По принципу **неразрушаемости при разборке** различают соединения разъемные и неразъемные. К **разъемным** относят соединения, допускающие разборку без разрушения или повреждения элементов, а к **неразъемным** – соединения, разборка которых невозможна без разрушения или повреждения элементов. В число **элементов** соединения включают как сами соединяемые детали, так и изделия или материалы, которыми данное соединение обеспечивается.

Из разъемных соединений наибольшее распространение получили следующие:

– шпоночные;

– зубчатые (шлицевые);

– резьбовые;

– соединения с некруглым валом.

Из неразъемных соединений наиболее часто используются:

– заклепочные;

– сварные;

– соединения с натягом (фрикционные);

– клеевые.

Соединения с некруглым валом, с натягом и клеевые в настоящем учебном пособии рассматриваться не будут. Для их расчета следует обратиться к учебно-методической и технической литературе [1, 2].

1.2. Шпоночные соединения

Шпоночные соединения образуются с помощью специальной крепежной детали, которая называется **шпонкой**. Шпонка располагается между соединяемыми деталями и передает нагрузку (усилие или крутящий момент) с одной детали на другую.

Различают **напряженные** и **ненапряженные** шпоночные соединения. В первых напряжения в шпонке и соединяемых деталях возникают уже в процессе сборки, во вторых же в отсутствие полезной нагрузки на соединение напряжения в шпонке и деталях практически равны нулю. В механизмах общепромышленного назначения применяются, как правило, ненапряженные соединения.

Известны ненапряженные соединения круглой шпонкой, сегментной шпонкой и призматической шпонкой.

Круглая шпонка представляет собой цилиндрическую деталь (штифт), входящую по переходной посадке в отверстия соединяемых деталей. В большинстве случаев соединение служит для обеспечения точности сборки и не предназначено для передачи рабочей нагрузки.

Боковая поверхность **сегментной шпонки**, как видно из названия, представляет собой сегмент окружности. Соединение технологично в изготовлении и способно передавать небольшие нагрузки. Его расчет приведен в работе [1].

Наибольшие нагрузки могут быть реализованы в соединении **призматической шпонкой.** Используются шпонки со скругленными торцами, с одним скругленным торцом и с плоскими торцами (рис. 1.1, *а*). Размеры *b*, *h* и *l* оговорены ГОСТ 23360.

На валу 1 и во втулке 2 выполняются пазы, в которые при сборке устанавливается шпонка 3 (рис. 1.1, *б*), и крутящий момент *T* передается с вала к втулке ее боковыми гранями.

Боковые грани шпонки испытывают нормальные напряжения смятия, а в ее продольном сечении действуют касательные напряжения среза, но соотношение размеров стандартной низкой шпонки таково, что проверку на прочность по

касательным напряжениям можно не выполнять. Таким образом, расчет соединения на прочность производится по напряжениям смятия, которые равны

$$\sigma_{см} = \frac{F}{A} = \frac{4T}{dhl_р} \le [\sigma_{см}], \qquad (1.1)$$

где F – сила, действующая на боковую грань; A – рабочий участок боковой грани, по которому распределяется сила F; $l_р$ – рабочая длина шпонки; $[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия.

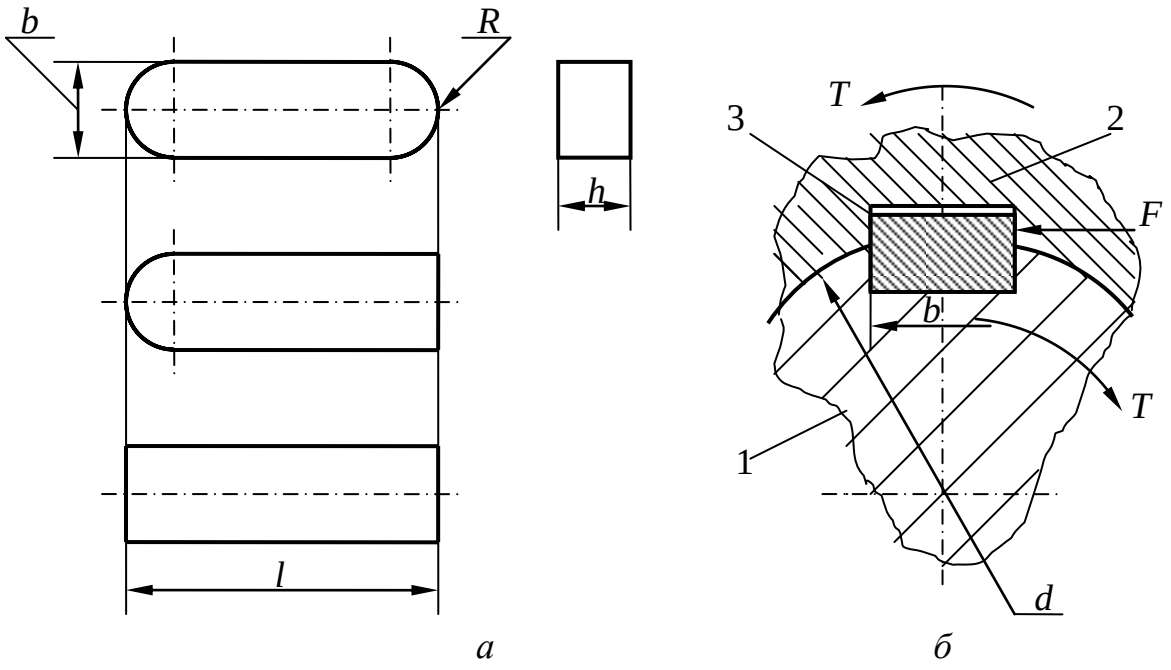


Рис. 1.1. Соединение призматической шпонкой

Формула (1.1) получена с учетом следующих допущений:

– плечо силы F относительно центра сечения вала равно $d/2$;

– ширина участка боковой грани, на котором распределяется сила F, равна $h/2$.

Рабочая длина шпонки со скругленными торцами

$$l_р = l - b; \qquad (1.2)$$

с одним скругленным торцом

$$l_р = l - b/2; \qquad (1.3)$$

с плоскими торцами $l_р = l$.

Допускаемые напряжения $[\sigma_{см}]$ = 80…120 МПа для соединений с переходными посадками втулки на вал, а для соединений с посадкой с натягом $[\sigma_{см}]$ = = 110…200 МПа. Меньшие напряжения принимают при чугунной втулке или при резких изменениях нагрузки, бóльшие – при стальной втулке и спокойной нагрузке.

1.3. Зубчатые (шлицевые) соединения

Соединения образуются сопряжением наружных зубьев на валу с внутренними зубьями в отверстии втулки.

По форме профиля зубьев различают соединения **прямобочные** (рис. 1.2, *а*), **эвольвентные** (рис. 1.2, *б*) и **треугольные** (рис. 1.2, *в*).

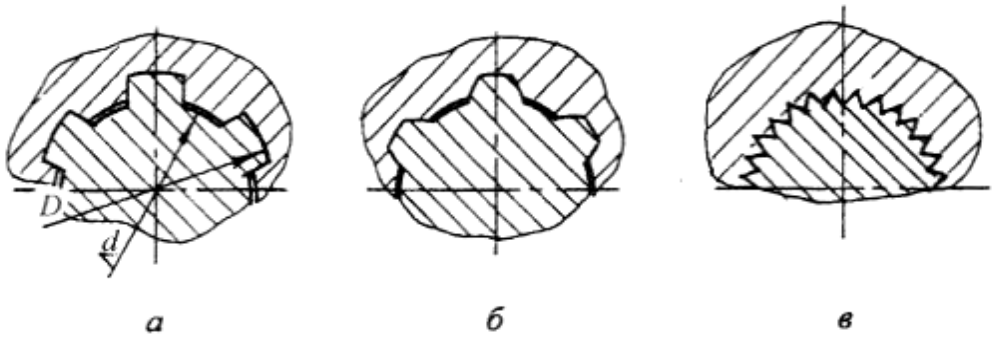


Рис. 1.2. Разновидности шлицевых соединений по форме профиля зуба

Соединения прямобочные выполняют с **центрированием** или по боковым сторонам зубьев, или по наружному диаметру, или по внутреннему диаметру вала. Центрирование по диаметрам обеспечивает более точную соосность соединяемых деталей, а центрирование по боковым сторонам – более точное распределение нагрузки между зубьями, т. е. передачу бóльших крутящих моментов. На рис. 1.2, *а* показано центрирование по наружному диаметру.

Эвольвентные соединения выполняют с центрированием или по боковым сторонам зубьев, или по наружному диаметру. На рис. 1.2, *б* показано центрирование по наружному диаметру. Эвольвентные шлицы можно получать на зуборезном оборудовании и достигать при этом высокой точности.

Размеры прямобочных соединений даны в ГОСТ 1139, эвольвентных – в ГОСТ 6033.

Треугольные соединения применяются при тонкостенных втулках, а также для соединения пластмассовых деталей с металлическими валами.

Шлицевые соединения обладают такими преимуществами перед шпоночными, как повышенные нагрузочная способность и точность центрирования деталей. К недостаткам можно отнести сложность изготовления.

Основными критериями работоспособности шлицевых соединений являются прочность на смятие и сопротивление коррозионно-механическому изнашиванию. Причина такого изнашивания в неподвижных соединениях заключается в микроперемещениях сопряженных поверхностей при вращении вала.

При допущении равномерного распределения нагрузки между зубьями условие прочности по напряжениям смятия выглядит следующим образом:

$$\sigma_{см} = \frac{2T}{zhd_m l} \le [\sigma_{см}], \qquad (1.4)$$

где z – число зубьев; h – высота зуба; d_m – средний диаметр соединения; l – длина поверхности контакта.

Высота зуба и средний диаметр определяют по формулам:

$$h = (D - d)/2 - f'; \qquad (1.5)$$

$$d_m = (D + d)/2, \qquad (1.6)$$

где D, d – диаметры вершин и впадин зубьев соответственно; f' – расчетный зазор в соединении.

Допускаемое напряжение смятия определяют с учетом условий эксплуатации и твердости зубьев по табл. 1.1.

Таблица 1.1

Значения $[\sigma_{см}]$, МПа, для шлицевых соединений

Условия эксплуатации	Твердость зубьев *HB* 350	Твердость зубьев *HRC* 40
Тяжелые (с ударом)	26…38	30…52
Средние	45…75	75…105
Легкие	60…90	90…150

В случае постоянной нагрузки с числом циклов нагружения за полный срок службы порядка 10^8 условие удовлетворительного сопротивления соединения изнашиванию выражается неравенством

$$\sigma_{см} \le [\sigma_{изн}]. \qquad (1.7)$$

Условное допускаемое напряжение $[\sigma_{изн}]$ изменяется в широких пределах в зависимости от твердости поверхностей контакта и условий приложения нагрузки. Для улучшенных зубьев $[\sigma_{изн}]$ = 26…85 МПа; для закаленных: до *HRC*40 $[\sigma_{изн}]$ = 34…105 МПа; до *HRC*45 $[\sigma_{изн}]$ = 42…130 МПа. При необходимости точного определения $[\sigma_{см}]$, $[\sigma_{изн}]$ следует обратиться к литературе [1].

1.4. Резьбовые соединения

1.4.1. Классификация резьбы

По форме основной поверхности различают **цилиндрические** и **конические** резьбы. Наиболее распространена цилиндрическая резьба. Коническую применяют для плотных соединений труб, масленок, пробок и т.п.

По форме профиля резьбового выступа различают треугольные, круглые, прямоугольные, трапецеидальные и упорные резьбы. Форма профиля тесно связана с назначением резьбы: для образования соединений используются треугольные и круглые (**крепежные**) резьбы, а в винтовых механизмах – прямоугольные, трапецеидальные и упорные (**ходовые**) резьбы. Такое распределение объясняется более высокой относительной прочностью крепежной резьбы и бóльшими силами трения в соединении крепежной резьбой.

По направлению винтовой линии различают **правую** и **левую** резьбу. У правой резьбы винтовая линия идет слева направо и вверх, у левой – справа налево и вверх. Обычно применяют правую резьбу, левую – только в некоторых специальных случаях.

Треугольные резьбы делятся на **метрические** и **дюймовые**. Геометрические параметры метрической резьбы выражены в миллиметрах, дюймовой – в долях дюйма.

Разновидность дюймовой резьбы – **трубная** резьба, резьбовые выступы и впадины которой скруглены. Соединения трубной резьбой имеют меньшие зазоры, чем соединения метрической резьбой, поэтому применяются в трубопроводной арматуре.

Преимущественное применение имеют треугольные резьбы, они и будут рассмотрены в дальнейшем.

1.4.2. Геометрические параметры треугольной резьбы

Основные геометрические параметры (рис. 1.3): α – угол профиля, для метрической резьбы α = 60º, для дюймовой резьбы α = 55º; d – наружный диаметр; d_1 – внутренний диаметр; d_2 – средний диаметр; p – шаг резьбы.

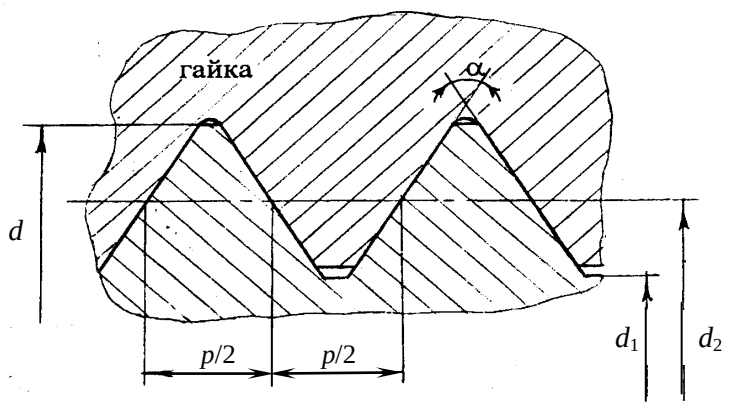


Рис. 1.3. Основные геометрические параметры треугольной резьбы

Шаг резьбы – расстояние между одноименными сторонами соседних профилей, измеренное в направлении оси резьбы. По величине шага различают резьбы с крупным шагом и с мелкими шагами. Крупный шаг для определенного d один, а мелких шагов несколько. С уменьшением шага, соответственно, уменьшаются размеры резьбового выступа и угол подъема витка (см. ниже).

По образующей воображаемого цилиндра, диаметр которого равен среднему диаметру резьбы, ширина резьбового выступа равна ширине впадины (и равна $b/2$).

Кроме того, выделяют такие параметры, как n – число заходов; $p_1 = np$ – ход резьбы, т. е. перемещение гайки по винту за один оборот; ψ – угол подъема витка.

Под углом ψ подразумевается угол подъема развертки винтовой линии по среднему диаметру:

$$\psi = \operatorname{arctg}\frac{p_1}{\pi d_2} = \operatorname{arctg}\frac{np}{\pi d_2}. \qquad (1.8)$$

От величины ψ зависит, будет ли резьба **самотормозящейся**. Самоторможение – непременное условие для крепежной резьбы, поскольку без его соблюдения соединение не в состоянии выдерживать осевую нагрузку. В однозаходной треугольной резьбе $\psi = 2^\circ 30' \ldots 3^\circ 30'$, что дает гарантированное самоторможение.

1.4.3. Предотвращение самоотвинчивания в резьбовых соединениях

Весьма часто резьбовые соединения эксплуатируются в условиях вибрации, переменных и ударных нагрузок. При этом обеспечения условия самоторможения недостаточно для предотвращения самоотвинчивания, так как вследствие переменного характера нагрузки силы трения в резьбе понижаются.

Существует много способов дополнительного **стопорения** резьб [1, 2]. Способы первой группы направлены на повышение и стабилизацию сил трения в резьбе. Основные и наиболее часто применяемые из них – постановка **контргайки** и **пружинной шайбы**. Контргайка создает дополнительное натяжение, а, следовательно, и трение в резьбе, не зависящее от внешней нагрузки. Пружинная шайба представляет собой, по сути дела, виток пружины и поддерживает натяг и трение в резьбе на участке самоотвинчивания в один – два оборота гайки.

Способы второй группы сводятся к жесткому креплению элементов (гайки с болтом, гайки или винта с деталью). Одним из таких способов является применение в соединении специальной **корончатой гайки** со **шплинтом.** Корончатая гайка имеет кольцевой выступ с прорезями (коронку). Шплинтом называется деталь, изготовленная из проволоки полукруглого сечения. После навинчивания гайки на резьбовый стержень шплинт вставляется в прорезь коронки так, что проходит через коронку и резьбовый стержень насквозь (в стержне заранее сделано отверстие под шплинт). Затем концы шплинта отгибают, после чего шплинт надежно фиксирует гайку относительно резьбового стержня.

Указанными способами можно предотвратить самоотвинчивание в большинстве резьбовых соединений. В противном случае следует обратиться к литературе и подобрать приемлемый способ.

1.4.4. Расчет резьбовых соединений на прочность

Основные виды разрушения резьбовых соединений – срез витков и разрыв резьбового стержня. Касательные напряжения среза зависят, при равных фиксированных диаметре и шаге резьбы, от количества витков резьбы, по которым распределяется нагрузка, т.е. от высоты гайки. Поэтому добиться равнопрочнсти резьбы и стержня винта можно подбором высоты гайки. Стандартная высота нормальной гайки $H \approx 0{,}8d$, и именно такая высота дает выполнение условия равнопрочности. Следовательно, при использовании в болтовом соединении гайки нормальной высоты исключается необходимость рассмотрения прочности витков, и расчет соединения сводится к **расчету стержня болта (винта).**

Ниже рассмотрены распространенные в конструкциях ММ и роботов случаи нагружения резьбового стержня.

Случай 1. Стержень винта нагружен только внешней растягивающей силой F, затяжка соединения отсутствует.

Опасное сечение – по внутреннему диаметру резьбы. Условие прочности по напряжениям растяжения в стержне

$$\sigma = \frac{F}{\frac{\pi d_1^{\,2}}{4}} = \frac{4F}{\pi d_1^{\,2}} \le [\sigma]. \qquad (1.9)$$

Допускаемые напряжения [σ] здесь и далее см. в табл. 1.2.

Случай 2. Внешняя нагрузка отсутствует, соединение затянуто.

Случай характерен для крепления ненагруженных герметичных крышек, люков и т. п.

Стержень болта растягивается осевой **силой затяжки** $F_{зат}$ и закручивается **моментом сил** T, необходимым для обеспечения затяжки. Величина $F_{зат}$ определяется из условия герметичности по рекомендациям, учитывающим опыт эксплуатации аналогичных соединений. Расчет стержня производится по **эквивалентному напряжению**, учитывающему наличие как нормальных напряжений растяжения, так и касательных напряжений кручения. Для стандартной метрической резьбы соотношение эквивалентного и нормального напряжений выражается зависимостью $\sigma_э \approx 1{,}3\sigma$, что позволяет рассчитывать стержень болта по формуле

$$\sigma_э = \frac{1{,}3F_{зат}}{\frac{\pi d_1^{\,2}}{4}} = \frac{5{,}2F_{зат}}{\pi d_1^{\,2}} \le [\sigma]. \qquad (1.10)$$

Случай 3. Соединение нагружено силами, сдвигающими детали в стыке, болт поставлен в отверстии с зазором. Пример – соединение, показанное на рис. 1.4.

Для упрощения расчета принято следующее допущение: болт не касается своей боковой поверхностью стенок отверстий в деталях. Следовательно, сдвигу деталей препятствуют только силы трения в стыке.

Условие отсутствия сдвига может быть получено из рассмотрения равновесия детали 2:

$$F = iF_{тр} = iF_{зат}\, f, \qquad (1.11)$$

где i – число плоскостей стыка деталей; f – коэффициент трения скольжения в стыке (для стальных деталей $f = 0{,}15…0{,}2$).

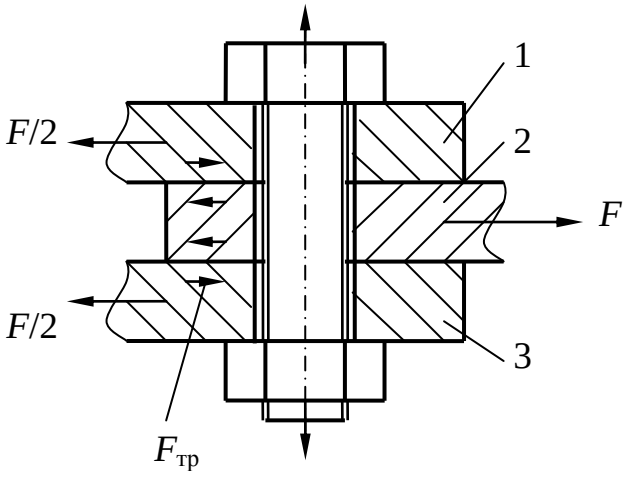


Рис. 1.4. Соединение, нагруженное поперечными силами (болт в отверстии с зазором)

Требованиям практики равенство (1.11) не удовлетворяет, так как малейшее увеличение силы F или уменьшение коэффициента трения (например, в результате попадания смазки в соединение) приведет к сдвигу деталей. Поэтому вместо (1.11) используется выражение

$$KF = iF_{зат} f, \qquad (1.12)$$

откуда

$$F_{зат} = \frac{KF}{if}, \qquad (1.13)$$

где K – коэффициент запаса. При статической нагрузке $K = 1{,}3…1{,}5$, при переменной нагрузке $K = 1{,}8…2$.

После определения $F_{зат}$ прочность болта оценивают по формуле (1.10).

Случай 4. Соединение нагружено силами, сдвигающими детали в стыке, болт поставлен без зазора. Такие соединения (рис. 1.5) образуются с помощью болтов по ГОСТ 7817, имеющих гладкую рабочую часть, диаметр которой d_3 больше диаметра резьбы d. Отверстия под болты обрабатывают разверткой, в результате посадки болтов в отверстиях получаются переходные или с натягом.

Сдвигающие силы вызывают в стержне болта напряжения среза и смятия. Резьба в соединении играет вспомогательную роль, фиксируя соединяемые детали одну относительно другой.

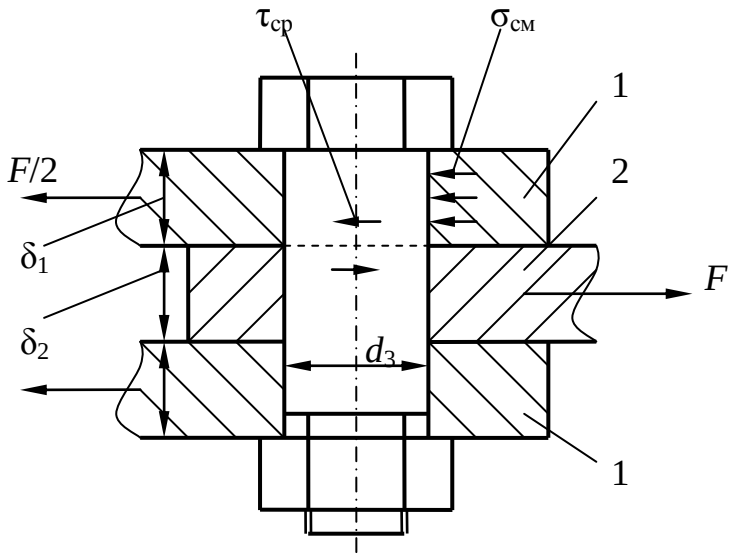


Рис. 1.5. Соединение, нагруженное поперечными силами (болт в отверстии без зазора)

Напряжение среза в стержне болта в соединении по рис. 1.5

$$\tau = \frac{4F}{\pi d_3^{\,2} i} \le [\tau], \qquad (1.14)$$

где i – число плоскостей среза (на рис. 1.5 i = 2).

Напряжение смятия для крайней детали

$$\sigma_{см1} = \frac{F}{2 d_3 \delta_1} \le [\sigma_{см}]; \qquad (1.15)$$

для средней детали

$$\sigma_{см2} = \frac{F}{d_3 \delta_2} \le [\sigma_{см}]. \qquad (1.16)$$

Формулы (1.15), (1.16) справедливы как для болта, так и для деталей. Из двух значений $\sigma_{см}$ расчет прочности выполняют по наибольшему, а допускаемое напряжение определяют по более слабому материалу болта или детали. Обычно

диаметр болта находят из условия прочности на срез, а затем производят проверку по напряжениям смятия.

Случай 5. Болт затянут, внешняя нагрузка раскрывает стык деталей. В качестве примера могут быть рассмотрены болты крепления крышки резервуара к корпусу (рис. 1.6).

Внутри резервуара находится газ под избыточным давлением p. Очевидно, что затяжка болтов должна обеспечивать герметичность соединения, для чего болты предварительно (до того, как в резервуар подается газ) затягивают. При этом болты и стык деформируются: болты растягиваются, стык сжимается. Сжатие стыка происходит в основном за счет прокладки, если предусмотрена мягкая прокладка. Если же прокладка металлическая, то главную роль играет податливость фланцев крышки и корпуса. После того, как в резервуаре установилось давление p, приходящаяся на болт внешняя нагрузка

$$F = \frac{p\pi D^2}{4z}, \tag{1.17}$$

где z – число болтов.

Под действием внешней нагрузки дополнительно растягиваются. Но при этом крышка приподнимается, растягивает болты, и сжатие стыка уменьшается на величину дополнительной деформации болтов. Таким образом, с одной стороны, имеет место приращение нагрузки на болт за счет силы давления газа на крышку, а с другой – уменьшается нагрузка на болт со стороны стыка, возникшая в результате предварительной затяжки. В итоге суммарное увеличение нагрузки на болт оказывается значительно меньше, чем F по (1.17).

Расчетная суммарная нагрузка на болт

$$F_{\text{р}} = F_{\text{зат}} + \chi F, \tag{1.18}$$

где χ = 0,2…0,3 – коэффициент внешней нагрузки.

Силу затяжки рекомендуется принимать

$$F_{\text{зат}} = k_{\text{зат}} F, \tag{1.19}$$

где $k_{\text{зат}}$ – коэффициент затяжки.

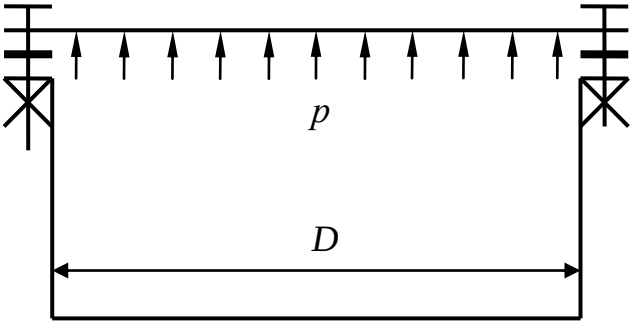


Рис. 1.6. Соединение «болт затянут, внешняя нагрузка раскрывает стык»

По условию герметичности: при мягкой прокладке $k_{зат}$ = 1,3…2,5; при металлической фасонной прокладке $k_{зат}$ = 2…3,5; при металлической плоской прокладке $k_{зат}$ = 3…5.

После того, как найдена $F_р$, проверяют болт на прочность по формуле

$$\sigma_э = \frac{5{,}2F_р}{\pi d_1^{\,2}} \le [\sigma]. \qquad (1.20)$$

Случай 6. Эксцентрично нагруженный болт. Пример – нагружение болта с молотовидной головкой (рис. 1.7). Такие болты используют, когда невозможно расположить в отверстии обычный болт (отверстие слишком близко к стенке), а также в некоторых других случаях.

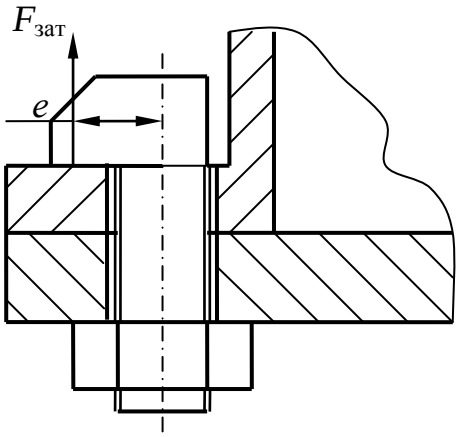


Рис. 1.7. Соединение болтом с молотовидной головкой

Затяжка соединения вызывает возникновение в стержне болта напряжений растяжения

$$\sigma_р = \frac{4F_{зат}}{\pi d_1^{\,2}} \qquad (1.21)$$

и напряжений изгиба

$$\sigma_и = \frac{32F_{зат}e}{\pi d_1^{\,3}}, \qquad (1.22)$$

где e – эксцентриситет силы затяжки.

Для сопоставления величин составляющих напряжений предположим, что $e = d_1$. Тогда

$$\sigma_и = \frac{32F_{зат}}{\pi d_1^{\,2}}; \qquad (1.23)$$

$$\sigma_и / \sigma_р = 8. \qquad (1.24)$$

Из (1.24) видно, что из двух составляющих гораздо более опасно напряжение изгиба. Следовательно, эксцентричного нагружения болтов нужно всемерно избегать, а в тех случаях, когда использование эксцентрично нагруженного болта является технической необходимостью, обязательно учитывать его в расчетах.

Суммарное напряжение в стержне болта с учетом напряжения кручения

$$\sigma_р = \frac{5{,}2F_{зат}}{\pi d_1^{\,2}} + \frac{32F_{зат}e}{\pi d_1^{\,3}} \le [\sigma]. \qquad (1.25)$$

Из формулы (1.25) видно, что напряжение изгиба составляет существенную часть расчётного напряжения. Поэтому в случаях, когда эксцентричное нагружение не вызвано конструктивной необходимостью, его следует всемерно избегать.

1.4.5. Материалы и допускаемые напряжения

Стандартные крепежные изделия изготовляют обычно из сталей марок Сталь10…Сталь 35, так как эти дешевые стали позволяют выпускать большие количества изделий наиболее производительными методами. Стали с более высокими прочностными характеристиками применяют для изготовления

высоконагруженных деталей в ответственных соединениях. В этих случаях может предусматриваться также термическая обработка.

Особое внимание следует уделять защите соединений от коррозии. С этой целью стандарты предусматривают больше десятка различных видов покрытий болтов, шпилек и гаек применительно к различным агрессивным средам – от цинкового с хромированием до серебряного. В тех случаях, когда вид среды неизвестен, можно рекомендовать достаточно простые и дешевые покрытия, такие как кадмиевое с хромированием (группа 02).

В технически обоснованных случаях крепежные детали выполняют из цветных металлов и сплавов.

Допускаемые напряжения при расчете резьбовых соединений на прочность сведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Допускаемые напряжения

Случай соединения	Номер формулы	Значение допускаемого напряжения
1	(1.9)	$[\sigma] = 0{,}6\sigma_т$
2,3,5	(1.10), (1.20)	$[\sigma] = \sigma_т/[s]$; $[s]$ – по табл. 1.3 для неконтролируемой затяжки; $[s] = 1{,}5…2{,}5$ – для контролируемой затяжки
4	(1.14), (1.15), (1.16)	$[\tau] = 0{,}4\sigma_т$ – для статической нагрузки; $[\tau] = (0{,}2…0{,}3)\sigma_т$ – для переменной нагрузки; $[\sigma_{см}] = 0{,}8\sigma_т$ – сталь; $[\sigma_{см}] = (0{,}4…0{,}5)\sigma_т$ – чугун
6	(1.25)	$[\sigma] = 0{,}6\sigma_т$

Различают затяжку **контролируемую** и **неконтролируемую**. Контролируемая затяжка осуществляется с помощью специальных динамометрических ключей и ключей предельного момента, дающих возможность затянуть соединение заданной силой (и не большей). Существуют также и другие средства и методы контроля затяжки, к которым следует прибегать там, где это оговорено техническими требованиями. Судя по величинам запасов прочности (табл. 1.3), контролируемая затяжка позволяет существенно повысить надежность соединений.

Таблица 1.3

Запасы прочности при неконтролируемой затяжке

Материал болта	Запас прочности [s] для резьбы		
	М6…М16	М16…М30	М30…М60
Углеродистая сталь	5…4	4…2,5	2,5…1,5
Легированная сталь	6,5…5	5…3,3	3,3

1.5. Заклепочные соединения

1.5.1. Разновидности заклепочных соединений

Заклепочное соединение образуется расклепыванием стержня заклепки, вставленной в отверстия деталей (рис. 1.8). Обжимка 1 формирует замыкающую головку 2 заклепки 3, причем вследствие пластических деформаций стержень заклепки заполняет зазор в отверстиях. Поддержка 4 фиксирует закладную головку 5 заклепки.

Силы, вызванные упругими деформациями деталей и стержня заклепки, стягивают детали. Сдвигу деталей препятствует сопротивление стержня заклепки и частично силы трения между деталями.

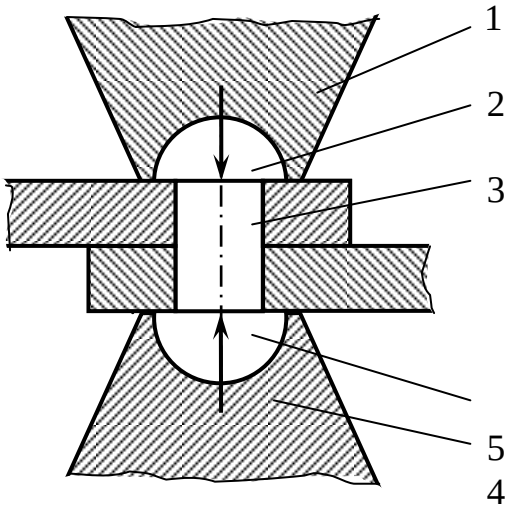


Рис. 1.8. Заклепочное соединение

Отверстия в деталях сверлят или продавливают. Сверление менее производительно, но придает соединению повышенную прочность. В ответственных соединениях предусматривается обязательное совместное сверление отверстий в деталях, что дополнительно повышает надежность соединения.

Клепку можно производить вручную и машинным способом (пневматическими молотками, прессами и т. п.).

Стальные заклепки диаметром до 10 мм и заклепки из цветных металлов ставят без нагрева, поэтому процесс расклепывания называют **холодной клепкой**. Стальные заклепки большого диаметра ставят с нагревом. Нагрев повышает пластичность заклепки, облегчает расклепывание, улучшает заполнение отверстия и повышает натяг в соединении, связанный с температурными деформациями при остывании. В этом случае образование соединения называют **горячей клепкой.**

Применяют заклепки с полукруглой головкой (такая заклепка показана на рис. 1.8), с потайной и полупотайной головками. Кроме того, существуют различные типы специальных заклепок: пустотелые и полупустотелые, заклепки для односторонней клепки и т. д. Геометрическая форма и размеры заклепок нормальной точности оговариваются ГОСТ 10299, ГОСТ 10300, заклепок повышенной точности – ГОСТ 14787, ГОСТ 14798, ГОСТ 14801.

Листовые детали соединяются заклепочными **швами**. В зависимости от назначения различают швы **прочные, плотные** и **прочноплотные**. Прочные швы применяют в металлоконструкциях, плотные – в резервуарах для хранения жидкостей и газов с невысоким давлением, прочноплотные – в резервуарах для хранения жидкостей и газов с высоким давлением. Плотность шва достигается постановкой заклепок с шагом, не большим некоторого строго определенного значения.

По конструктивному признаку различают швы **однорядные** и **многорядные**, соединения **внахлестку** и **встык, односрезные** и **многосрезные**. На рис. 1.9 приведен пример двухсрезного соединения внахлестку.

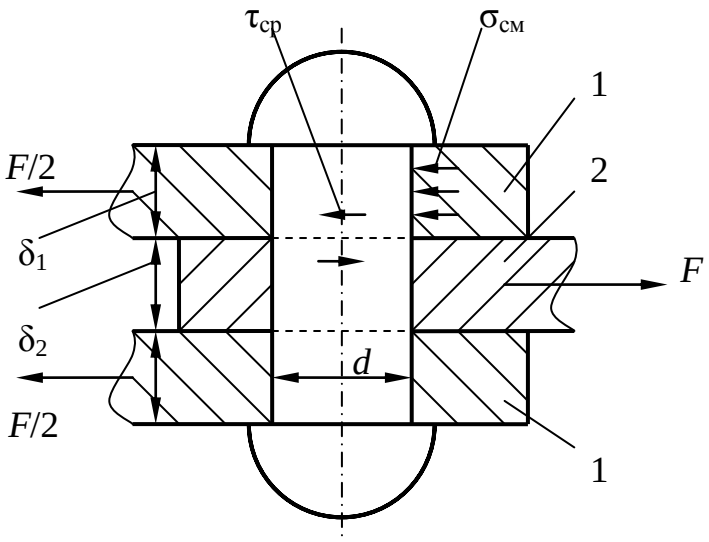


Рис. 1.9. Двухсрезное заклепочное соединение внахлестку

Применение заклепочного соединения целесообразно в тех случаях, когда материалы деталей плохо соединяются сваркой, а также в тех конструкциях, где важно растянуть во времени процесс разрушения.

К недостаткам соединения относятся трудоемкость выполнения длинных заклепочных швов, вредность работы клепальщика, существенное ослабление соединяемых деталей отверстиями под заклепки.

1.5.2. Расчет заклепочного соединения на прочность

На основные размеры заклепочных соединений выработаны нормы, по которым выбирают диаметры отверстия и заклепки, шаг шва и расстояние от шва до края деталей, а также толщину деталей. Расчет заклепки обычно носит проверочный характер.

Рассмотрим соединение, нагруженное силами, сдвигающими детали в стыке (см. рис. 1.9). Его расчет аналогичен приведенному выше расчету резьбового соединения болтом, поставленным в отверстия без зазора, поэтому дополнительных пояснений не требует.

Условие прочности заклепки по напряжениям среза выражается формулой

$$\tau = \frac{4F}{\pi d^2 i} \le [\tau_{ср}], \qquad (1.26)$$

условия прочности по напряжениям смятия:

$$\sigma_{см1} = \frac{F}{2d\ \delta_1} \le [\sigma_{см}], \qquad (1.27)$$

$$\sigma_{см2} = \frac{F}{d\ \delta_2} \le [\sigma_{см}]. \qquad (1.28)$$

Допускаемые напряжения для заклепки из стали Ст3 принимают такими: $[\tau_{ср}]$ =140 (100) МПа; $[\sigma_{см}]$ = 320 (280) МПа. Первые числа – для отверстий, полученных сверлением, значения в скобках – для отверстий, полученных продавливанием.

Материал заклепки должен отвечать следующим требованиям:

– обладать пластичностью;

– не принимать закалки при горячей клепке;

– не образовывать с материалом деталей гальванической пары.

1.6. Сварные соединения

1.6.1. Виды сварки

Из всего многообразия применяемых в настоящее время в производстве видов сварки преимущественно используются **электродуговая** и **контактная**.

В электродуговой сварке образование соединения основано на заполнении стыка между деталями металлом **электрода,** расплавленного электрической дугой. Данный способ требует качественного прогрева кромок деталей и предотвращения доступа в зону сварки кислорода и азота воздуха. Последнее обеспечивается специальным покрытием электрода, которое, разлагаясь под действием температуры дуги, выделяет большое количество газа, инертного по отношению к металлу.

Различают **ручную** и **автоматическую** электродуговую сварку. Шов, выполненный сварочным автоматом, имеет более высокое качество, а следовательно, и большую статическую и усталостную прочность. Однако выполнить соединение автоматически далеко не всегда возможно.

Контактная сварка является высокопроизводительным методом и применяется для соединения листовых деталей толщиной до 4 мм. Она основана на использовании повышенного **электрического сопротивления** зоны контакта деталей. Различают **точечную, шовную** и **стыковую** контактную сварку.

Сущность контактной сварки поясним на примере ее точечной разновидности (рис. 1.10).

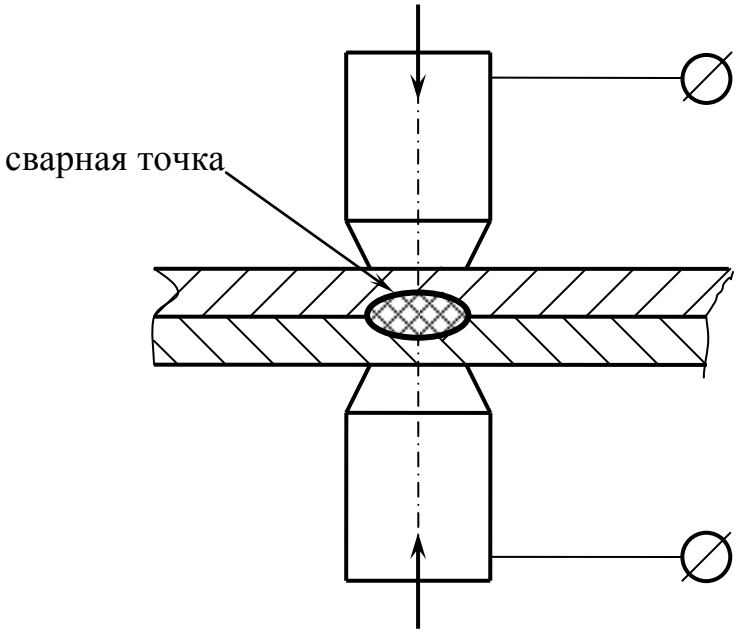


Рис. 1.10. Схема контактной точечной сварки

Детали сжимаются электродами. Ток течет между электродами, при этом теплота в основном выделяется на поверхности контакта деталей; металл плавится, и образуется сварная точка.

Шовная сварка выполняется аналогично, но в качестве электродов применяют диски, которые перекатываются по деталям в направлении шва. Появляется возможность провести герметичный шов.

Стыковая контактная сварка применяется для соединения встык деталей типа стержней со сравнительно небольшой площадью поперечного сечения.

Достоинства сварного соединения следующие:

– высокая производительность и сравнительно невысокая трудоемкость сварки;

– простота обеспечения равнопрочности изделия, снижение его массы и стоимости.

Недостатки:

– необходимость правильного выбора материалов деталей;

– наличие в шве дефектов (неоднородностей, микротрещин и т. п.) и, как следствие, снижение прочности соединения.

Лучше всего свариваются детали из низкоуглеродистых сталей, например, из стали Ст3. Стали углеродистые и легированные требуют для сварки применения специальных приемов: предварительного прогрева деталей, подачи инертного газа в зону сварки и т. д.

1.6.2. Соединения ручной электродуговой сваркой

Ручная электродуговая сварка представляет собой наиболее универсальный способ образования соединений, поэтому именно она и будет рассмотрена подробно.

Элементы сварных швов, получаемых ручной электродуговой сваркой, указаны в ГОСТ 5264. Стандарт устанавливает четыре типа соединений в зависимости от взаимного расположения соединяемых деталей: **стыковое, нахлесточное, тавровое** и **угловое.**

Стыковое соединение (рис. 1.11) простое и зачастую наиболее надежное. При толщине деталей $s \leq 6$ мм их можно соединять без **разделки кромок** (соединение С2). В случае $s > 6$ мм расплавленный металл электрода не может заполнить зазор между деталями, получается некачественный шов пониженной прочности. Поэтому при толщинах больших 6 мм применяют подварку с другой стороны, одностороннюю и двухстороннюю разделку кромок деталей (например соединения С5 и С21).

Нахлесточное соединение (рис. 1.12) возникло как аналог заклепочного соединения внахлестку. Из всех сварных соединений оно наиболее простое, не требует подготовки кромок независимо от толщины деталей. Возможны одностороннее (Н1) и двухстороннее (Н2) нахлесточные соединения.

Тавровое соединение показано на рис. 1.13 и, подобно нахлесточному, может быть односторонним и двухсторонним. Кроме того, при бóльших s оно выполняется с разделкой кромок пристыковываемой детали.

Угловое соединение (рис. 1.14) часто применяется при изготовлении различного рода металлических емкостей – корпусов, коробов и т. п.

Различают два вида **швов: стыковой** шов – для образования стыковых соединений; **угловой** шов – для всех остальных соединений.

В обозначение типа **электрода** для ручной электродуговой сварки по ГОСТ 9467 входит буква «Э» и число, равное пределу прочности металла электрода, выраженному в кгс/мм^2, например Э42, Э50А. Буква «А» в обозначении показывает, что химический состав электрода подвергается дополнительному контролю. Такие электроды применяются в ответственных соединениях для повышения надежности конструкции.

Стандарт устанавливает ряд диаметров электродов в миллиметрах: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12... Для ручной сварки используют электроды небольших диаметров, как правило, до 6 – 8 мм, так как при этом достигается наивысшее качество шва в сочетании с невысокой трудоемкостью сварки.

1.6.3. Расчет сварных соединений на прочность

Расчет **стыкового шва** производится следующим образом.

Напряжение в шве от растягивающей нагрузки (см. рис. 1.11) определяют по формуле

$$\sigma = \frac{F}{bs} \le [\sigma'] = (0{,}9...1{,}0)[\sigma_р], \qquad (1.29)$$

где b – длина шва; [σ'] – допускаемое напряжение для материала шва; [$\sigma_р$] – допускаемое напряжение растяжения для материала деталей.

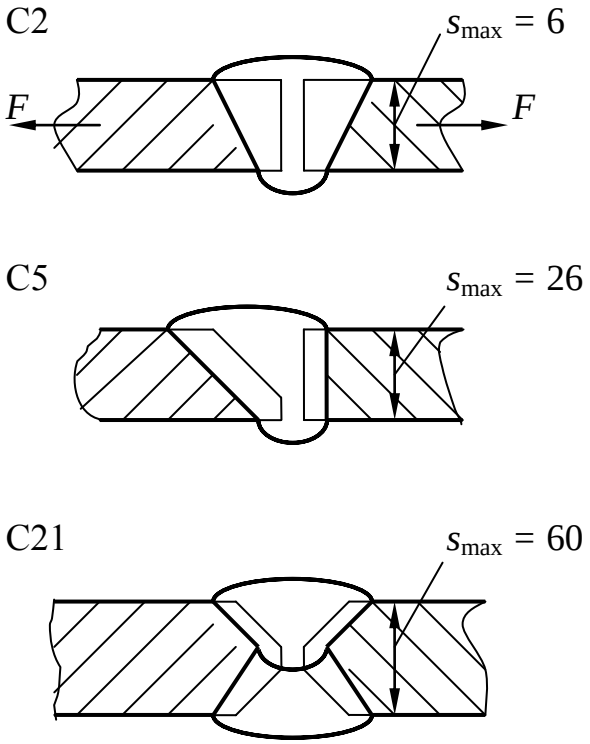


Рис. 1.11. Стыковое сварное соединение

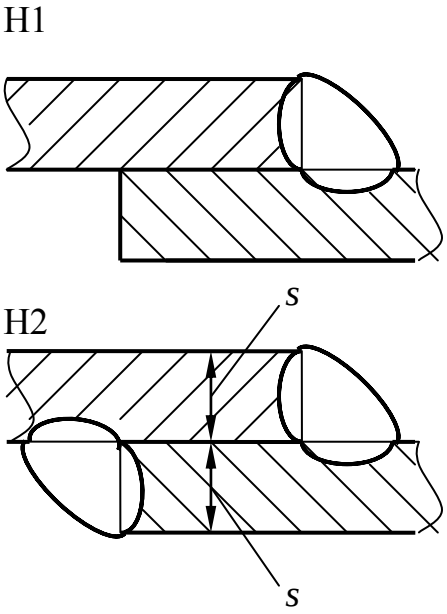


Рис. 1.12. Нахлесточное сварное соединение

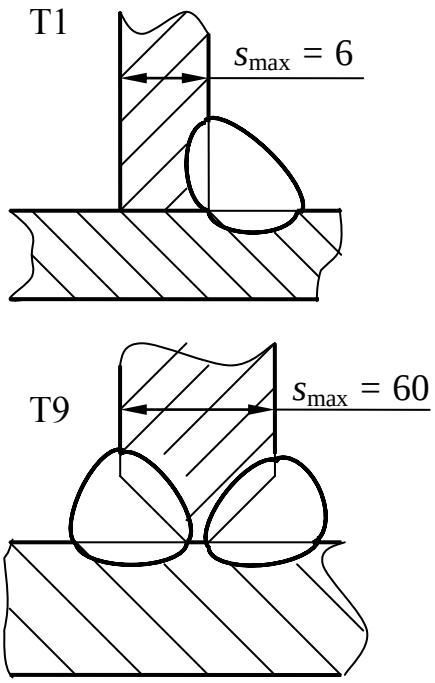


Рис. 1.13. Тавровое сварное соединение

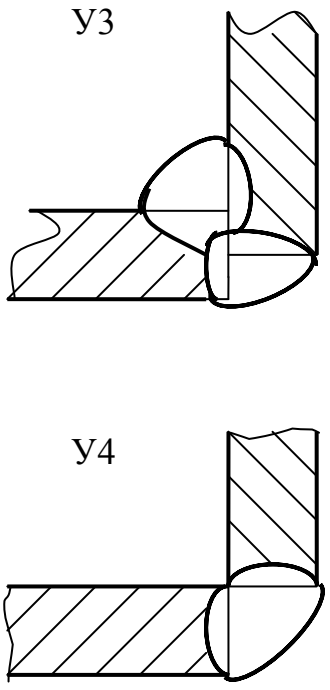


Рис. 1.14. Угловое сварное соединение

Предполагается, что стыковой шов практически равнопрочен с соединяемыми деталями. В формуле (1.29) коэффициент 0,9 принимают при электродах Э42, Э50, а коэффициент 1,0 – при электродах Э42А, Э50А.

Напряженное состояние **углового шва** в нахлесточном и тавровом соединениях существенно отличается от напряженного состояния стыкового шва даже при простейшем нагружении растягивающими силами. В материале шва возникают как нормальные, так и касательные напряжения. Инженерный расчет производится упрощенно по касательным напряжениям. По форме швы разделяют на нормальные в виде равнобедренного прямоугольного треугольника, выпуклые и вогнутые. Вогнутые швы лучше сопротивляются переменной нагрузке, но выполнение их связано с дополнительной механической обработкой, а следовательно, и с дополнительными затратами. В дальнейшем рассматриваются **нормальные швы** как самые распространенные в практике.

На рис. 1.15 показано нахлесточное соединение нормальным угловым швом с длиной L и катетом K. Разрушение такого шва происходит по биссектрисе AB прямого угла, что предсказано теорией и подтверждено практикой.

Площадь опасного сечения шва

$$A_{\text{о.с}} = AB \cdot L \approx 0{,}7KL. \qquad (1.30)$$

Условие прочности шва

$$\tau = \frac{F}{A_{\text{о.с}}} = \frac{F}{0{,}7KL} \le [\tau']. \qquad (1.31)$$

Допускаемое касательное напряжение для сварных швов, выполненных электродами Э42, Э50, принимают $[\tau'] = 0{,}6[\sigma_{\text{р}}]$, а для швов, выполненных электродами Э42А, Э50А, – $[\tau'] = 0{,}65[\sigma_{\text{р}}]$.

По расположению относительно направления нагрузки различают швы **фланговые** (параллельные нагрузке), **лобовые** (перпендикулярные нагрузке) и **косые**. Напряжения в лобовом и фланговом швах различаются (при прочих равных условиях), но в инженерных расчетах касательные напряжения с достаточной степенью точности определяются по одним и тем же формулам.

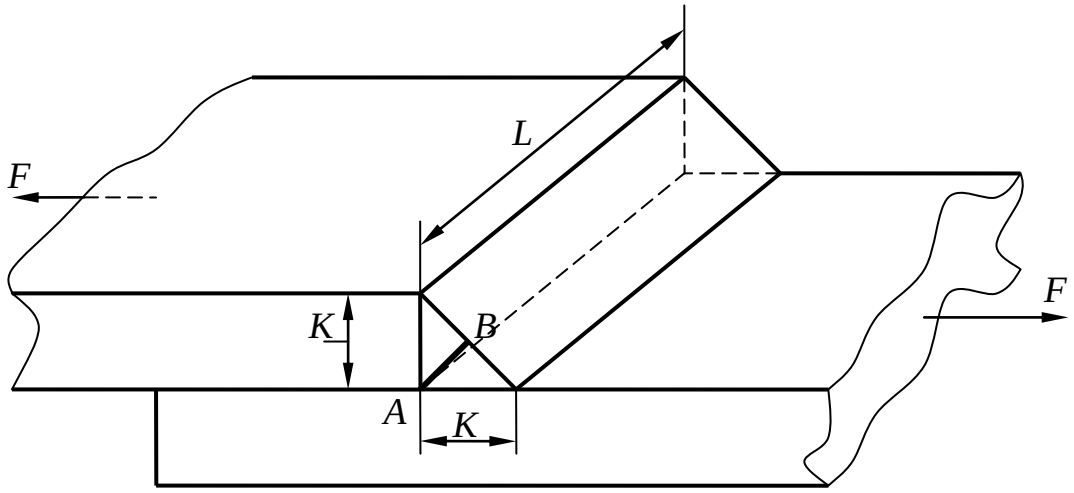


Рис. 1.15. Геометрия углового шва

На рис. 1.16 приведено соединение двумя фланговыми и одним лобовым швами. Для этого случая формула (1.31) принимает следующий вид:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7K(2L_{ф} + L_{л})} \leq [\tau'], \qquad (1.32)$$

где $L_{ф}$, $L_{л}$ – длины флангового и лобового швов.

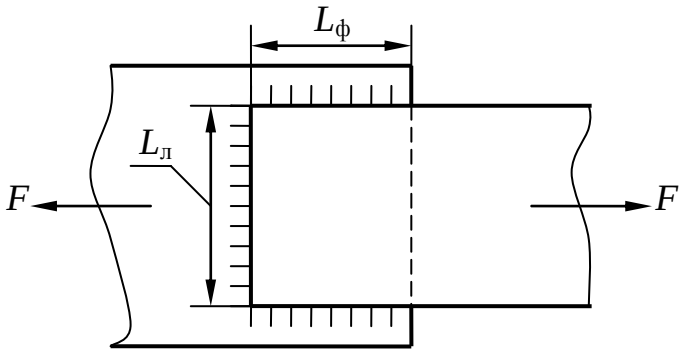


Рис. 1.16. Вариант нахлесточного соединения двумя фланговыми и одним лобовым швами

Соединения, показанные на рис. 1.17, нагруженные парой сил с моментом T, рассчитываются по следующим формулам:

соединение на рис. 1,17, *а*:

$$\tau = \frac{T}{0{,}7KLb} \leq [\tau']; \qquad (1.33)$$

на рис. 1.17, *б*:

$$\tau = \frac{6T}{0{,}7Kb^2} \le [\tau']; \qquad (1.34)$$

на рис. 1.17, *в*:

$$\tau = \frac{T}{0{,}7KLb + 0{,}7K\dfrac{b^2}{6}} \le [\tau']. \qquad (1.35)$$

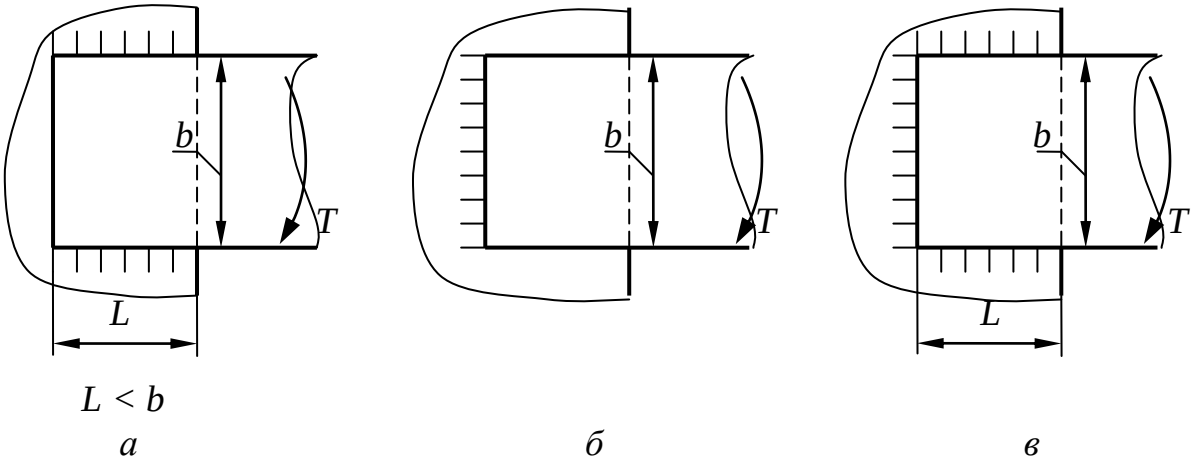


Рис. 1. 17. Соединения, нагруженные парой сил с моментом *T*

В тех случаях, когда соединение находится одновременно под действием различных нагрузок (поперечная и продольная силы, крутящий момент и т.п.), расчет ведут, исходя из принципа независимости действия сил.

Контрольные вопросы

1. Что называется соединением? Какие виды соединений используются в технике?

2. Как выполняется расчёт на прочность соединения призматической шпонкой?

3. Дайте сравнительную характеристику шпоночных и зубчатых соединений.

4. Укажите основные геометрические параметры метрической резьбы.

5. Опишите конструкцию болта в отверстие и-под развёртки.

7. Как выполняется расчёт на прочность эксцентрично нагруженного болта?

8. Как выполняется расчёт на прочность заклёпки?

9. Какие существуют стандартные разновидности соединений ручной электродуговой сваркой?

10. Укажите основные геометрические параметры углового шва.

2. ПЕРЕДАЧИ

2.1. Общие сведения

Механической передачей называется механизм, преобразующий параметры движения при его передаче от двигателя к исполнительным органам машины. Передача осуществляет согласование режима работы двигателя с режимом работы исполнительных органов.

В ряде случаев передачи предназначены для изменения направления движения или для преобразования вращательного движения в поступательное или наоборот.

Часто в функцию передачи входит регулирование частоты вращения (скорости) исполнительного органа при постоянной скорости двигателя. Такая передача называется **вариатором**.

Основными параметрами движения являются **мощность** P_1 на входе и P_2 на выходе передачи и **частоты вращения** n_1 на входе и n_2 на выходе (либо **угловые скорости** ω_1 и ω_2 соответственно). Кроме того, различают производные характеристики:

– **коэффициент полезного действия** (КПД)

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}, \qquad (2.1)$$

– **передаточное отношение**, определяемое в направлении потока мощности:

$$i = n_1/n_2 = \omega_1/\omega_2 . \qquad (2.2)$$

По величине i передачи делятся на понижающие при $i > 1$ и $n_1 > n_2$, или **редукторы**, и повышающие при $i < 1$ и $n_1 < n_2$, или **мультипликаторы**. В большинстве случаев частоту вращения требуется понизить, поэтому редукторы используются значительно чаще, чем мультипликаторы.

Кроме соотношений (2.1) и (2.2) в расчете передач часто используют следующие зависимости:

$$T = P/\omega; \quad (2.3)$$

$$\omega = \pi n/30; \quad (2.4)$$

$$T_2 = T_1 i\eta, \quad (2.5)$$

где T – крутящий момент на валу передачи.

Формула (2.5) выражает связь между крутящими моментами на выходном валу T_2 и на входном валу T_1.

Механические передачи делятся на **передачи трением** (фрикционные, ременные) и **передачи зацеплением** (зубчатые, червячные, цепные, винтовые). Передачи зацеплением по сравнению с передачами трением обладают повышенной нагрузочной способностью (или меньшими размерами при равной мощности), обеспечивают высокую точность и большую величину передаточного отношения, могут использоваться в широком диапазоне скоростей.

К недостаткам их можно отнести сложность изготовления, шум при высоких скоростях, неспособность компенсировать динамические нагрузки (жесткость).

Далее о передачах трением дано только общее представление, а передачи зацеплением рассмотрены подробно.

2.2. Ременные передачи

Ременная передача (рис. 2.1) состоит из двух **шкивов** – ведущего 1 и ведомого 2, закрепленных на валах, и **ремня** 3, охватывающего шкивы.

Нагрузка передается силами трения, возникающими между ремнем и шкивами вследствие натяжения ремня. Передача также может включать в себя устройство для обеспечения требуемой силы натяжения ремня (**натяжное устройство**).

По форме поперечного сечения ремня различают передачи **плоскоременные** (рис. 2.2, *а*), **клиноременные** (рис. 2.2, *б*), **поликлиноременные** (рис. 2.2, *в*), **круглоременные**, а также передачи **пленочными ремнями**. Преимущественное распространение имеют передачи первыми двумя видами ремней.

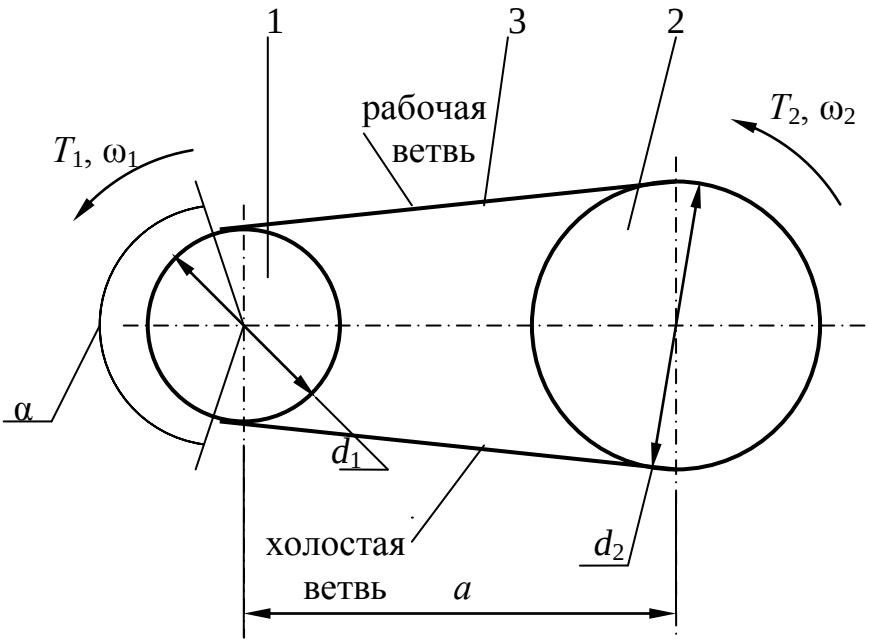


Рис. 2.1. Схема ременной передачи

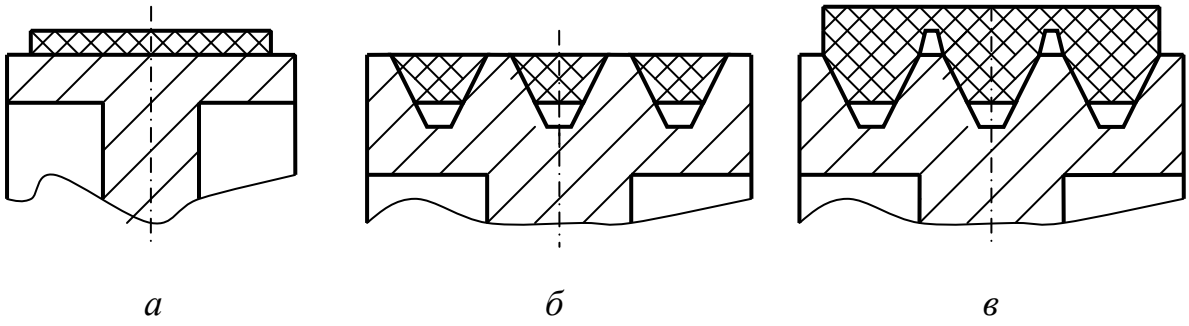


Рис. 2.2. Формы поперечного сечения ремней

Клиноременная передача по сравнению с плоскоременной имеет важные преимущества:

– бóльшие силы трения ремня по шкиву при равных силах натяжения, а следовательно, передача бóльших крутящих моментов и мощностей;

– передача осуществляется, как правило, несколькими клиновыми ремнями, в результате чего повышается ее надежность (выход из строя одного ремня еще не означает остановку механизма, а тем более аварию).

К преимуществам плоскоременной следует отнести:

– возможность обеспечения значительных межосевых расстояний (размер *a* на рис. 2.1);

– возможность создания передач с непараллельными осями шкивов.

По способу натяжения ремней различают передачи **с натяжением при сборке, с периодическим подтягиванием** и **с автоматическим поддержанием натяжения.**

Способ натяжения ремня при сборке передачи самый простой: ремень с усилием надевают на шкивы и подтягивание его по мере износа и неупругой вытяжки не предусматривают. Нагрузочная способность такой передачи понижается, так как со временем натяжение ремня ослабевает.

Более совершенной в конструктивном отношении является передача, в которой возможно периодическое подтягивание ремня. Как правило, это достигается перемещением одного из шкивов, чаще – ведущего, с последующим закреплением на новом месте.

Передача с автоматическим поддержанием необходимого натяжения обычно содержит устройство в виде натяжного (плоскоременная передача) или оттяжного (клиноременная передача) ролика, воздействующего на холостую ветвь ремня. Поджатие ролика к ремню обеспечивается пружиной или грузом.

Установка оттяжного ролика отрицательно сказывается на долговечности ремней, поэтому в клиноременных передачах чаще используют периодическое подтягивание.

К основным геометрическим параметрам ременной передачи относятся **межосевое расстояние** a, **диаметры шкивов** d_1 и d_2, **длина ремня** L, **угол обхвата ремнем малого шкива** α.

Рекомендуемые величины a:

для плоскоременных передач

$$a \geq 2(d_1 + d_2); \tag{2.6}$$

для клиноременных передач

$$0{,}55(d_1 + d_2) + h \leq a \leq 2(d_1 + d_2), \tag{2.7}$$

где h – высота сечения ремня.

Точное значение передаточного отношения ременной передачи

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)}, \qquad (2.8)$$

где ε – коэффициент упругого скольжения ремня по шкиву.

При нормальной работе передачи ε = 0,01…0,03.

Соотношение крутящих моментов на шкивах

$$T_1 = \frac{T_2}{i\eta}, \qquad (2.9)$$

где η – КПД передачи.

Плоскоременные передачи имеют η ≈ 0,97, клиноременные – η ≈ 0,96.

Методики расчета ременных передач изложены в работах [1, 3].

2.3. Цилиндрические зубчатые передачи

2.3.1. Геометрические параметры цилиндрических зубчатых передач

Цилиндрические зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления относятся к преобразователям вращательного движения **с параллельными осями колес**. Частным случаем такой передачи считают **реечное зацепление**, в котором одно из колес имеет бесконечно большой радиус, вследствие чего вырождается в прямолинейную **зубчатую рейку**.

По форме профиля зуба различают передачи **эвольвентные**, **циклоидные** и **Новикова**. В зацеплениях эвольвентном и циклоидном боковые стороны профиля зуба очерчены, соответственно, по эвольвенте и циклоиде. В зацеплении Новикова профиль зуба образован дугами окружностей.

Циклоидное зацепление применяется в кинематических передачах приборов. Наибольшее распространение получило эвольвентное зацепление: оно позволяет создавать достаточно прочные и малогабаритные преобразователи движения и обладает существенными технологическими преимуществами.

Наиболее высокие прочностные характеристики имеет зацепление Новикова, однако оно значительно сложнее в изготовлении. Далее будут рассматриваться передачи с эвольвентными зубьями.

По расположению зубьев на колесах различают цилиндрические передачи **прямозубые** (зуб расположен по образующей цилиндра), **косозубые** (зуб расположен по винтовой линии) и **шевронные** (рис. 2.3).

Меньшее зубчатое колесо пары (рис. 2.4) называется **шестерней**, большее – **зубчатым колесом** (или просто **колесом**). Параметрам шестерни присваивается индекс 1, параметрам колеса – индекс 2.

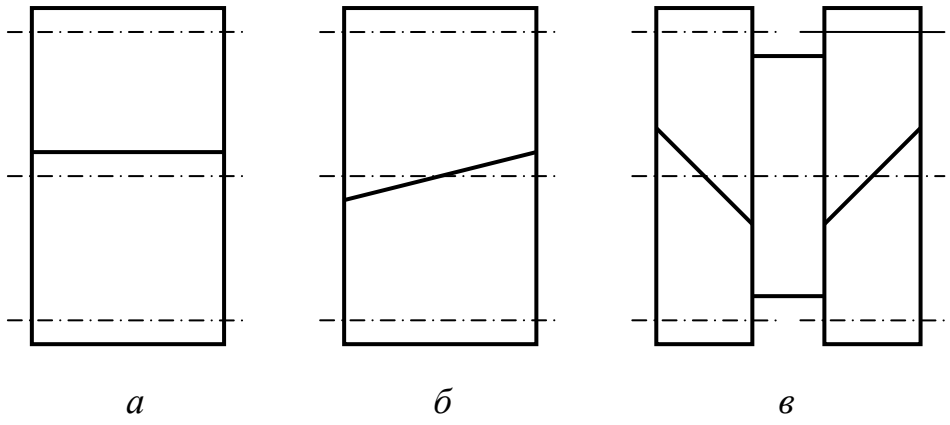


Рис. 2.3. Разновидности цилиндрических зубчатых колес по расположению зубьев:
***а* – прямозубое; *б* – косозубое; *в* – шевронное**

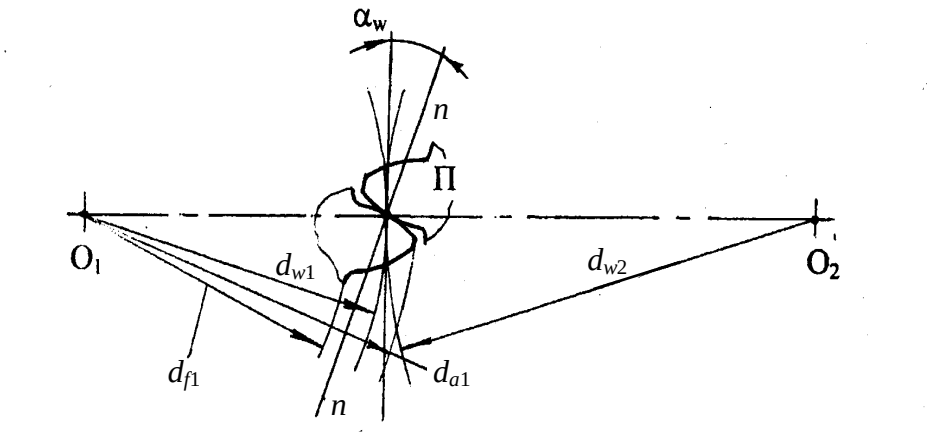


Рис. 2.4. Основные геометрические параметры прямозубой передачи

Термины, определения и методы расчета геометрических параметров зубчатых передач стандартизованы.

Рассмотрим сначала прямозубую передачу, а затем – особенности геометрии косозубой передачи.

Числа зубьев – z_1 и z_2.

Передаточное отношение от шестерни к колесу, называемое **передаточным числом**, равно

$$u = \frac{z_2}{z_1} \ . \qquad (2.10)$$

Делительный окружной шаг зубьев p есть расстояние между сходственными точками двух соседних зубьев по дуге делительной окружности.

Делительной окружностью называется окружность, по которой производится деление заготовки на зубья. По дуге делительной окружности толщина зуба равна толщине впадины (и равна $\frac{p}{2}$).

Основной характеристикой размеров зубьев является **модуль**

$$m = \frac{p}{\pi}. \qquad (2.11)$$

Значения модулей указаны в ГОСТ 9563, ряд модулей приведён ниже.

Для шестерен и колес без смещения исходного контура (о смещении исходного контура см. ниже):

высота зуба

$$h = 2{,}25m; \qquad (2.12)$$

диаметры делительных окружностей

$$d_1 = mz_1,$$
$$d_2 = mz_2; \qquad (2.13)$$

диаметры окружностей вершин зубьев

$$d_{a1} = m(z_1 + 2) = d_1 + 2m,$$
$$d_{a2} = m(z_2 + 2) = d_2 + 2m; \qquad (2.14)$$

диаметры окружностей впадин

$$d_{f1} = m(z_1 - 2{,}5) = d_1 - 2{,}5m,$$
$$d_{f2} = m(z_2 - 2{,}5) = d_2 - 2{,}5m; \qquad (2.15)$$

межосевое расстояние

$$a_w = 0{,}5m(z_1 + z_2). \qquad (2.16)$$

Кроме того, выделяют **начальные окружности**, по которым шестерня и колесо обкатываются в процессе вращения. Диаметры начальных окружностей:

$$d_{w1} = \frac{2a_w}{u+1},$$
$$d_{w2} = 2a_w - d_{w1}. \qquad (2.17)$$

Для передач без смещения $d_1 = d_{w1}$; $d_2 = d_{w2}$.

Точка касания начальных окружностей, обозначенная буквой П на рис. 2.4, называется **полюсом зацепления**.

Общая нормаль *n-n* к контактирующим поверхностям зубьев, проведенная через точку П, называется **линией зацепления**. При вращении шестерни и колеса точки контакта зубьев находятся на линии *n-n*. Угол между линией зацепления и перпендикуляром к **линии центров** O_1-O_2 – **угол зацепления** α_w. Стандартная величина $\alpha_w = 20^\circ$.

На рис. 2.5 показано расположение двух соседних зубьев косозубого колеса. Сечения зубьев тремя плоскостями – нормальной *n-n*, торцовой *t-t* и осевой *a-a* – дают соответственно **нормальный модуль** m, **торцовый модуль** m_t и **осевой модуль** m_a. В нормальном сечении профиль косого зуба совпадает с профилем прямого зуба, поэтому m должен быть стандартным. В торцовом и осевом сечениях модули зависят от угла наклона зуба β, стандарт на них не распространяется.

Особое значение имеют геометрические параметры в торцовом сечении: модуль торцовый

$$m_t = \frac{m}{\cos\beta}; \qquad (2.18)$$

диаметр делительный

$$d = m_t z = \frac{mz}{\cos\beta}; \tag{2.19}$$

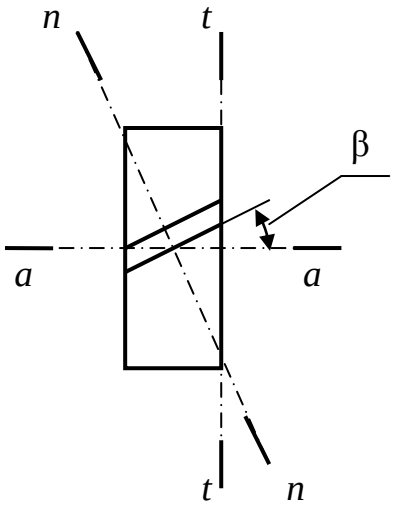


Рис. 2.5. Сечения зубьев косозубого колеса нормальной, торцовой и осевой плоскостями

шаг окружной

$$p_t = \frac{p_n}{\cos\beta}. \tag{2.20}$$

Геометрические параметры зубчатой передачи не исчерпываются указанными выше. Подробнее о геометрии зубчатых передач см., например, работу [2].

Рассмотрим, как число зубьев влияет на их форму.

Одним из наиболее технологичных и широко применяемых способов изготовления зубчатых колес является так называемый **способ обкатки**. Суть способа сводится к тому, что зубонарезающий инструмент в виде зубчатой рейки или шестерни вводится «в зацепление» с заготовкой, и перемещения инструмента и заготовки в процессе обработки подобны перемещениям пары деталей, находящихся в зацеплении.

При изготовлении обкаткой боковые стороны профиля зуба получаются эвольвентными. С увеличением числа зубьев колеса боковые стороны приближаются к прямолинейным, и в предельном случае, когда $z = \infty$ (зубчатая рейка), профиль приобретает форму равнобокой трапеции. Наоборот, с уменьшением

числа зубьев толщина зуба у основания и вершины уменьшается, кривизна профиля увеличивается. Когда z становится меньше некоторого минимального значения z_{min}, зубья инструмента, проворачиваясь во впадине заготовки, удаляют материал из ножки зуба. Это явление называется **подрезанием ножки**, оно существенно снижает прочность зуба. Для прямозубых передач считают $z_{min} = 17$.

При необходимости выполнения $z < z_{min}$, а также в некоторых других случаях применяют смещение нарезающего инструмента: инструмент отодвигают от положения, соответствующего нарезанию без смещения, на расстояние xm, где x – коэффициент смещения исходного контура. Смещение считают положительным, если оно направлено от центра, и отрицательным, если к центру заготовки. Шестерни нарезают при положительном смещении, что позволяет существенно изменить форму зуба: он становится короче и толще, подрезание ножки устраняется.

Нарезание зубьев со смещением является определенным усложнением процесса изготовления, поэтому рекомендуется по возможности не назначать z меньше z_{min}. Увеличения числа зубьев практически всегда можно достичь уменьшением модуля.

2.3.2. Силы, действующие в зубчатом зацеплении

На рис. 2.6 показано прямозубое зацепление.

Силу нормального давления зуба шестерни на зуб колеса F_n можно разложить на две составляющих:

– окружную силу

$$F_t = \frac{2T_2}{d_2}; \qquad (2.21)$$

– радиальную силу

$$F_r = F_t \operatorname{tg}\alpha_w. \qquad (2.22)$$

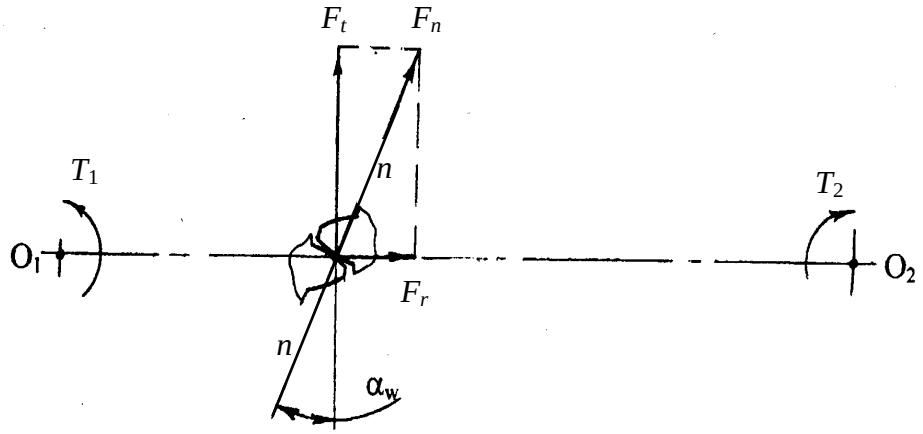


Рис. 2.6. Силы в прямозубом зацеплении

Сама сила F_n

$$F_n = \frac{F_t}{\cos\alpha_w}. \qquad (2.23)$$

В косозубом зацеплении (рис. 2.7) нормальную силу раскладывают на три составляющих:

– окружную силу – см. (2.21);

– радиальную силу

$$F_r = \frac{F_t \operatorname{tg}\alpha_w}{\cos\beta}; \qquad (2.24)$$

– осевую силу

$$F_a = F_t \operatorname{tg}\beta. \qquad (2.25)$$

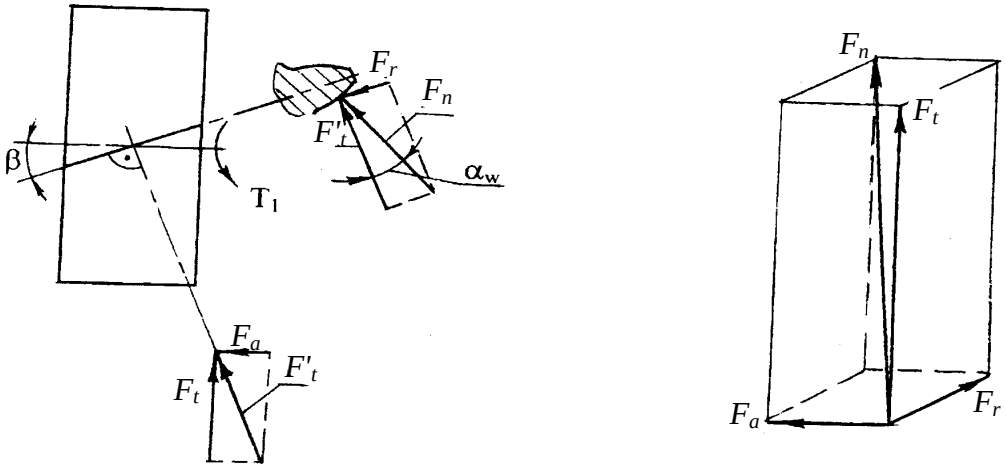


Рис. 2.7. Силы, действующие на зуб косозубого колеса

Нормальная сила является диагональю параллелепипеда с ребрами, равными F_t, F_r и F_a, и может быть найдена так:

$$F_n = \frac{F_t}{\cos\alpha_w \cos\beta}. \qquad (2.26)$$

2.3.3. Виды разрушения зубьев

Основной вид разрушения поверхности зубьев при хорошей смазке передачи, надежно защищенной от попадания пыли и грязи, – **усталостное выкрашивание**. Зубья таких передач разделены тонким слоем масла, устраняющим металлический контакт. Износ зубьев мал. Передача работает длительное время до появления усталости в поверхностных слоях зубьев. На поверхности появляются небольшие углубления, которые растут и превращаются в раковины. Выкрашиванию способствует смазка, она запрессовывается зубьями в трещины и своим давлением отделяет частицы металла. Причина усталостного выкрашивания – контактные напряжения σ_H.

Основные меры предупреждения выкрашивания: расчет передачи на усталость по контактным напряжениям; применение материалов с повышенной твердостью поверхности; повышение точности изготовления и монтажа передач. Во многих случаях выкрашивания можно избежать, если предусмотреть приработку зубьев в процессе эксплуатации передачи (о приработке см. ниже).

Поломка зубьев связана с напряжениями изгиба σ_F. Различают **полный** (по всей длине) и **угловой** изломы. Одна из причин полного излома – перегрузки ударного или статического характера. Другая причина – усталостная поломка от действия переменных напряжений. Причиной углового излома являются погрешности передачи, в результате которых нагрузка воспринимается не всей длиной зуба, а концентрируется на одном из его углов.

Поломку от перегрузок предупреждают защитой передачи посредством различных предохранительных устройств или учетом перегрузок при расчете; поломку от переменных напряжений предупреждают определением размеров из

расчета на усталость. К общим мерам относятся: увеличение модуля, положительное смещение при нарезании зубьев, термообработка, устранение концентраторов напряжений (рисок от обработки, раковин в отливках, микротрещин от термообработки). Углового излома можно избежать повышением точности сборки передачи (в частности, обеспечением параллельности осей колес) и применением зубьев со срезанными углами.

Открытые передачи, а также закрытые, но недостаточно защищенные от попадания абразивных частиц, выходят из строя в основном из-за **абразивного износа**. По мере износа зубьев увеличиваются зазоры в зацеплении, появляется шум, возрастают динамические нагрузки. Толщина зубьев уменьшается, и, соответственно, снижается их прочность.

Основные меры борьбы с износом: повышение твердости поверхности зубьев, защита от загрязнения, применение специальных смазочных материалов. Большое значение имеет своевременное диагностирование сверхнормативного износа и замена изношенных колес.

Кроме перечисленных видов разрушения зубьев наблюдаются такие, как заедание, пластический сдвиг, отслаивание твердого поверхностного слоя. Однако при грамотном расчете, качественном изготовлении и правильной эксплуатации передачи вероятность этих разрушений значительно ниже.

2.3.4. Материалы зубчатых передач

В настоящее время установлено, что контактная прочность зубьев определяется в основном твердостью материала. Наибольшая твердость, а следовательно, наименьшие габариты и массу передачи можно получить при изготовлении колес из сталей, подвергнутых термической обработке.

В зависимости от твердости стальные зубчатые колеса разделяют на две основные группы: твердостью $HB < 350$ и твердостью $HB > 350$.

Твердость $HB < 350$ позволяет производить чистовое нарезание зубьев после термообработки, в результате чего можно получать высокую точность без

дорогих отделочных операций (шлифовки, притирки и т. п.). Колеса этой группы хорошо прирабатываются и не подвержены хрупкому разрушению при динамических нагрузках. Под **приработкой** понимают износ поверхностей зубьев передачи, приводящий к более равномерному распределению нагрузки по длине зуба, а потому существенно повышающий надежность зубчатых колес. Приработку зубьев широко используют в условиях индивидуального и мелкосерийного производства в мало- и средненагруженных передачах. Обычно для лучшей приработки твердость шестерни назначают на 20…50*HB* больше, чем твердость колеса.

Твердость материалов второй группы (*HB* > 350) обычно выражают в единицах *HRC*. Соотношение единиц *HB* и *HRC* таково: 1*HRC* ≈ 10*HB*. Специальными видами термообработки могут быть получены твердости 50…60 *HRC*, причем допускаемые контактные напряжения возрастают примерно в два раза, а нагрузочная способность передачи – в четыре раза по сравнению с передачей, изготовленной из материалов первой группы. Очевидно, что применение высокотвердых материалов является большим резервом повышения нагрузочной способности зубчатых передач.

К недостаткам материалов этой группы следует отнести плохую прирабатываемость и, как следствие, необходимость повышенной точности изготовления деталей передач и их монтажа. Кроме того, некоторые виды термообработки (объемная закалка, цементация) сопровождаются значительным короблением зубьев. Для исправления формы зубьев требуются дополнительные операции.

Данные по механическим характеристикам некоторых наиболее широко используемых сталей приведены в табл. 2.1, а также в работе [3]. Материалы группы *HB* < 350 представлены нормализованными и улучшенными сталями, а группы *HB* > 350 – закаленными объемной или поверхностной закалкой, а также азотированными.

В зависимости от способа получения заготовки различают литые, кованые, штампованные колеса и колеса из круглого проката.

2.3.5. Методика расчета закрытой зубчатой передачи

2.3.5.1. Общие положения

Настоящая методика основана на ГОСТ 21354 и ГОСТ 2185, предназначена для расчета на усталостную и статическую прочность эвольвентных цилиндрических зубчатых передач и может быть использована студентами при конструировании ММ в ходе курсового и дипломного проектирования.

Рекомендуется следующий порядок расчета:

– выбор двигателя по требуемой номинальной мощности, заданной частоте вращения и условиям работы;

– кинематический расчет передачи;

– выбор материалов для шестерни и колеса, определение допускаемых напряжений;

– определение крутящих моментов на шестерне и колесе;

– проектировочный расчет передачи;

– проверочные расчеты передачи.

2.3.5.2. Исходные данные для расчета

Задание на расчет передачи содержит следующие **обязательные** данные:

– кинематическая схема, дающая возможно более полное представление о том, как передается вращение на ведущий вал и снимается с ведомого вала передачи;

– номинальный крутящий момент на выходном валу $T_т$, Нм;

– частота вращения выходного вала $n_т$, об/мин;

– срок службы передачи $T_{сл}$, лет;

– нагрузочная диаграмма (циклограмма), отражающая изменение крутящего момента на выходном валу в течение рабочей смены (рабочего цикла).

Кроме указанных, задание может включать в себя **дополнительные требования**, например, кратность максимального допустимого пикового момента,

направление вращения выходного вала, максимальные допустимые габаритные размеры и т. д.

Таблица 2.1

Механические характеристики сталей

Группа сталей	Марка стали	Термообработка	Твердость		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа
			поверхности	сердцевины		
HB<350	35	Н	163…192*HB*		550	270
	40	У	192…228*HB*		700	400
	45	Н	179…207*HB*		600	320
		У	235…262*HB*		780	540
		У	269…302*HB*		890	650
	40Х	У	235…262*HB*		790	640
		У	269…302*HB*		900	750
	40ХН	У	235…262*HB*		800	650
		У	269…302*HB*		920	750
	35ХМ	У	235…262*HB*		800	670
		У	269…302*HB*		920	790
	35Л	Н	163…207*HB*		550	270
	40Л	Н	147*HB*		520	295
	45Л	У	207…235*HB*		680	440
	40ГЛ	У	235…262*HB*		850	600
HB>350	40Х	У + ТВЧ	45…50*HRC*	269…302*HB*	900	750
		А	50…59*HRC*	269…302*HB*	1000	800
	40ХН	З	48…54*HRC*		1600	1400
		У + ТВЧ	48…54*HRC*	269…302*HB*	920	750
	35ХМ	З	45…53*HRC*		1600	1400
		У + ТВЧ	48…54*HRC*	269…302*HB*	920	790
	38ХМЮА	З	45…53*HRC*		1700…1950	1350…1600
		А	57…67*HRC*	30…35*HRC*	1050	900

Примечание. Обозначение термообработки: У – улучшение; Н – нормализация; З – закалка объемная; ТВЧ – закалка с нагревом токами высокой частоты; А – азотирование

2.3.5.3. Выбор двигателя

Тип двигателя проектант выбирает самостоятельно, руководствуясь рекомендациями учебно-методической литературы [1 – 3]. В настоящей методике для определенности принят наиболее широко распространенный в машиностроении трехфазный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель.

Требуемую номинальную мощность двигателя вычисляют по формуле

$$P_{\text{тр}} = \frac{T_{\text{т}} n_{\text{т}}}{\eta \eta_{\text{п}}^{2}}, \qquad (2.27)$$

где η – КПД передачи; $\eta_{\text{п}} = 0{,}99$ – КПД пары подшипников качения.

Как правило, применяются зубчатые передачи степеней точности не ниже 7, для которых $\eta_{\text{б}} = \eta_{\text{т}} = 0{,}98\ldots0{,}99$.

Затем принимают типоразмер двигателя по условию

$$P_{\text{дв}} \geq P_{\text{тр}}, \qquad (2.28)$$

где $P_{\text{дв}}$ – номинальная мощность двигателя по каталогу.

Допустимо превышение требуемой мощности над номинальной, если выполняется условие

$$\frac{P_{\text{тр}} - P_{\text{дв}}}{P_{\text{дв}}} \cdot 100\% \leq [\Delta P], \qquad (2.29)$$

где $[\Delta P]$ – допустимая перегрузка двигателя принятого типа.

Для двигателей А4, АИР значение $[\Delta P] = 8$ %.

2.3.5.4. Кинематический расчет

Расчетное передаточное число

$$u_{\text{р}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{т}}}, \qquad (2.30)$$

где $n_{\text{дв}}$ – частота вращения вала двигателя.

Следует принять передаточное число редуктора u в соответствии со стандартным рядом передаточных чисел по условию

$$\frac{\left|u_{\text{р}} - u_{\text{ст}}\right|}{u_{\text{ст}}} \cdot 100\% \leq \Delta u, \qquad (2.31)$$

где $u_{\text{ст}}$ – ближайшее к $u_{\text{р}}$ значение передаточного числа из стандартного ряда; Δu – допустимое отклонение передаточного числа от стандартного значения.

Для цилиндрических зубчатых передач при $u_{\text{р}} \leq 4{,}5$ отклонение $\Delta u = 2{,}5$ %, при $u_{\text{р}} > 4{,}5$ отклонение $\Delta u = 4$ %.

Стандартный ряд передаточных чисел: …1,8; 2,24; 3,15; 3,55; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3, 7,1; 8,0…

В том случае, если условие (2.31) выполняется, можно принять либо $u = u_{\text{р}}$, либо $u = u_{\text{ст}}$. И то, и другое решения будут правомерными.

Далее следует найти частоты вращения и угловые скорости валов:

быстроходного

$$n_{\text{б}} = n_{\text{дв}};$$

$$\omega_{\text{б}} = \frac{\pi n_{\text{б}}}{30}; \qquad (2.32)$$

тихоходного

$$n_{\text{т}} = \frac{n_{\text{б}}}{u}, \qquad (2.33)$$

$$\omega_{\text{т}} = \frac{\omega_{\text{б}}}{u}. \qquad (2.34)$$

2.3.5.5. Материалы шестерни и колеса. Допускаемые напряжения

Марки сталей и режимы термообработки для шестерен и колес редуктора назначают по рекомендациям п. 2.3.4 и данным табл. 2.1.

Допускаемое контактное напряжение при расчете на выносливость определяют по формуле

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H\lim b}}{S_H} K_{HL}, \qquad (2.35)$$

где $\sigma_{H\lim b}$ – базовый предел контактной выносливости поверхности зубьев, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений N_{H0}; S_H – коэффициент безопасности; K_{HL} – коэффициент долговечности.

Значения N_{H0} определяют по табл. 2.2, $\sigma_{H\lim b}$ – по табл. 2.3.

Коэффициент S_H = 1,1 для нормализованных, улучшенных и объемно закаленных сталей (для материалов с однородной структурой); S_H = 1,2 для закаленных с нагревом ТВЧ и азотированных сталей (для материалов с неоднородной структурой).

Таблица 2.2

Значения N_{H0}, млн циклов

Твердость зубьев										
	HB	200	250	300	–	–	–	–	–	–
	HRC	–	–	–	36	42	47	52	56	59
N_{H0}		10	12,5	25	35	50	65	85	110	150

Таблица 2.3

Значения σ_{Hlimb}

Вид термообработки	Твердость поверхности зубьев	Группа сталей	σ_{Hlimb}, МПа
Нормализация, улучшение	$HB < 350$	Углеродистые и легированные	$2HB_{ср} + 70$
Закалка объемная	38…50*HRC*		$18HRC_{ср} + 150$
Закалка с нагревом ТВЧ	40…56*HRC*		$17HRC_{ср} + 200$
Азотирование	57…67*HRC*	Легированные	$16HRC_{ср}$
Примечание. $HB_{ср}$, $HRC_{ср}$ – средние значения твердости в диапазоне (см. табл. 2.1)			

Коэффициент долговечности определяют из выражения

$$1 \le K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{H0}}{N_{HE}}} \le K_{HL\max}, \qquad (2.36)$$

где N_{HE} – эквивалентное число циклов перемены напряжений; $K_{HL\max}$ – максимальное допустимое значение коэффициента долговечности, зависящее от вида термообработки (при объемном упрочнении $K_{HL\max} = 2{,}6$; при поверхностном упрочнении $K_{HL\max} = 1{,}8$).

Как видно из (2.36), $K_{HL\max}$ не может быть меньше единицы, поэтому при $N_{H0} < N_{HE}$ считают $K_{HL} = 1$.

Величина N_{HE} зависит от нагрузочной диаграммы. При постоянной нагрузке

$$N_{HE} = 60nct, \qquad (2.37)$$

где n – частота вращения колеса (шестерни), $[\sigma_H]$ которого определяется, об/мин; c – число зацеплений зуба за один оборот колеса (шестерни); t – заданный срок службы редуктора, ч.

В том случае, если задана ступенчатая нагрузочная диаграмма, N_{HE} определяют так:

$$N_{HE} = 60c\sum\left(\frac{T_i}{T_1}\right)^3 n_i t_i, \qquad (2.38)$$

где T_i – крутящий момент на i-й ступени циклограммы; T_1 – наибольший момент на циклограмме, учитываемый в расчете на выносливость; n_i, t_i – соответствующие моменту T_i частота и время работы.

Для **прямозубой** ступени, а также для **косозубой с небольшой разностью твердости** зубьев шестерни и колеса в качестве расчетного принимают **меньшее** из двух допускаемых напряжений, определенных по материалу шестерни $[\sigma_H]_1$ и колеса $[\sigma_H]_2$.

Для **косозубой** ступени **с большой разностью твердости** зубьев шестерни и колеса в качестве расчетного принимают напряжение, определенное по (2.41):

$$[\sigma_H]_{\min} \le 0{,}45([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2) \le 1{,}25[\sigma_H]_{\min}, \qquad (2.39)$$

где $[\sigma_H]_{\min}$ – меньшее из значений $[\sigma_H]_1$ и $[\sigma_H]_2$.

Допускаемое напряжение изгиба при расчете на выносливость определяют по формуле

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F\lim b}}{S_F} K_{FC} K_{FL}, \qquad (2.40)$$

где $\sigma_{F\lim b}$ – базовый предел выносливости зубьев по излому от напряжений изгиба (см. табл. 2.4); S_F – коэффициент безопасности; K_{FC} – коэффициент влияния двухстороннего приложения нагрузки; K_{FL} – коэффициент долговечности.

Коэффициент S_F принимают в зависимости от вида термообработки из диапазона 1,7…2,2 (верхнее значение – для литых колес).

Коэффициент $K_{FC} = 1$ для односторонней нагрузки, $K_{FC} = 0{,}7…0{,}8$ для реверсивной нагрузки (бóльшие значения при $HB > 350$).

Коэффициент K_{FL} определяют по формуле (2.41):

$$1 \le K_{FL} = \sqrt[m]{\frac{4\cdot 10^6}{N_{FE}}} \le K_{FL\max}, \qquad (2.41)$$

где m – показатель степени; N_{FE} – эквивалентное число циклов нагружения напряжениями изгиба; $K_{FL\max}$ – максимальное допустимое значение коэффициента долговечности.

При $HB \leq 350$, а также для шестерен и колес со шлифованными зубьями $m = 6$, $K_{FL\max} = 2{,}0$; при $HB > 350$, а также для шестерен и колес с нешлифованными зубьями $m = 9$, $K_{FL\max} = 1{,}6$.

При постоянной нагрузке значение N_{FE} находят по формуле (2.37), при изменении нагрузки по нагрузочной диаграмме – по формуле (2.42):

$$N_{FE} = 60c\sum\left(\frac{T_i}{T_1}\right)^m n_i t_i. \qquad (2.42)$$

Предельное допускаемое контактное напряжение для проверки ступени на прочность при перегрузках (пиковых нагрузках):
для нормализованных, улучшенных или объемно закаленных зубьев

$$[\sigma_{H\max}] = 2{,}8\sigma_т; \qquad (2.43)$$

для зубьев, закаленных с нагревом ТВЧ

$$[\sigma_{H\max}] = 44HRC_{ср}; \qquad (2.44)$$

для азотированных зубьев

$$[\sigma_{H\max}] = 35HRC_{ср}. \qquad (2.45)$$

Предельное допускаемое напряжение изгиба для проверки ступени на прочность при перегрузках определяют следующим образом:

$$[\sigma_{F\max}] = \frac{\sigma_{F\lim b}}{S_{ST}} Y_{N\max} k_{ST}, \qquad (2.46)$$

где $Y_{N\max}$ – максимальное возможное значение коэффициента долговечности (для объемной термообработки $Y_{N\max} = 4{,}0$; для поверхностной термообработки $Y_{N\max} = 2{,}5$); k_{ST} – коэффициент влияния частоты приложения пиковой нагрузки (при многократном – порядка 1000 – действии перегрузок $k_{ST} = 1$); S_{ST} – коэффициент запаса прочности (обычно принимают $S_{ST} = 1{,}75$).

Таблица 2.4

Значения σ_{Flimb}

Вид термообработки	Твердость зубьев		Группа сталей	σ_{Flimb}, МПа
	поверхность	сердцевина		
Нормализация, улучшение	180…350*HB*		Углеродистые и легированные	250 + $HB_{ср}$
Закалка объемная	45…55*HRC*			550…600
Закалка с нагревом ТВЧ	40…56*HRC*	*HB* ≤ 350		250 + $HB_{ср}$
Азотирование	57…67*HRC*	24…40*HRC*	Легированные	43…49$HRC_{ср}$
Примечание. $HB_{ср}$, $HRC_{ср}$ – средние значения твердости в диапазоне (см. табл. 2.1)				

2.3.5.6. Проектировочный расчет передачи

Расчетное межосевое расстояние определяют по формуле, мм:

$$a'_{wт} = K_a(u \pm 1)\sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{u^2 \psi_{ba}[\sigma_H]^2}}, \qquad (2.47)$$

где K_a – коэффициент межосевого расстояния (для прямозубых передач K_a = = 495 МПа$^{1/3}$; для косозубых – K_a = 430 МПа$^{1/3}$); $K_{H\beta}$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки по длине зуба колеса (табл. 2.5); ψ_{ba} – коэффициент ширины колеса тихоходной ступени относительно ее межосевого расстояния; $[\sigma_H]$ – допускаемое контактное напряжение для тихоходной ступени.

Таблица 2.5

Значения $K_{H\beta}$

Относительная ширина колеса ψ_{bd}*	Шестерня расположена симметрично относительно опор		Шестерня расположена несимметрично относительно опор				Консольное расположение шестерни или колеса	
			весьма жесткий вал		менее жесткий вал			
	твердость поверхностей зубьев HB_2		твердость поверхностей зубьев HB_2		твердость поверхностей зубьев HB_2		твердость поверхностей зубьев HB_2	
	> 350	< 350	> 350	< 350	> 350	< 350	> 350	< 350
0,2	1,00		1,01	1,00	1,06	1,02	1,15	1,07
0,4	1,01	1,00	1,05	1,02	1,12	1,05	1,35	1,15
0,6	1,03	1,01	1,09	1,04	1,20	1,08	1,60	1,24
0,8	1,06	1,03	1,14	1,06	1,27	1,12	1,85	1,30
1,0	1,10	1,04	1,18	1,08	1,37	1,15	–	
1,2	1,13	1,05	1,25	1,10	1,50	1,18		
1,4	1,15	1,07	1,32	1,13	1,60	1,23		
1,6	1,20	1,08	1,40	1,16	–	1,28		
*Примечание: $\psi_{bd} = 0{,}5\psi_{ba}(u + 1)$								

Знак плюс в формуле (2.52) соответствует внешнему зацеплению, минус – внутреннему зацеплению.

Смысл коэффициента ψ_{ba} проясняет формула

$$\psi_{ba} = \frac{b_2}{a_w}, \qquad (2.48)$$

где b_2 – ширина венца колеса тихоходной ступени.

Рекомендации по выбору ψ_{ba}:

– прямозубая передача, колесо нормализованное или улучшенное – ψ_{ba} = = 0,4 (0,5);

– прямозубая передача, зубья колеса, закалённые объёмно или с нагревом ТВЧ, – ψ_{ba} = 0,315 (0,4);

– косозубая передача, колесо нормализованное или улучшенное – ψ_{ba} = = 0,315 (0,4);

– косозубая передача, зубья колеса, закалённые объёмно или с нагревом ТВЧ, – ψ_{ba} = 0,25 (0,315).

Далее следует принять **стандартное межосевое расстояние** a_w, **ближайшее** из стандартного ряда, мм: …80; 100; 112; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500.

Определение **основных геометрических параметров** ступени целесообразно начать с выбора модуля по рекомендации, мм:

$$1{,}50 \le m = (0{,}01...0{,}02)\, a_w, \qquad (2.49)$$

из стандартного ряда: 1,50; 1,75; 2,00; 2,25; 2,50; 2,75; 3,00; 3,50; 4,00; 1,50; 5,00; 5,50; 6,00; 7,00; 8,00.

Затем нужно определить суммарное число зубьев передачи z_c.

В прямозубой передаче

$$z_c = \frac{2a_w}{m}, \qquad (2.50)$$

причём z_c должно быть обязательно **целым**. Данное условие выполняется выбором соответствующего значения модуля из стандартного ряда.

В косозубой передаче

$$z_c = \frac{2a_w \cos\beta'}{m}, \qquad (2.51)$$

где $\beta' = 8\ldots15^\circ$ – предварительно принятый угол наклона зуба (обычно принимают $\beta' = 10^\circ$).

Полученное число z_c косозубой передачи округлить до **ближайшего целого**.

Находят уточненную величину угла наклона зубьев:

$$\beta = \arccos\frac{z_c m}{2a_w} \qquad (2.52)$$

с точностью до угловых секунд.

Расчетное число зубьев шестерни равно

$$z_1' = \frac{z_c}{u+1}. \qquad (2.53)$$

Полученное число z'_1 округлить до **ближайшего целого** z_1.

Во избежание подрезания зубьев должны выполняться условия:

– в прямозубой передаче

$$z_1 \geq 17; \qquad (2.54)$$

– в косозубой передаче

$$z_1 \geq 17\cos^3\beta. \qquad (2.55)$$

Если условия (2.54), (2.55) не выполняются, следует принять меньшее значение m из стандартного ряда и заново выполнить условия (2.50) – (2.53).

Далее находят число зубьев колеса:

$$z_2 = z_c - z_1 \qquad (2.56$$

и **фактическое передаточное число** ступени

$$u_{\text{ф}} = \frac{z_2}{z_1}, \qquad (2.57)$$

которое проверяют по условию (2.31).

По формулам (2.13), (2.19) вычисляют d_1, d_2, после чего находят диаметры вершин зубьев:

$$d_{a1} = d_1 + 2m; \qquad (2.58)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m. \qquad (2.59)$$

Ширину венца колеса предварительно определяют по выражению

$$b_2 = \psi_{ba}\, a_w \qquad (2.60)$$

и окончательно принимают ближайшее значение из ряда *Ra*40 номинальных линейных размеров ГОСТ 6636, мм: …10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0; 13,0; 14,0; 15,0; 16,0; 17,0; 18,0; 19,0; 20,0; 21,0; 22,0; 24,0; 25,0; 26,0; 28,0; 30,0; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180…

Ширину венца шестерни b_1 принимают равной следующему за $b_{2\text{т}}$ размеру по указанному выше ряду.

На этом проектировочный расчёт передачи заканчивается, и начинаются проверочные расчёты.

2.3.5.7. Проверка передачи на выносливость по контактным напряжениям

Действительное контактное напряжение в проектируемой передаче, МПа:

$$\sigma_H = \frac{6160 Z_H Z_\varepsilon}{a_w} \sqrt{\frac{T_2 (u_{\text{ф}} \pm 1)^3}{u_{\text{ф}} b_2} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{Hv}}, \qquad (2.61)$$

где Z_H = 1,77cosβ – коэффициент формы сопряженных поверхностей зубьев; Z_ε – коэффициент суммарной длины контактных линий; $K_{H\alpha}$ – коэффициент распределения нагрузки между зубьями (табл. 2.6); K_{Hv} – коэффициент динамической нагрузки (табл. 2.7).

В прямозубой передаче

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4-\varepsilon_\alpha}{3}}, \qquad (2.62)$$

где ε_α – коэффициент торцевого перекрытия, определяемый по формуле:

$$\varepsilon_\alpha = \left[1{,}88 - 3{,}2\left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2}\right)\right]\cos\beta \qquad (2.63)$$

с учётом того, что в прямозубой передаче cosβ = 1.

Таблица 2.6

Значения $K_{H\alpha}$

Окружная скорость v, м/с	Степень точности			
	6	7	8	9
2,5	1,01	1,03	1,05	1,13
5,0	1,02	1,05	1,09	1,16
10	1,03	1,07	1,13	–
15	1,04	1,09	–	
20	1,05	1,12		
25	1,06	–		

Таблица 2.7

Значения K_{Hv}

Степень точности	Твердость HB_2	Окружная скорость зуба $v_п$, м/с					
		1	2	4	6	8	10
6	≤ 350	1,03 / 1,01	1,06 / 1,02	1,12 / 1,03	1,17 / 1,04	1,23 / 1,06	1,28 / 1,07
	> 350	1,02 / 1,00	1,04 / 1,00	1,07 / 1,02	1,10 / 1,02	1,15 / 1,03	1,18 / 1,04
7	≤ 350	1,04 / 1,02	1,07 / 1.03	1,14 / 1,05	1,21 / 1,06	1,29 / 1,07	1,36 / 1,08
	> 350	1,03 / 1,00	1,05 / 1,01	1,09 / 1,02	1,14 / 1,03	1,19 / 1,03	1,24 / 1,04
8	≤ 350	1,04 / 1,01	1,08 / 1,02	1,16 / 1,04	1,24 / 1,06	–	
	> 350	1,03 / 1,01	1,06 / 1,01	1,10 / 1,02	1,16 / 1,03		
9	≤ 350	1,05 / 1,01	1,10 / 1,03	–			
	> 350	1,04 / 1,01	1,07 / 1,01				
Примечание. Числитель – для прямозубых передач, знаменатель – для косозубых.							

Для определения Z_ε в косозубой передаче необходимо найти коэффициент осевого перекрытия

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_2 \sin\beta}{\pi m} \qquad (2.64)$$

и проследить, чтобы выполнялось условие $\varepsilon_\beta \geq 0{,}9$, в противном случае нагрузочная способность косозубой передачи резко снизится. Возможно, что для обеспечения выполнения этого условия в геометрию передачи придется вносить изменения.

Коэффициент Z_ε

$$Z_\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_\alpha}}, \qquad (2.65)$$

Коэффициент $K_{H\alpha}$ принимают по табл. 2.6 для степени точности, которую назначают в зависимости от окружной скорости зуба, м/с:

$$v = \frac{\omega d_1}{2000}, \qquad (2.66)$$

по рекомендациям: $v_п \leq 4$ м/с – степень точности 9; $4 < v_п \leq 10$ м/с – степень точности 8; $10 < v_п \leq 15$ м/с – степень точности 7; $15 < v_п \leq 30$ м/с – степень точности 6.

Полученное значение контактного напряжения проверяют на соответствие условию

$$0{,}9[\sigma_H] \leq \sigma_H \leq 1{,}05[\sigma_H]. \qquad (2.67)$$

В том случае, если σ_H не входит в указанные пределы, необходимо скорректировать параметры передачи. Обычно бывает достаточно изменить размеры b_2 и b_1. Как правило, эти изменения невелики, и пересчета остальных размеров ступени не требуется.

2.3.5.8. Проверка передачи на выносливость по напряжениям изгиба

Проверку выполняют **по «слабому» звену** зубчатой передачи, у которого **меньше** отношение $\frac{[\sigma_F]}{Y_F}$, где Y_F – коэффициент формы зуба, определяемый для шестерни и колеса из табл. 2.8.

Таблица 2.8

Значения Y_F

$z/\cos^3\beta$	Y_F	$z/\cos^3\beta$	Y_F	$z/\cos^3\beta$	Y_F	$z/\cos^3\beta$	Y_F	$z/\cos^3\beta$	Y_F
17	4,26	21	4,01	28	3,82	40	3,70	80	3,61
18	4,20	22	4,00	30	3,80	45	3,68	100	3,60
19	4,11	24	3,92	32	3,78	50	3,65	150	
20	4,08	25	3,90	37	3,71	60	3,62	рейка	3,63

Действительное напряжение изгиба в зубе «слабого» звена передачи, МПа:

$$\sigma_F = 2000 Y_F Y_\beta Y_\varepsilon \frac{T_2}{b_2 d_1 m} K_{F\alpha} K_{F\beta} K_{Fv}, \qquad (2.68)$$

где $Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140}$ – коэффициент наклона зубьев (в прямозубой передаче $Y_\beta = 1$); Y_ε – коэффициент перекрытия зубьев, ориентировочно можно принять $Y_\varepsilon = 1$; $K_{F\alpha}$ – коэффициент распределения нагрузки между зубьями; $K_{F\beta}$ – коэффициент распределения нагрузки по ширине венца (табл. 2.9); K_{Fv} – коэффициент динамической нагрузки (табл. 2.10).

Таблица 2.9

Значения $K_{F\beta}$

Относительная ширина колеса ψ_{bd}	Шестерня расположена симметрично относительно опор		Шестерня расположена несимметрично относительно опор				Консольное расположение шестерни или колеса	
			весьма жесткий вал		менее жесткий вал			
	твердость поверхностей зубьев HB_2		твердость поверхностей зубьев HB_2		твердость поверхностей зубьев HB_2		твердость поверхностей зубьев HB_2	
	> 350	< 350	> 350	< 350	> 350	< 350	> 350	< 350
0,2	1,00		1,02	1,01	1,10	1,05	1,25	1,13
0,4	1,03	1,01	1,07	1,04	1,20	1,12	1,55	1,28
0,6	1,05	1,02	1,13	1,07	1,30	1,17	1,90	1,50
0,8	1,08	1,05	1,20	1,11	1,44	1,23	2,30	1,70
1,0	1,10	1,04	1,18	1,08	1,37	1,15	–	
1,2	1,13	1,05	1,25	1,10	1,50	1,18		
1,4	1,15	1,07	1,32	1,13	1,60	1,23		
1,6	1,20	1,08	1,40	1,16	–	1,28		

Значение $K_{F\alpha}$ определяют по формуле

$$K_{F\alpha} = \frac{4 + (\varepsilon_\alpha - 1)(n' - 5)}{4\varepsilon_\alpha}, \qquad (2.69)$$

где n' – степень точности передачи.

Таблица 2.10

Значения K_{Fv}

Степень точности	Твердость HB_2	Окружная скорость зуба $v_п$, м/с					
		1	2	4	6	8	10
6	≤ 350	1,06 / 1,02	1,13 / 1,05	1,26 / 1,10	1,40 / 1,15	1,58 / 1,20	1,67 / 1,25
	> 350	1,02 / 1,01	1,04 / 1,02	1,08 / 1,03	1,11 / 1,04	1,14 / 1,06	1,17 / 1,07
7	≤ 350	1,08 / 1,03	1,16 / 1.06	1,33 / 1,11	1,50 / 1,16	1,67 / 1,22	1,80 / 1,27
	> 350	1,03 / 1,01	1,05 / 1,02	1,09 / 1,03	1,13 / 1,05	1,17 / 1,07	1,22 / 1,08
8	≤ 350	1,10 / 1,03	1,20 / 1,06	1,38 / 1,11	1,58 / 1,17	–	
	> 350	1,04 / 1,01	1,06 / 1,02	1,12 / 1,03	1,16 / 1,05		
9	≤ 350	1,13 / 1,04	1,28 / 1,07	–			
	> 350	1,04 / 1,01	1,07 / 1,02				
Примечание. Числитель – для прямозубых передач, знаменатель – для косозубых.							

Полученное значение σ_F не должно превышать $[\sigma_F]$ «слабого» звена более чем на 5 %.

2.3.5.9. Проверка передачи на статическую прочность при перегрузках

Максимальное контактное напряжение под действием пикового крутящего момента определяют по формуле

$$\sigma_{H\max} = \sigma_H \sqrt{\frac{P_{дв}}{P_{тр}} \left(\frac{T_{\max}}{T} \right)}, \qquad (2.70)$$

где $\left(\frac{T_{\max}}{T} \right)$ – заданная кратность пикового момента.

Контактная прочность при перегрузках обеспечивается, если выполняется условие: $\sigma_{H\max} \le [\sigma_{H\max}]$.

Максимальное напряжение изгиба под действием пикового крутящего момента определяют для «слабого» звена передачи по формуле

$$\sigma_{F\max} = \sigma_F \frac{P_{\text{дв}}}{P_{\text{тр}}}\left(\frac{T_{\max}}{T}\right). \qquad (2.71)$$

Изгибная прочность при перегрузках обеспечивается, если выполняется условие: $\sigma_{F\max} \le [\sigma_{F\max}]$.

На этом расчёт передачи заканчивается.

2.4. Конические зубчатые передачи

2.4.1. Геометрические параметры конических зубчатых передач

Наибольшее распространение получили **ортогональные** конические зубчатые передачи с углом между осями шестерни и колеса 90º.

По направлению зуба различают передачи **прямозубые** (зуб расположен по образующей конуса), **с тангенциальным зубом** (зуб расположен под углом к образующей конуса) и **с круговым зубом.**

В основном применяются передачи прямозубые и с круговым зубом, так как нагрузочная способность передач с тангенциальным зубом практически не выше, чем прямозубых.

Передачи с круговым зубом по сравнению с прямозубыми имеют, при равных нагрузках, на 15…20 % меньшие габариты, работают более плавно и способны передавать вращение с бóльшими окружными скоростями.

Недостатками передач с круговым зубом являются:

– бóльшие величины осевых сил;

– зависимость направления осевой силы от направления вращения звена.

Как правило, передачи с круговым зубом используют **при постоянном направлении вращения** выходного звена, причем направление зуба назначают так, чтобы **осевые силы** действовали **к основаниям** образующих **конусов.**

На рис. 2.8 изображен фрагмент конической зубчатой передачи и показаны ее основные геометрические параметры.

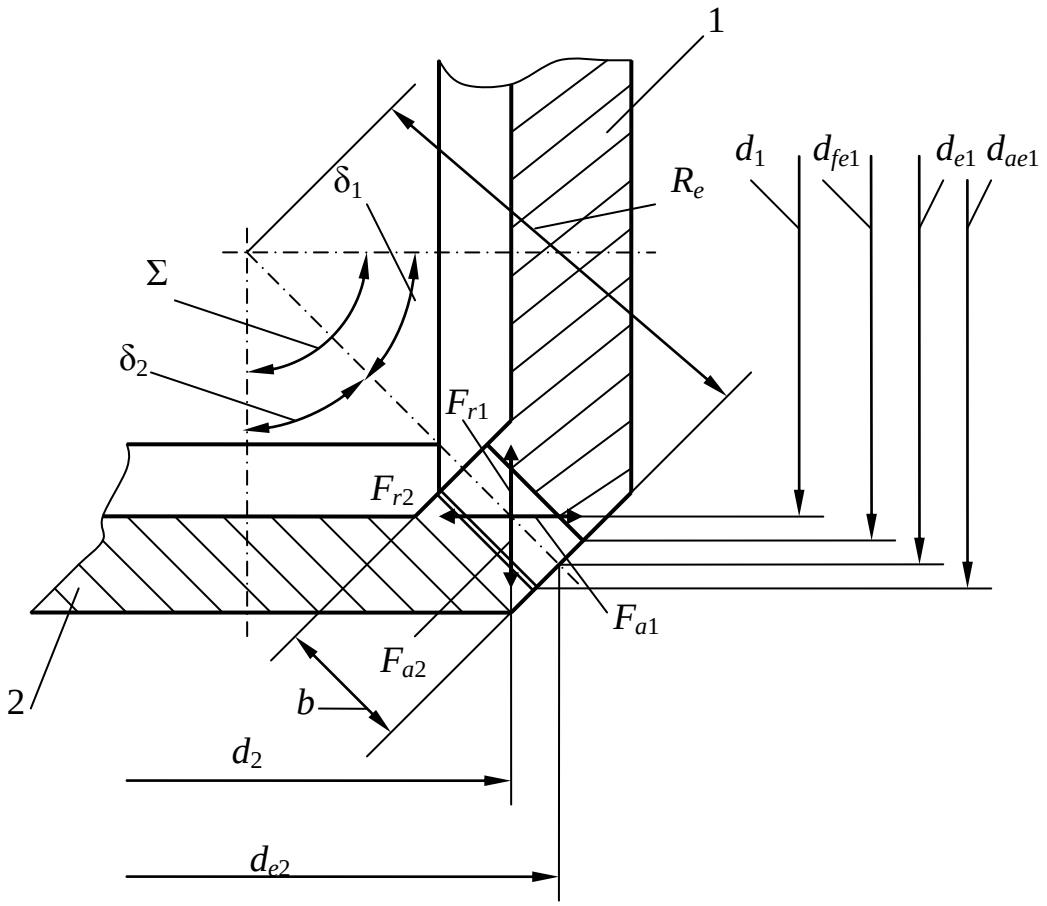


Рис. 2.8. Основные геометрические параметры конической зубчатой передачи

Угол Σ между осями шестерни и колеса является одним из таких параметров. Ниже будут рассматриваться передачи, в которых Σ = 90º.

Внешний окружной модуль прямых зубьев обозначается m_e, круговых – m_{te}. Далее обозначения параметров передач с круговым зубом даются в скобках.

Диаметры шестерни (индекс 1) и колеса (индекс 2):

внешние делительные:

$$d_{e1} = m_e(m_{te})z_1; \quad (2.72)$$

$$d_{e2} = m_e(m_{te})z_2; \quad (2.73)$$

внешние окружностей вершин зубьев:

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2h_{ae1}\cos\delta_1; \quad (2.74)$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2h_{ae2}\cos\delta_2; \quad (2.75)$$

внешние окружностей впадин:

$$d_{fe1} = d_{e1} - 2h_{fe1}\cos\delta_1; \quad (2.76)$$

$$d_{fe2} = d_{e2} - 2h_{fe2}\cos\delta_2. \quad (2.77)$$

В формулах (2.72) – (2.77): z_1, z_2 – числа зубьев; h_{ae1}, h_{ae2} – высота головки зуба; h_{fe1}, h_{fe2} – высота ножки зуба; δ_1, δ_2 – **углы делительных конусов**.

Величины h_{ae}, h_{fe} находят с учетом коэффициентов смещения исходного контура $x_e(x_n)$ (подробнее см. работу [1]).

Значения δ_1, δ_2:

$$\delta_1 = \operatorname{arctg}\frac{z_1}{z_2} = \operatorname{arctg}\frac{1}{u}; \tag{2.78}$$

$$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1. \tag{2.79}$$

Внешнее конусное расстояние

$$R_e = 0{,}5m_e(m_{te})\sqrt{z_1^{\,2} + z_2^{\,2}} = \frac{d_{e2}}{2\sin\delta_2}. \tag{2.80}$$

Ширину венца колеса b вычисляют по рекомендации $b = 0{,}285R_e$ и принимают ближайший размер по ряду R_a40.

В передаче с круговым зубом к основным параметрам относится также **угол наклона зуба** к образующей конуса **в среднем сечении** $\beta = 35^\circ$ (рис. 2.9).

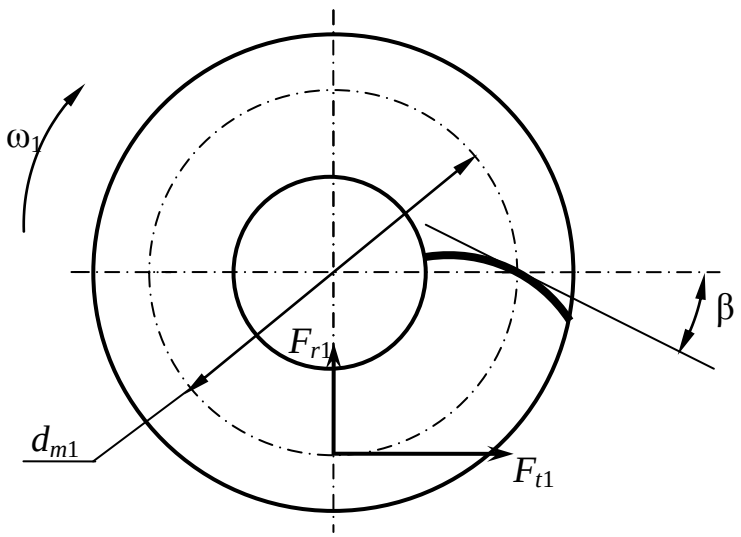


Рис. 2.9. Коническая шестерня с круговым зубом (вид со стороны вершины конуса)

Средние делительные диаметры:

$$d_1 = d_{e1}(1 - \frac{b}{2R_e}) \approx 0{,}857d_{e1}; \tag{2.81}$$

$$d_2 = d_{e2}(1 - \frac{b}{2R_e}) \approx 0{,}857 d_{e2}. \quad (2.82)$$

Кроме указанных выше параметров используют также **средний окружной модуль**, определяемый в прямозубых передачах по выражению

$$m_m = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_2}{z_2} \approx 0{,}857 m_e, \quad (2.83)$$

а в передачах с круговым зубом – по выражению

$$m_{nm} \approx 0{,}857 m_{te} \cos\beta \approx 0{,}717 m_{te}, \quad (2.84)$$

и **среднее конусное расстояние**

$$R_m = R_e - 0{,}5b = 0{,}9375 R_e. \quad (2.85)$$

В передачах с круговым зубом необходимо правильно ориентировать зубья на звеньях в зависимости от направления вращения. Надлежащее расположение зуба шестерни при ее вращении по часовой стрелке показано на рис. 2.9.

2.4.2. Силы в конической зубчатой передаче

На рис. 2.8, 2.9 показаны направления сил в конической передаче.

В дальнейшем будут рассмотрены передачи с прямым зубом.

Окружная сила (см. рис. 2.9)

$$F_t = \frac{2T_2}{d_2}; \quad (2.86)$$

радиальная сила на колесе, осевая на шестерне (см. рис. 2.8)

$$F_{r2} = F_{a1} = F_t \operatorname{tg}\alpha_w \sin\delta_1 = 0{,}364 F_t \sin\delta_1; \quad (2.87)$$

осевая сила на колесе, радиальная на шестерне

$$F_{a2} = F_{r1} = F_t \operatorname{tg}\alpha_w \cos\delta_1 = 0{,}364 F_t \cos\delta_1. \quad (2.88)$$

2.4.3. Методика расчета прямозубой конической зубчатой передачи

2.4.3.1. Общие положения

Общий порядок расчета – см. подпункт 2.3.5.1.

Исходные данные для расчета – см. подпункт 2.3.5.2.

Выбор двигателя – см. подпункт 2.3.5.3.

2.4.3.2. Кинематический расчет прямозубой конической зубчатой передачи

Расчетное передаточное число определяют по формуле (2.30) с проверкой по условию (2.31).

Характерной особенностью конических зубчатых передач является технологическая сложность нарезания зубьев колес при передаточных числах бóльших пяти. Поэтому принимают $u_б \leq 5(5,6)$.

Для конических зубчатых передач допускается отклонение Δu = 4 % **независимо от передаточного числа** $u_б$.

Частоты вращения и угловые скорости валов определяют по формулам (2.32) – (2.36).

2.4.3.3. Материалы шестерен и колес. Допускаемые напряжения

Материалы звеньев конической зубчатой передачи назначают аналогично цилиндрической передаче (см. подпункт 2.3.5.5).

Допускаемые напряжения определяют так же, как прямозубой цилиндрической передачи.

Крутящие моменты на шестернях и колесах ступеней – см. подпункт 2.3.5.6.

2.4.3.4. Проектировочный расчет передачи

Внешний делительный диаметр колеса, мм:

$$d_{e2} = 1650\sqrt[3]{\frac{uT_2K_{H\beta}}{[\sigma_H]^2}}, \qquad (2.89)$$

Коэффициенты $K_{H\beta}$ для передач, валы которых установлены на роликовых подшипниках [2], с достаточной точностью могут быть определены по формулам:

– при $HB_2 \le 350$

$$K_{H\beta} = 0{,}22u_б; \qquad (2.90)$$

– при $HB_2 > 350$

$$K_{H\beta} = 0{,}29u_б. \qquad (2.91)$$

Значение d_{e2} следует принять из ряда R_a40 **ближайшее** к полученному по формуле (2.89).

Затем по выражениям (2.78) и (2.79) предварительно определяют углы δ_1 и δ_2, после чего по формуле (2.80) находят R_e.

Точность вычисления углов – до 0,0001° (или до угловых секунд); R_e – до 0,001 мм.

Ширину зубчатого венца находят по рекомендации, данной в пункте 2.4.1.

Определяют внешний окружной модуль, мм:

$$m_e = \frac{1{,}65\cdot 10^4 T_2}{d_{e2}b[\sigma_F]}, \qquad (2.92)$$

Значение модуля **до целого числа не округлять**; точность – до 0,01 мм. В силовых передачах рекомендуется принимать $m_e \ge 1{,}5$ мм.

Числа зубьев:

$$z_2 = \frac{d_{e2}}{m_e}; \qquad (2.93)$$

$$z_1 = \frac{z_2}{u}. \qquad (2.94)$$

Полученные z_1, z_2 **округлить до целых чисел**.

Фактическое передаточное число пары $u_ф$ найти по (2.10) и проверить на допустимость его отклонения от стандартного.

По формулам (2.78) и (2.79) с использованием $u_ф$ уточнить углы δ_1 и δ_2.

После этого следует выбрать коэффициент смещения при нарезании зубьев шестерни x_{e1}. При $HB_1 - HB_2 \le 100$ его принимают по табл. 2.11. В случае отличия z_1 и $u_б$ от значений из табл. 2.11 x_{e1} принимают с округлением до табличных **в бóльшую сторону**. При $HB_1 > 350$, $HB_2 > 350$ и $HB_1 - HB_2 > 100$ $x_{e1} = 0$.

Таблица 2.11

Значения коэффициентов x_{e1}, x_{n1}

z_1	x_{e1} при передаточном числе u				
	2,00	2,50	3,15	4,00	5,00
12	–	0,50	0,53	0,56	0,57
13	0,44	0,48	0,52	0,54	0,55
14	0,42	0,47	0,50	0,52	0,53
15	0,40	0,45	0,48	0,50	0,51
16	0,38	0,43	0,46	0,48	0,49
18	0,36	0,40	0,43	0,45	0,46
20	0,34	0,37	0,40	0,42	0,43
25	0,29	0,33	0,36	0,38	0,39
30	0,25	0,28	0,31	0,33	0,34
40	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27

Коэффициент смещения при нарезании зубьев колеса $x_{e2} = - x_{e1}$.

В заключение проектировочного расчета по выражениям (2.74), (2.75) найти d_{ae1} и d_{ae2}, а по формулам (2.81), (2.82) – d_1 и d_2.

2.4.3.6. Проверка передачи на выносливость по контактным напряжениям

Действительное контактное напряжение равно

$$\sigma_H = 470\sqrt{\frac{F_t\sqrt{u_ф^{\,2}+1}}{d_{e2}b}K_{H\beta}K_{Hv}}, \text{МПа}. \qquad (2.95)$$

Коэффициент K_{Hv} для прямозубых конических передач определяется по табл. 2.7 как для прямозубых цилиндрических передач в зависимости от степени точности, которую находят по рекомендациям для цилиндрических передач и окружной скорости, м/с:

$$v = \frac{\omega d_2}{2000}. \qquad (2.96)$$

Полученное значение контактного напряжения проверяют на соответствие условию (2.67). В случае невыполнения условия следует изменить размер b. Если увеличение (или уменьшение) b на два соседних размера по ряду R_a40 не дает достаточного эффекта, необходимо перейти на другой размер d_{e2} или назначить другие материалы передачи.

2.4.3.7. Проверка передачи на выносливость по напряжениям изгиба

Напряжения изгиба в зубьях колеса и шестерни определяют по следующим формулам:

$$\sigma_{F2} = 1{,}18 Y_{F2} Y_\beta \frac{F_t K_{F\beta} K_{Fv}}{b m_e (m_{te})}; \qquad (2.97)$$

$$\sigma_{F1} = \sigma_{F2} \frac{Y_{F1}}{Y_{F2}}, \qquad (2.98)$$

где Y_{F1}, Y_{F2} – по табл. 2.12; Y_β = 1 – для прямозубых передач; K_{Fv} – как для прямозубых цилиндрических передач по табл. 2.10.

Таблица 2.12

Значения коэффициента Y_F для конических колес

z_v*	Значения x_e										
	– 0,5	– 0,4	– 0,3	– 0,2	– 0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
12	–								3,90	3,67	3,46
14	–						4,24	4,00	3,78	3,59	3,42
17	–				4,50	4,27	4,03	3,83	3,67	3,53	3,40
20	–			4,55	4,28	4,07	3,89	3,75	3,61	3,50	3,39
25	–	4,60	4,39	4,20	4,04	3,90	3,77	3,67	3,57	3,46	3,39
30	4,60	4,32	4,15	4,05	3,90	3,80	3,70	3,62	3,55	3,47	3,40
40	4,12	4,02	3,92	3,84	3,77	3,70	3,64	3,58	3,53	3,48	3,42
50	3,97	3,88	3,81	3,76	3,70	3,65	3,61	3,57	3,53	3,49	3,44
60	3,85	3,79	3,73	3,70	3,66	3,63	3,59	3,56	3,53	3,50	3,46
80	3,73	3,70	3,68	3,65	3,62	3,61	3,58	3,56	3,54	3,52	3,50
100	3,68	3,67	3,65	3,62	3,61	3,60	3,58	3,57	3,55	3,53	3,52
Примечание. * Эквивалентные числа зубьев: $z_{v1} = z_1 \cos\delta_1$; $z_{v2} = z_1 \cos\delta_2$											

Полученные значения σ_{F1}, σ_{F2} не должны превышать соответствующие допускаемые напряжения более чем на 5 %. При невыполнении этого условия следует увеличить модуль и, оставив без изменения d_{e2}, пересчитать числа зубьев колеса и шестерни.

2.5. Червячные передачи

2.5.1. Геометрические параметры червячных передач

Червячные передачи предназначены для преобразования вращательного движения между двумя **скрещивающимися осями** (межосевой угол в плане обычно равен 90º).

Различают передачи **с цилиндрическим червяком** (архимедовым, конволютным, эвольвентным) и **с глобоидным червяком**. Более высокой нагрузочной способностью обладают передачи с глобоидным червяком [7], однако они значительно сложнее в изготовлении, поэтому используются только в обоснованных случаях. В основном же применяют передачи с цилиндрическим червяком (рис. 2.10), из которых, в свою очередь, наибольшее распространение получили преобразователи движения с **архимедовым червяком**. Архимедов червяк в сечении, проходящем через продольную ось, выглядит как зубчатая рейка (рис. 2.11).

Фактическое передаточное число червячной передачи (т. е. передаточное отношение от червяка к червячному колесу)

$$u_{\text{ф}} = \frac{z_2}{z_1}, \tag{2.99}$$

где z_1 – **число витков червяка.**

Стандартные значения z_1: 1; 2; 4. В обоснованных случаях могут быть заданы и другие числа витков.

Обычно u лежит в пределах 8…80, но в отдельных случаях может значительно превышать верхнее значение.

Диаметр делительной окружности червяка (см. рис. 2.11)

$$d_1 = qm, \tag{2.100}$$

где q – **коэффициент диаметра**, принимается из стандартного ряда.

Модуль m также стандартизован. Ряды значений q и m даны в п. 2.5.4.

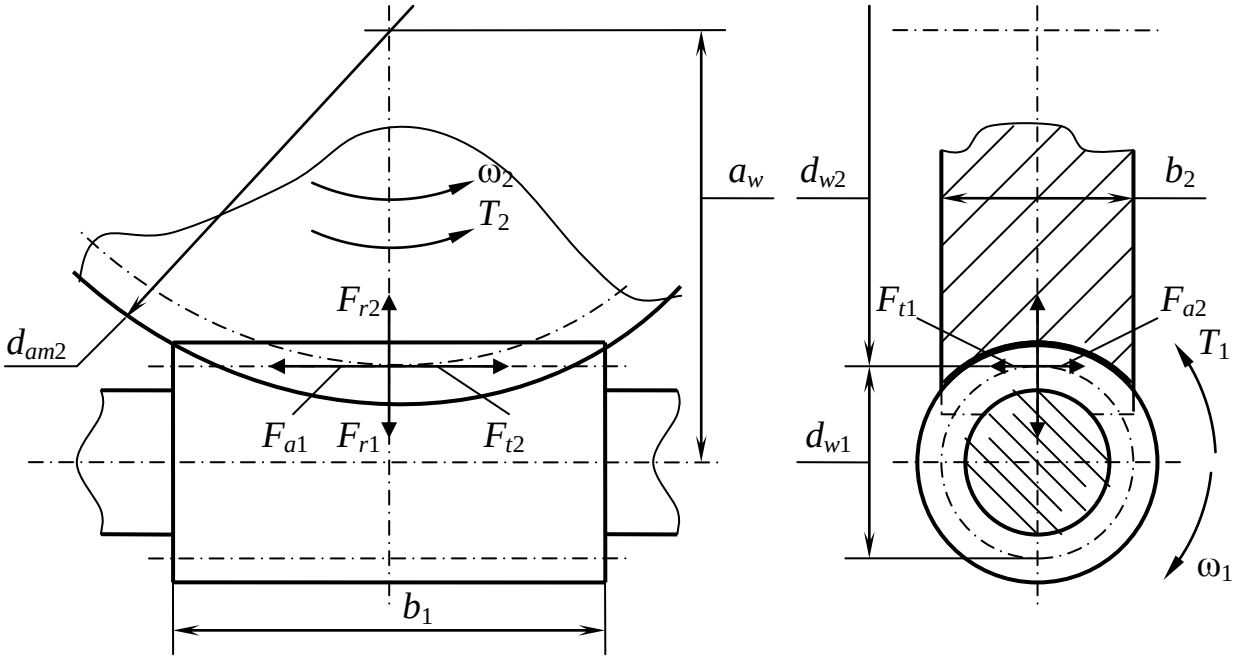


Рис. 2.10. Схема червячной передачи с цилиндрическим червяком

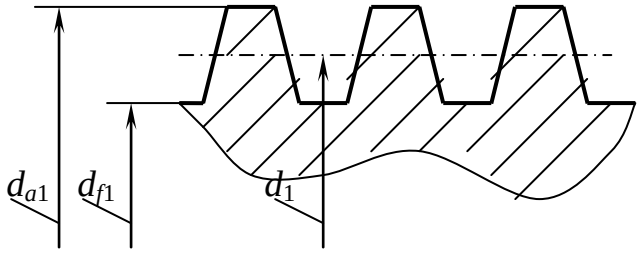


Рис. 2.11. Осевое сечение витков архимедова червяка

Межосевое расстояние a_w

$$a_w = 0{,}5m(q + z_2 + 2x), \qquad (2.101)$$

где x – коэффициент смещения, его величина находится в пределах: $-1 \le x \le 1$.

Диаметр вершин витков и диаметр впадин червяка

$$d_{a1} = (q + 2)m; \qquad (2.102)$$

$$d_{f1} = (q - 2{,}4)m. \qquad (2.103)$$

Диаметр делительной окружности колеса

$$d_2 = mz_2;$$

диаметр вершин зубьев и диаметр впадин колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2(1 + x)m; \quad (2.104)$$

$$d_{f2} = d_2 - 2(1{,}2 - x)m; \quad (2.105)$$

наибольший диаметр колеса

$$d_{am2} = d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}. \quad (2.106)$$

Диаметр начальной окружности червяка

$$d_{w1} = (q + 2x)m; \quad (2.107)$$

диаметр начальной окружности колеса $d_{w2} = d_2$.

Длина нарезаемой части червяка

$$b_1 = (10 + 5{,}5|x| + z_1)m + C, \quad (2.108)$$

где $C = 0$ при $x \le 0$; при $x > 0$

$$C = \frac{100m}{z_2}. \quad (2.109)$$

Ширина венца колеса:

при $z_1 = 1$; $z_1 = 2$

$$b_2 = 0{,}355a_w; \quad (2.110)$$

при $z_1 = 4$

$$b_2 = 0{,}315a_w. \quad (2.111)$$

2.5.2. Силы в червячной передаче

Силу нормального давления на зуб колеса **в передаче с архимедовым червяком** (по аналогии с косозубой цилиндрической передачей) можно представить в виде геометрической суммы трех составляющих (см. рис. 2.10):

окружной силы

$$F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2};$$

радиальной силы

$$F_{r2} = F_{t2}\mathrm{tg}\alpha_w = 0{,}364F_{t2}; \quad (2.112)$$

осевой силы

$$F_{a2} = F_{t1}, \qquad (2.113)$$

где T_2 – крутящий момент на колесе; $\alpha_w = 20^\circ$ – угол зацепления; F_{t1} – окружная сила на червяке

$$F_{t1} = \frac{2T_1}{d_1}; \qquad (2.114)$$

T_1 – крутящий момент на червяке.

Кроме окружной на червяк действуют радиальная $F_{r1} = F_{r2}$ и осевая $F_{a1} = F_{t2}$ силы.

КПД червячной пары определяют по формуле

$$\eta_ч = \frac{\mathrm{tg}\gamma}{\mathrm{tg}(\gamma + \varphi')}, \qquad (2.115)$$

где $\gamma = \mathrm{arctg}\frac{z_1}{q}$ – **угол подъема витка** червяка; φ' – угол трения (см. п. 2.5.4).

2.5.3. Материалы червячных передач

Червяки передач малой и средней мощности, работающих с большими перерывами и редко испытывающих перегрузки, выполняют из сталей марок 40Х, 35ХМ, 40ХН. Витки таких червяков упрочняют закалкой с нагревом ТВЧ до 45…50 *HRC*. Поверхности витков шлифуют.

Червяки тяжело нагруженных ответственных передач выполняют цементованными с закалкой до 56…63*HRC* с последующей шлифовкой и полировкой витков. Часто используются недорогие цементуемые стали, например сталь 18ХГТ.

Материалы венцов червячных колес приведены в табл. 2.13. Группа материала назначается по табл. 2.14 в зависимости от **скорости скольжения**, м/с:

$$v_s = 4 \cdot 10^{-4} n_1 \sqrt[3]{T_2}, \qquad (2.116)$$

где n_1 – частота вращения червяка, об/мин.

Материалы III группы применяются редко, поэтому далее рассматриваться не будут.

Таблица 2.13

Материалы венцов червячных колес

Группа	Марка материала	Способ отливки	Механические свойства, МПа	
			$\sigma_в$	$\sigma_т$
Iа	БрО10Н1Ф1	Ц	285	165
	БрО10Ф1	К	275	200
		З	230	140
Iб	БрО5Ц5С5	К	200	90
		З	145	80
IIа	БрА10Ж4Н4	Ц	700	460
		К	650	430
	БрА103Мц1,5	К	550	360
		З	450	300
	БрФ9Ж3Л	Ц	530	245
		К	500	230
		З	425	195
IIб	ЛЦ23А6Ж3Мц2	Ц	500	330
		К	450	295
		З	400	260
III	СЧ18	З	355	-
	СЧ15	З	315	-
Способы отливки: Ц – центробежный; К – в кокиль; З – в землю				

Таблица 2.14

Выбор группы материалов венцов червячных колес

Характеристика передачи	Скорость скольжения v_s, м/с			
	до 2	2…3	3…4	более 4
Слабонагруженная, режим работы легкий	III	IIб	-	
Средне- и тяжело нагруженные, режимы работы средний и тяжелый	IIб	IIа	Iб	Iа
Тяжелонагруженная, режим работы весьма тяжелый	IIа	Iб	Iа	

2.5.4. Методика расчета червячной передачи

2.5.4.1. Общие положения

Общий порядок расчета – см. подпункт 2.3.5.1.

Исходные данные для расчета – см. подпункт 2.3.5.2.

Выбор двигателя – см. подпункт 2.3.5.3, причем требуемую номинальную мощность двигателя вычисляют по формуле

$$P_{\text{тр}} = \frac{T_2 n_2}{\eta_{\text{ч}} \eta_{\text{п}}^{\,2}}, \qquad (2.117)$$

где $\eta_{\text{ч}}$ предварительно принимают равным 0,8.

2.5.4.2. Кинематический расчет передачи

Расчетное передаточное число редуктора определяют по формуле (2.30) с проверкой по условию (2.31). Допускаемое отклонение Δu = 4 %.

Определяют z_1 по рекомендации: z_1 = 1при $u \geq 31{,}5$; z_1 = 2 при u = 16…28; z_1 = 4 при u = 8…14.

Определяют z_2 по формуле

$$z_2 = \frac{n_{\text{дв}}}{z_1} = \frac{n_1}{z_1} \qquad (2.118)$$

с округлением до целого числа, после чего по выражению (2.99) находят $u_{\text{ф}}$ и снова проверяют выполнение условия (2.31). В случае его невыполнения z_2 изменяют на один зуб в бóльшую или меньшую сторону.

Вычисляют частоты вращения и угловые скорости червяка и червячного колеса.

2.5.4.3. Материалы червяка и колеса. Допускаемые напряжения

По формуле (2.116) определяют ориентировочное значение скорости скольжения, по табл. 2.14 – группу материала, а по табл. 2.13 – марку материала венца колеса.

По рекомендациям п. 2.5.3 принимают марку стали и термообработку витков червяка.

Вычисляют коэффициенты долговечности:

$$K_{HL} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_{HE}}}; \qquad (2.119)$$

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_{FE}}}. \qquad (2.120)$$

В выражениях (2.119), (2.120) при $N_{HE} > 25 \cdot 10^7$ принимают $N_{HE} = 25 \cdot 10^7$, при $N_{FE} > 25 \cdot 10^7$ принимают $N_{FE} = 25 \cdot 10^7$, при $N_{FE} < 10^6$ принимают $N_{FE} = 10^6$.

По табл. 2.15 принимают коэффициент износа материала C_v, по табл. 2.16 устанавливают формулы и находят допускаемые напряжения для червячного колеса.

Таблица 2.15

Значения коэффициента C_v

v_s, м/с	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
C_v	1,33	1,21	1,11	1,02	0,95	0,88	0,83	0,8

Таблица 2.16

Допускаемые напряжения для червячного колеса

Группа материалов	Червяк < 45 HRC	Червяк ≥ 45 HRC	Нереверсивная передача	Реверсивная передача
	$[\sigma]_H$, Н /мм^2		$[\sigma]_F$, Н /мм^2	
I	$K_{HL}C_v0{,}75\sigma_в$	$K_{HL}C_v0{,}9\sigma_в$	$(0{,}08\sigma_в+0{,}25\sigma_т)K_{FL}$	$0{,}16\sigma_в K_{FL}$
II	$250 - 25v_s$	$300 - 25v_s$		

2.5.4.4. Проектировочный расчет передачи

Межосевое расстояние определяют по формуле

$$a_w = 610\sqrt[3]{\frac{T_2}{[\sigma_H]^2}}. \qquad (2.121)$$

где T_2 – в ньютонометрах.

Полученное значение a_w округляют до ближайшего по ряду R_a 20.

Определяют модуль зацепления, мм:

$$m = (1{,}5\ldots1{,}7)a_w / z_2 \qquad (2.122)$$

и принимают ближайшее стандартное значение из 1-го ряда: 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00; 10,00; 12,50; 16,00. Допускается также использование 2-го ряда: 3,00; 3,50; 6,00; 7,00; 12,00.

Коэффициент диаметра определяют по рекомендации

$$q = (0{,}212\ldots0{,}250)z_2. \qquad (2.123)$$

Полученную величину округляют до стандартной из 1-го ряда: 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0 или из 2-го ряда: 7,1; 9,0; 11,2; 14,0; 18,0. По ГОСТ 19672-74 допускается также применение значений q 7,5 и 12,0.

Коэффициент смещения нарезающего инструмента находят из выражения

$$x = (a_w/m) - 0{,}5(q + z_2) \qquad (2.124)$$

с проверкой на соответствие критерию из п. 5.2.1.

По (2.101) определяют фактическое межосевое расстояние.

Вычисляют основные геометрические размеры червяка и червячного колеса.

Кроме того, находят делительный угол подъема витков

$$\gamma = \operatorname{arctg}(z_1/q). \qquad (2.125)$$

2.5.4.5. Проверочные расчеты

Уточняют КПД передачи по формуле (2.115), причем угол трения φ' принимают по табл. 2.17 в зависимости от фактической скорости скольжения, м/с:

$$v_{s\phi} = \frac{u_\phi \omega_2 d_1}{2000\cos\gamma}. \qquad (2.126)$$

Таблица 2.17

Значения угла трения

$v_{s\phi}$	0,1	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	7	10	15
φ'	4°30′… …5°10′	3°10′… …3°40′	2°30′… …3°10′	2°20′… …2°50′	2°00′… …2°30′	1°40′… …2°20′	1°30′… …2°00′	1°20′… …1°40′	1°00′… …1°30′	0°55′… …1°20′	0°50′… …1°10′
Меньшие значения φ' – для материалов группы I, бóльшие – для материалов групп II и III.											

В том случае, если получается $\eta_\phi < 0{,}8$, следует заново подсчитать требуемую мощность электродвигателя и при необходимости назначить двигатель более мощный.

Уточняют значение $[\sigma]_H$ по фактической скорости скольжения и формулам из табл. 2.16.

Контактное напряжение в зацеплении сравнивают с допускаемым:

$$\sigma_H = 340\sqrt{\frac{F_{t2}K}{d_1 d_2}} \le [\sigma]_H, \qquad (2.127)$$

где K – коэффициент нагрузки (принимается в зависимости от окружной скорости колеса (см. формулу (2.128)): при $v_2 \le 3$ м/с $K = 1$; при $v_2 > 3$ м/с $K =$ = 1,1…1,3);

$$v_2 = \frac{\omega_2 d_2}{2000}. \qquad (2.128)$$

Допускаемая недогрузка передачи составляет 15 %, допускаемая перегрузка – 5 %.

Напряжение изгиба в зубе колеса сравнивают с допускаемым:

$$\sigma_F = 0{,}7\frac{Y_{F2}F_{t2}K}{b_2 m} \le [\sigma]_F, \qquad (2.129)$$

где Y_{F2} – коэффициент формы зуба колеса, принимается по табл. 2.18 в зависимости от эквивалентного числа зубьев $z_{v2} = z_2/\cos^3\gamma$.

Таблица 2.18

Коэффициент формы зуба червячного колеса

z_{v2}	Y_{F2}	z_{v2}	Y_{F2}	z_{v2}	Y_{F2}	z_{v2}	Y_{F2}
20	1,98	30	1,76	40	1,55	80	1,34
24	1,88	32	1,71	45	1,48	100	1,30
26	1,85	35	1,64	50	1,45	150	1,27
28	1,80	37	1,61	60	1,40	300	1,24

Как правило, получается $\sigma_F << [\sigma]_F$, так как нагрузочная способность червячных передач ограничивается не изгибной, а контактной выносливостью.

Выполняют проверку (тепловой расчет) редуктора на нагрев. Цель проверки – определить температуру масла в редукторе, которая не должна превышать допускаемую $[t]_м = 80…95^o$.

Температуру масла в корпусе червячной передачи при непрерывной работе находят по формуле

$$t_{\text{м}} = t_{\text{в}} + \frac{P_1(1-\eta_{\text{ф}})}{K_t A}, \qquad (2.130)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура окружающего воздуха, принимают $t_{\text{в}}$ = 20 °С; P_1 – мощность на червяке, Вт; K_t – коэффициент теплопередачи (среднее значение коэффициента K_t = 13 Вт/(м^2·град)); A – площадь теплоотдающей поверхности корпуса (табл. 2.19), м^2.

Таблица 2.19

Площадь теплоотдающей поверхности корпуса червячного редуктора

a_w, мм	80	100	125	140	160	180	200	224
Площадь A, м^2	0,19	0,24	0,36	0,43	0,56	0,67	0,8	1

При невыполнении условия $t_{\text{м}} \le [t]_{\text{м}}$ следует увеличить с помощью оребрения площадь поверхности теплоотдачи. Если этой меры недостаточно, то необходимо предусмотреть специальные средства охлаждения (обдув корпус вентилятором, введение в конструкцию холодильника для масла).

Контрольные вопросы

1. Поясните термины: механическая передача, вариатор, редуктор, мультипликатор.

2. Дайте сравнительную характеристику передач трением и передач зацеплением.

3. Перечислите разновидности ремённых передач.

4. Перечислите разновидности и дайте сравнительную характеристику цилиндрических зубчатых передач.

5. Укажите основные геометрические характеристики цилиндрической прямозубой передачи.

6. Какие материалы используются для изготовления цилиндрических зубчатых передач?

7. Поясните формулу: $a'_{w\text{т}} = K_a(u \pm 1)\sqrt[3]{\dfrac{T_2 K_{H\beta}}{u^2 \psi_{ba}[\sigma_H]^2}}$.

8. Перечислите разновидности и дайте сравнительную характеристику конических зубчатых передач.

9. Укажите основные геометрические характеристики конической прямозубой передачи.

10. Перечислите разновидности и дайте сравнительную характеристику червячных передач.

11. Укажите основные геометрические характеристики червячной передачи архимедовым червяком.

12. С какой целью выполняется тепловой расчёт червячной передачи?

3. ПОДШИПНИКИ

3.1. Классификация подшипников по виду трения

Подшипники служат опорами валов, вращающихся осей и других деталей, совершающих вращательное движение. Они воспринимают нагрузки, приложенные к вращающимся деталям, и сохраняют заданное положение осей вращения. От качества подшипников во многом зависит работоспособность и долговечность машины. При выборе подшипников следует принимать во внимание, что они относятся к наименее долговечным узлам механизмов. Часто именно необходимость технического обслуживания или замены подшипников является причиной остановки машины.

По виду трения различают **подшипники скольжения** и **подшипники качения**. Кроме того, подшипники скольжения разделяются на опоры **жидкостного, полужидкостного** и **полусухого трения**. При жидкостном трении рабочие поверхности деталей разделены слоем смазки, толщина которого больше суммы высот шероховатости поверхностей. Это условие не соблюдается в опорах полужидкостного и полусухого трения, поэтому вращение деталей в них сопровождается износом поверхностей даже без попадания абразивных частиц извне.

Практически во всех ответственных узлах используются подшипники качения, что обусловлено следующими их **преимуществами** перед подшипниками скольжения:

– условный коэффициент трения подшипников качения мал, он равен 0,0015…0,0060 и приближается к коэффициенту жидкостного трения (0,001…0,005);

– подшипники качения не требуют большого количества смазки, что позволяет значительно упростить смазочную систему;

– конструкции подшипников качения позволяют производить их в массовых масштабах и обеспечивать их взаимозаменяемость.

К **недостаткам** подшипников качения следует отнести:

– отсутствие конструкций, разъемных в радиальном направлении;

– сравнительно большие радиальные габариты;

– ограниченную быстроходность, связанную с кинематикой и динамикой тел качения;

– низкую работоспособность в агрессивных средах, а также при вибрационных и ударных нагрузках.

Несмотря на сокращение области применения подшипников скольжения, в ряде случаев они остаются незаменимыми, и конструктор обязан это учитывать в процессе разработки машины.

Далее будут рассмотрены подшипники качения.

3.2. Конструкции и классификация подшипников качения

В общем случае подшипник качения состоит из **колец** с беговыми дорожками, **тел качения** и **сепаратора**. Тела качения расположены между кольцами и перемещаются по беговым дорожкам. Сепаратор представляет собой элемент, охватывающий тела качения и распределяющий их равномерно по окружности.

Кроме того, конструкция подшипника может включать в себя другие детали: уплотнительные и защитные шайбы, конические втулки с круглыми гайками и др. В некоторых преобразователях движения используют, наоборот, упрощенные подшипники (без одного из колец). Со всем многообразием подшипников качения можно ознакомиться с помощью технической литературы [1, 2].

По виду тел качения различают **шариковые** и **роликовые** подшипники. Роликовые делятся на подшипники **с короткими цилиндрическими роликами, с длинными цилиндрическими роликами, игольчатые, с коническими роликами** и **с бочкообразными роликами**.

По направлению воспринимаемой нагрузки подшипники подразделяют на **радиальные, упорные, радиально-упорные** и **упорно-радиальные**.

Радиальные шариковые подшипники – наиболее простые и дешевые. Они допускают небольшие перекосы вала (до 0,25º) и могут воспринимать не только радиальные, но и значительные осевые нагрузки. Благодаря своим достоинствам эти подшипники широко распространены в технике.

Радиальные роликовые подшипники с короткими цилиндрическими роликами способны воспринимать значительно бóльшие радиальные нагрузки, чем шариковые, но не допускают радиальных нагрузок и перекосов вала.

Радиально-упорные шариковые подшипники имеют особую форму наружного кольца, вследствие чего равнодействующая сил давления шарика на кольцо образует с диаметральной плоскостью угол α, называемый **углом контакта.**

В радиально-упорных и упорно-радиальных роликовых подшипниках используются конические ролики. Сравнение этих подшипников с радиально-упорными шариковыми показывает, что роликовые обладают существенно бóльшей нагрузочной способностью, но гораздо хуже воспринимают перекосы вала.

Шариковые и роликовые упорные подшипники при малых размерах обладают весьма высокой нагрузочной способностью, но воспринимают только осевые нагрузки и не допускают перекоса вала.

Особую группу образуют шариковые и роликовые **радиальные сферические подшипники**. Наружное кольцо такого подшипника имеет сферическую рабочую поверхность, с которой контактируют шарики или бочкообразные ролики. Сферические подшипники способны работать при перекосах вала до 2…3º и обеспечивать его вращение в случае установки опор в раздельных корпусах.

По габаритам подшипники разделяют на серии диаметров и ширин: **сверхлегкую, особо легкую, легкую широкую, среднюю, среднюю широкую, тяжелую**. Однотипные подшипники с одинаковыми диаметрами внутреннего кольца, но относящиеся к разным сериям, имеют различные размеры тел качения и, как следствие, различную нагрузочную способность.

По классам точности различают подшипники: класса 0 (**нормальной точности**); 6 (**повышенной**); 5 (**высокой**); 4 (**особо высокой**); 2 (**сверхвысокой**). От точности существенно зависит работоспособность подшипника, но одновременно с повышением точности возрастает и стоимость. Так, с переходом от класса 0 к классу 2 относительная стоимость подшипника повышается примерно в 10 раз. Поэтому использовать высокоточные подшипники в преобразователях движения ММ и роботов рекомендуется **в обоснованных случаях**.

3.3. Методика расчета подшипников качения

3.3.1. Исходные данные для расчета

В результате расчета передач и конструирования валов (см. раздел 4) определены следующие данные, использующиеся как исходные при расчете подшипников:

– расчетные схемы валов с внешними нагрузками и реакциями опор;

– диаметры опорных поверхностей валов;

– частоты вращения валов;

– срок службы механизма $T_{сл}$, лет.

Кроме указанных, из технического задания на редуктор могут следовать дополнительные требования, например, циклограмма нагружения, максимальные допустимые габаритные размеры узла, наличие и кратность динамических нагрузок и т. д.

3.3.2. Предварительный выбор подшипников

Подшипники предварительно назначают по **виду передачи**, **функции вала** в редукторе и **диаметру опорных поверхностей** $d_{п}$.

Валы цилиндрических зубчатых передач, как правило, устанавливают на шариковых радиальных подшипниках. Для конических и червячных передач

необходимы радиально-упорные подшипники; в большинстве случаев применяют роликовые радиально-упорные конические подшипники. В тех случаях, когда на вал действуют значительные осевые силы, в подшипниковые узлы включают упорные подшипники.

Обычно в обеих опорах вала располагают одинаковые подшипники.

Для валов червяков и шестерен конических передач целесообразно предварительно назначить роликовые радиально-упорные конические подшипники средней серии. Опоры валов червячных колес в большинстве случаев ставят на подшипники легкой серии.

По приведенным выше рекомендациям и значению диаметра $d_{\text{п}}$ выбирают подшипники и выписывают из соответствующего стандарта их основные характеристики.

Предварительно принятые подшипники требуют проверки. Поскольку в подавляющем большинстве механизмов валы вращаются с частотами более 1 об/мин, то далее рассматривается проверка **по динамической грузоподъемности.**

3.3.3. Проверочный расчет подшипников по динамической грузоподъемности

3.3.3.1. Шариковые радиальные подшипники

Вал установлен в двух опорах – A и B, радиальные реакции опор – соответственно R_A и R_B, осевая реакция опоры A – R_{Aa}.

Определяют отношения

$$\frac{R_{Aa}}{C_{0r}}, \tag{3.1}$$

$$\frac{R_{Aa}}{VR_A}; \tag{3.2}$$

где V – коэффициент вращения (V = 1 – при вращающемся внутреннем кольце; V = 1,2 – при вращающемся наружном кольце подшипника); C_{0r} – табличная статическая грузоподъемность подшипника, Н.

По значению (3.1) и табл. 3.1 устанавливают коэффициент влияния осевого нагружения *e*.

Таблица 3.1

Коэффициенты *e* и *Y* для шариковых радиальных однорядных подшипников

R_{Aa}/C_{0r}	0,014	0,028	0,056	0,084	0,110	0,170	0,280	0,420	0,560
e	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,34	0,38	0,42	0,44
Y	2,30	1,99	1,71	1,55	1,45	1,31	1,15	1,04	1,00

Сравнение величин (3.2) и *e* показывает **значимость осевой силы**. Если $\frac{R_{Aa}}{VR_A} \le e,$ то в дальнейшем осевую составляющую реакции опоры *A* не учитывают и считают подшипник нагруженным только радиально.

Следующим шагом определяют **эквивалентные нагрузки** на подшипники.

Простейшим случаем нагружения является **постоянный режим**, при котором величины реакций опор не изменяются со временем. Пусть в опоре *A* учет осевой реакции необходим. Тогда эквивалентные нагрузки на подшипники

$$\begin{aligned} P_{эA} &= (VXR_A + YR_{Aa})K_б K_T; \\ P_{эB} &= VR_B K_б K_T, \end{aligned} \qquad (3.3)$$

где X = 0,56 – коэффициент радиальной нагрузки; Y – коэффициент осевой нагрузки (см. табл. 3.1); $K_б$ – коэффициент безопасности (табл. 3.2); K_T – температурный коэффициент (при рабочей температуре подшипника до 125 ºС K_T = 1).

Если же осевую реакцию учитывать не нужно, то эквивалентную нагрузку на подшипник *A* определяют из выражения

$$P_{эA} = VR_A K_б K_T. \qquad (3.4)$$

Затем находят **требуемые динамические грузоподъемности** подшипников по формулам:

$$\begin{aligned} C_{гтрA} &= P_{эA}\sqrt[3]{L \cdot 10^{-6}}; \\ C_{гтрB} &= P_{эB}\sqrt[3]{L \cdot 10^{-6}}, \end{aligned} \qquad (3.5)$$

где L – число оборотов вала за срок службы механизма.

Вид выражения для вычисления L зависит от того, как в техническом задании указан срок службы. Если оговорен календарный срок $T_{сл}$, лет, то число оборотов вала за $T_{сл}$ вычисляют следующим образом:

– для постоянного режима работы

$$L = 60T_{сл}\, n_{рд}\, n_{см}\, t_{см}\, n; \tag{3.6}$$

– для режима, заданного циклограммой

$$L = 60T_{сл} n_{рд} n_{см} t_{см} \sum_{i=1}^{k}\left(n\frac{t_i}{t_{Ц}} \right), \tag{3.7}$$

где $n_{рд}$ – число рабочих дней в году; $n_{см}$ – число рабочих смен в сутки; $t_{см}$ – число рабочих часов в смену; t_i – продолжительность ступени цикла; $t_{Ц}$ – продолжительность цикла; i – номер ступени цикла; k – число ступеней в составе цикла.

Затем сравнивают бóльшую из требуемых динамических грузоподъемностей подшипников с табличной динамической грузоподъемностью $C_{rтабл}$ предварительно принятого подшипника. Подшипник проработает заданный срок, если $C_{rтр} \le C_{rтабл}$.

3.3.3.2. Радиально-упорные подшипники

В радиально-упорных подшипниках контактные линии наклонены к оси вала на угол α, что при радиальном нагружении приводит к появлению **внутренних осевых сил** S (рис. 3.1).

Значения S определяют так:

для шариковых подшипников

$$S = Re; \tag{3.8}$$

для роликовых подшипников

$$S = 0{,}83Re, \tag{3.9}$$

где e – параметр осевой нагрузки (по каталогу).

Осевые нагрузки на подшипники вычисляют по формулам, приведенным в табл. 3.2.

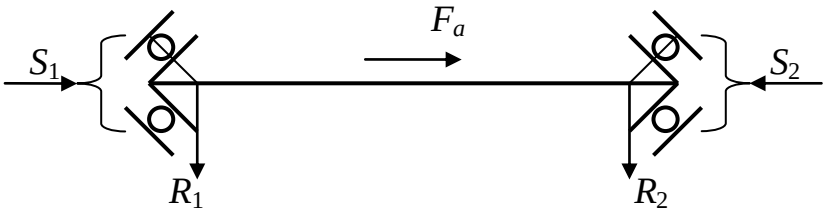


Рис. 3.1. Схема вала на радиально-упорных подшипниках:
F_a – внешняя осевая сила

Эквивалентную динамическую нагрузку на роликовый подшипник следует определять по формулам

$$C_{r\text{тр}} = P_{\text{э}} \sqrt[3,33]{L \cdot 10^{-6}};$$
$$C_{r\text{тр}} = P_{\text{эЦ}} \sqrt[3,33]{L \cdot 10^{-6}}. \qquad (3.10)$$

Таблица 3.2

Расчет осевых нагрузок на подшипники вала по рис. 3.1

Условия нагружения	Осевые нагрузки
$S_1 > S_2$; $F_a > 0$	$F_{a1} = S_1$; $F_{a2} = S_1 + F_a$
$S_1 < S_2$; $F_a > S_2 - S_1$	
$S_1 < S_2$; $F_a < S_2 - S_1$	$F_{a1} = S_2 - F_a$; $F_{a2} = S_2$

В остальном методика проверки аналогична приведенной в подпункте 3.3.3.1.

Контрольные вопросы

1. Дайте сравнительную характеристику подшипников скольжения и подшипников качения.

2. Перечислите разновидности подшипников по виду тел качения.

3. Перечислите разновидности подшипников по направлению воспринимаемой нагрузки.

4. Что является причиной возникновения осевой силы от радиальной нагрузки в радиально-упорном подшипнике?

5. Какую функцию в подшипнике качения выполняет сепаратор?

6. Что такое статическая грузоподъёмность и динамическая грузоподъёмность подшипника?

7. Перечислите пункты методики проверки на долговечность шарикового радиального подшипника.

4. ВАЛЫ И ОСИ

4.1. Общие сведения

Валы и оси служат для размещения на них вращающихся деталей: зубчатых колес, шкивов, барабанов и т. п. Отличие вала от оси состоит в том, что он передает крутящий момент от одной детали к другой, а ось не передает. **Вал** всегда **вращается**, а **ось** может быть **как вращающейся**, так и **невращающейся.**

Различают валы **прямые, коленчатые** и **гибкие**. В большинстве механизмов применяются прямые валы. Коленчатые и гибкие валы относятся к специальным деталям и далее рассматриваться не будут.

По наличию ступеней валы подразделют на **гладкие** и **ступенчатые.** Наличие ступеней связано с установкой на валу деталей и самого вала в опорах. В некоторых случаях выполнение вала или оси ступенчатой формы позволяет существенно уменьшить их массу.

Валы изготовляют **сплошными** или **полыми.** Полость либо уменьшает массу вала, либо позволяет пропустить через вал другую деталь, подвести масло к контактирующим поверхностям и т. п.

Для изготовления валов и осей применяют преимущественно **углеродистые** и **легированные стали**, предусматривающие все возможные виды упрочнения.

Далее приводится методика расчета валов.

4.2. Методика расчета валов

4.2.1. Исходные данные

Размеры устанавливаемых на вал элементов (зубчатых и червячных колес, посадочные диаметры подшипников и т. п.).

Значения нагрузок на эти элементы. Передаваемый валом крутящий момент.

Частота вращения вала.

Циклограмма нагружения и срок службы механизма.

Дополнительные требования (ориентировочные габаритные размеры, тип подшипников и т. д.).

4.2.2. Проектировочный расчет

Определяют **характерный диаметр** вала, мм:

$$d = 10\sqrt[3]{\frac{T}{0{,}2[\tau]}}, \qquad (4.1)$$

где T – передаваемый валом крутящий момент, Н·м; $[\tau]$ = 20 МПа – уменьшенное допускаемое касательное напряжение.

Для быстроходных и тихоходных валов передачи d – диаметр выходного конца, его значение следует принять ближайшее по ГОСТ 12080 или ГОСТ 12081 к полученному по выражению (4.1).

Для промежуточных валов d – диаметр ступеньки под зубчатым (или червячным) колесом, его значение следует принять ближайшее по ряду *Ra*40 к полученному по выражению (4.1).

Диаметры остальных ступенек вала назначают с учетом величины характерного диаметра конструктивно, принимая во внимание требования технологии изготовления и сборки, ряд номинальных размеров, вероятные размеры подшипников и известные размеры сопряженных с валом деталей.

4.2.3. Разработка расчетной схемы и эскиза вала

Расчетная схема представляет собой схематичное изображение вала в виде двухопорной балки. Нагрузки показывают в виде сосредоточенных сил и

моментов. При необходимости балку снабжают пометками с указанием диаметров ступенек.

Быстроходный вал передачи обычно соединяют с валом двигателя компенсирующей муфтой, поэтому на его выходной конец действует консольная нагрузка, определяемая эмпирической формулой, Н:

$$F_{кб} = (50...125)\sqrt{T_б}, \quad (4.2)$$

где $T_б$ – крутящий момент на быстроходном валу, Н·м.

На выходной конец тихоходного вала может действовать **консольная нагрузка**, которую учитывают в виде силы, определяемой по следующим формулам, Н:

– для одноступенчатого цилиндрического редуктора

$$F_к = 125\sqrt{T_т}; \quad (4.3)$$

– для двухступенчатого цилиндрического редуктора и для червячного редуктора

$$F_к = 250\sqrt{T_т}, \quad (4.4)$$

где $T_т$ – крутящий момент на быстроходном валу, Н·м.

Длины ступенек при разработке расчетной схемы назначают с учетом размеров деталей, ряда номинальных размеров, а также соотношений, принятых в практике конструирования.

Концы быстроходного и тихоходного валов назначают по ГОСТ 12080.

Руководствуясь полученными размерами элементов вала, строят его эскиз в масштабе [4]. Эскиз служит основой дальнейшего выполнения рабочего чертежа.

4.2.4. Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов. Проверка вала на усталостную прочность

Данные пункты расчета подробно рассматриваются в сопротивлении материалов [5] и учебных пособиях по курсовому проектированию деталей машин [6].

Контрольные вопросы

1. В чём отличие вала от оси?

2. Перечислите разновидности валов.

3. С какой целью на валах механических передач выполняют ступеньки?

4. Поясните формулу $d = 10\sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}}$.

5. Перечислите пункты методики расчёта вала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии представлены конструкции и методы расчёта наиболее широко применяющихся соединений, передач, подшипников и валов, т. е. компонентов, встречающихся практически во всех машинах и механизмах. Таким образом, можно считать задачу, на решение которой направлено учебное пособие, выполненной.

Необходимо подчеркнуть, однако, что разработка данного учебного материала не имела целью формирование исчерпывающих знаний в области проектирования механического оборудования. Раздел «Валы и оси» дан сокращённо, и для получения более полной информации учащимся следует обратиться к специальным источникам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов М. П., Финогенов В. А. Детали машин. – М.: Высш. шк., 2003.

2. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. – М.: Машиностроение, 1992.

3. Таугер В. М., Ахлюстина Н. В. Расчет и курсовое проектирование деталей машин: В 2-х ч. – Екатеринбург: УрГУПС, 2004.

4. Таугер В. М. Конструирование и проверочный расчёт тихоходного вала цилиндрического редуктора: учебно-методическое пособие на курсовую работу по дисциплине «Прикладная механика». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

5. Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А. Сопротивление материалов: конспект лекций. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005.

6. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Детали машин. Курсовое проектирование. – М.: Машиностроение, 2004.

Учебное издание

Виталий Михайлович Таугер

Техническая механика. Детали машин

Учебное пособие

Редактор изд-ва Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка
Дизайн обложки Н. В. Сайчиной

Подписано в печать Формат $60\times84^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура *Times New Roman*.
Печать на ризографе. Печ. л. Уч. изд. л. Тираж
Заказ

Издательство УГГУ
640144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский гос. горный ун-т
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«15» декабря 2018 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

М. Л. Хазин

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов
по направлению 15.03.01 – «Машиностроение»,
15.03.02 – «Технологические машины и оборудование»
23.03.01 Технология транспортных процессов
для студентов очного и заочного обучения
15.02.01 « Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования
(машиностроение)»

Екатеринбург, 2019

Х12

Рецензенты: Тихонов И. Н., к-т. техн. наук, зав. кафедрой «Электронное машиностроение» УрФУ, Жуков Ю. Н., д-р. техн. наук, профессор кафедры «Электронное машиностроение» УрФУ

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 05 июня 2018 года
(протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Хазин М. Л. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: Методические указания по самостоятельной работе студентов по направлению 15.03.01 – «Машиностроение». Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 24 с.

В методических указаниях по самостоятельной работе приведена последовательность выполнения практических и самостоятельных работ по дисциплине «Материаловедение», изложена методика решения задач, даны задачи, вопросы для самопроверки по разделам.

Методические указания предназначены для студентов направлений бакалавриата: 15.03.01 – «Машиностроение», 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование», 23.03.01 Технология транспортных процессов, подготовка которых требует знаний по свойствам и применению металлических и неметаллических материалов. 15.02.01 « Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)»

© Хазин М. Л., 2019
© Уральский государственный горный университет, 2019

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование производства, выпуск современных разнообразных машиностроительных конструкций, специальных приборов, машин и различной аппаратуры невозможны без дальнейшего развития производства и изыскания новых материалов, как металлических, так и неметаллических.

Материаловедение является одной из первых инженерных дисциплин, основы которой широко используются при курсовом и дипломном проектировании, а также в практической деятельности инженера-машиностроителя.

Прогресс в области машиностроения тесно связан с созданием и освоением новых, наиболее экономичных материалов, обладающих самыми разнообразными механическими и физико-химическими свойствами. Свойства материала определяются его внутренним строением, которое, в свою очередь, зависит от состава и характера предварительной обработки. В курсе "Материаловедение" изучаются физические основы этих связей.

ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ЧАСТЬ I. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Строение металлов

Металловедение как наука о свойствах металлов и сплавов. Типы связи в твердых телах. Атомно-кристаллическое строение металлов. Процесс кристаллизации.

Рассмотрите типы химической связи в твердых телах, основное внимание обратите на особый тип металлической связи, который обусловливает отличительные свойства металлов: высокую электропроводность и теплопроводность, высокую пластичность и металлический блеск. Металлические тела характеризуются кристаллическим строением. Однако свойства реальных кристаллов определяются известными несовершенствами кристаллического строения. В связи с этим необходимо разобраться в видах несовершенств и особенно в строении дислокаций (линейных несовершенств), причинах их легкого перемещения в кристаллической решетке и влияния на механические свойства.

Термодинамические причины фазовых превращений являются одним из частных случаев общего закона природы: стремления любой системы

к состоянию с наименьшим запасом энергии (в данном случае свободной энергии). Уясните теоретические основы процесса кристаллизации, состоящего из двух элементарных процессов: зарождения и роста кристаллов, и влияния на эти параметры степени переохлаждения.

В процессе кристаллизации при формировании структуры литого металла решающее значение имеет реальная среда, а также возможность искусственного воздействия на строение путем модифицирования.

Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность металлического, ионного и ковалентного типов связи?
2. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются?
3. Что такое элементарная ячейка?
4. Что такое полиморфизм?
5. Что такое параметр кристаллической решетки, плотность упаковки и координационное число?
6. Что такое мозаичная структура?
7. Виды дислокаций и их строение.
8. Каковы термодинамические условия фазового превращения?
9. Каковы параметры процесса кристаллизации?
10. Что такое переохлаждение?

Теория сплавов

Сплавы, виды взаимодействия компонентов в твердом состоянии. Диаграммы состояния для случаев полной нерастворимости, неограниченной и ограниченной растворимости компонентов в твердом виде, а также для случая образования устойчивого химического соединения.

Необходимо отчетливо представлять строение металлов и сплавов в твердом состоянии. Уясните, что такое твердый раствор, химическое (металлическое) соединение, механическая смесь. Наглядное представление о состоянии любого сплава в зависимости от его состава и температуры дают диаграммы состояния. Нужно усвоить общую методику построения диаграмм состояния для различных случаев взаимодействия компонентов в твердом состоянии.

При изучении диаграмм состояния нужно уметь применять правило отрезков (для определения доли каждой фазы или структурной составляющей в сплаве), правило фаз (для построения кривых нагревания и охлаждения), определять химический состав фаз. С помощью правил Курнакова нужно уметь установить связь между составом, строением и свойствами сплава.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое компонент, фаза, физико-химическая система, число степеней свободы?
2. Приведите объяснение твердого раствора, механической смеси, химического (металлического) соединения.
3. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения?
4. Как строятся диаграммы состояния?
5. Объясните принцип построения кривых нагревания и охлаждения с

помощью правила фаз.

6. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования непрерывного ряда твердых растворов.

7. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая полной нерастворимости компонентов в твердом состоянии.

8. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования эвтектики, состоящей из ограниченных твердых растворов.

10. Каким образом определяются состав фаз и их количественное соотношение?

Пластическая деформация и механические свойства металлов

Напряжения и деформация. Явление наклепа. Стандартные механические свойства: твердость; характеристики, определяемые при растяжении; ударная вязкость; сопротивление усталости.

Рассмотрите физическую природу деформации и разрушения. Внимание уделите механизму пластической деформации, ее влиянию на плотность дислокаций. Уясните связь между основными характеристиками, строением и механическими свойствами. Разберитесь в сущности явления наклепа и его практическом использовании.

Изучите основные методы исследования механических свойств металлов и физический смысл определяемых при разных методах испытания характеристик.

Вопросы для самопроверки

1. В чем различие между упругой и пластической деформациями?

2. Как изменяется строение металла в процессе пластического деформирования?

3. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации?

4. Как влияют дислокации на прочность металла?

5. Почему наблюдается огромное различие теоретической и практической прочности?

6. Как влияет изменение строения на свойства деформированного металла?

7. В чем сущность явления наклепа и какое он имеет практическое использование?

8. Какие характеристики механических свойств определяются при испытании на растяжение?

9. Что такое твердость?

10. Какие методы определения твердости вы знаете?

Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла

Необходимо знать сущность рекристаллизационных процессов: возврата, первичной рекристаллизации, собирательной (вторичной) рекристаллизации, протекающих при нагреве деформированного металла. Уясните, как при этом изменяются механические, физико-химические свойства и размер зерна. Установите влияние состава сплава и степени пластической деформации на протекание рекристаллизационных процессов. Научитесь выбирать режим рекристаллизационного отжига. Уясните его практическое значение, различие между холодной и горячей пластическими деформациями.

Вопросы для самопроверки

1. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве?
2. В чем сущность процесса возврата?
3. Что такое полигонизация?
4. Сущность процессов первичной и вторичной рекристаллизации.
5. Как влияют состав сплава и степень пластической деформации на температуру рекристаллизации?
6. Что такое критическая степень деформации?
7. В чем различие между холодной и горячей пластическими деформациями?
8. Как изменяются строение и свойства металла при горячей пластической деформации?
9. Каково назначение рекристаллизационного отжига и как он осуществляется?

Железо и его сплавы

Диаграмма состояния железо - цементит. Классификация железоуглеродистых сплавов. ГОСТы на металлы и сплавы. Фазы, образуемые легирующими элементами в сплавах железа. Структурные классы легированных сталей. Чугуны.

Научитесь вычерчивать диаграмму состояния железо - цементит и определять все фазы и структурные составляющие этой системы. С помощью правила фаз постройте кривые охлаждения (или нагревания) для любого сплава; разберитесь в классификации железоуглеродистых сплавов и усвойте, что различие между тремя классами (техническое железо, сталь, чугун) не является формальным (по содержанию углерода). Разные классы сплавов принципиально различны по структуре и свойствам. Технические железоуглеродистые сплавы состоят не только из железа и углерода, но и обязательно содержат постоянные примеси, попадающие в сплав в результате

предыдущих операций при выплавке.

Изучите влияние легирующих элементов на критические точки железа и стали и объясните, при каком сочетании углерода и соответствующего легирующего элемента могут быть получены легированные стали ферритного, перлитного, аустенитного и ледебуритного классов.

Уясните влияние постоянных примесей на строение чугуна и разберитесь в различии металлической основы серых чугунов разных классов. Запомните основные механические свойства и назначение чугунов различных классов и их маркировку. Обратите внимание на способы получения ковких и высокопрочных чугунов. Изучите физическую сущность процесса графитизации.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое феррит, аустенит, перлит, цементит и ледебурит?
2. Какие превращения происходят в сплавах при температурах A1, A2, A3, A4, Acm?
3. Каковы структуры серых чугунов? 1
4. Каковы структура и свойства технического железа, стали и белого чугуна?
5. Как влияют легирующие элементы на положение критических точек железа и стали?
6. Какие легирующие элементы являются карбидообразующими?
7. Какие легирующие элементы способствуют графитизации?
8. Как влияют легирующие элементы на свойства феррита и аустенита?
9. В чем отличие серого чугуна от белого?
10. Классификация и маркировка серых чугунов.

Теория термической обработки стали

Превращения в стали при нагреве. Превращения переохлажденного аустенита. Мартенситное превращение и его особенности. Превращения аустенита при непрерывном охлаждении. Превращения при отпуске закаленной стали.

Теория и практика термической обработки стали - главные вопросы металловедения. Термическая обработки - один из основных способов влияния на строение, а следовательно, и на свойства сплавов.

При изучении превращений переохлажденного аустенита особое внимание обратите на диаграмму изотермического распада, устанавливающую связь между температурными условиями превращения, интенсивностью распада и строением продуктов превращения.

Изучите влияние легирующих элементов на кинетику и характер превращения аустенита в перлитной, промежуточной и мартенситной областях. В связи с влиянием легирующих элементов на диаграммы изотермического распада аустенита рассмотрите причины получения различных классов по

структуре (перлитного, мартенситного, аустенитного). Уясните влияние легирующих элементов на превращения при отпуске. Запомните, что легирующие элементы, как правило, затормаживают процессы превращений.

Вопросы для самопроверки

1. Механизм образования аустенита при нагреве стали.
2. Каковы механизмы и температурные районы образования структур перлитного типа (перлита, сорбита, тростита) и бейнита?
3. В чем различие между перлитом, сорбитом и троститом?
4. Что такое мартенсит и в чем сущность и особенности мартенситного превращения?
5. Что такое критическая скорость закалки?
6. От чего зависит количество остаточного аустенита?
7. В чем сущность превращений, происходящих при отпуске?
8. Как влияют легирующие элементы на перлитное превращение?
9. В чем сущность явления отпускной хрупкости?
10. Как влияют легирующие элементы на превращения при отпуске?

Технология термической обработки

Основные виды термической обработки стали. Отжиг, нормализация, закалка, обработка холодом. Прокаливаемость стали. Отпуск стали. Поверхностная закалка.

Уясните влияние скорости охлаждения на структуру и свойства стали и физическую сущность процессов отжига, нормализации, закалки и обработки холодом. При изучении технологических процессов термической обработки особое внимание обратите на разновидности режимов и их назначение. Для выяснения причин брака при термической обработке стали следует прежде всего разобраться в природе термических и фазовых напряжений.

Уясните различие между закаливаемостью и прокаливаемостью стали, а также факторы, влияющие на эти характеристики. Разберитесь в способе получения высокопрочных деталей - термомеханической обработке.

Различные виды поверхностной закалки позволяют получить особое сочетание свойств поверхностного слоя и сердцевины, что приводит к повышению эксплуатационных характеристик изделия.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите определения основных процессов термической обработки: отжига, нормализации и закалки.
2. Какие вам известны разновидности процесса отжига и для чего они применяются?
3. Какова природа фазовых и термических напряжений?
4. Какие вам известны разновидности закалки и в каких случаях они

применяются?

5. Каковы виды и причины брака при закалке?

6. Какие Вам известны группы охлаждающих сред и каковы их особенности?

7. От чего зависит прокаливаемость стали и в чем ее технологическое значение?

8. Какие вам известны технологические приемы уменьшения деформации при термической обработке?

9. Для чего и как производится обработка холодом?

10. . В чем сущность и особенности термомеханической обработки.

Химико-термическая обработка стали и поверхностное упрочнение наклепом

Физические основы химико-термической обработки. Цементация. Азотирование. Цианирование. Диффузионная металлизация. Дробеструйный наклеп.

При изучении основ химико-термической обработки следует исходить из того, что принципы химико-термической обработки едины. Процесс химико-термической обработки состоит из выделения атомов насыщающего вещества внешней средой, захвата (сорбции) этих атомов поверхностью металла и диффузии их внутрь металла. Поэтому рассмотрите реакции в газовой среде при цементации или азотировании и усвойте современные представления о процессе диффузии в металлах. В большинстве случаев насыщение может происходить из твердой, жидкой и газовой сред, а поэтому нужно знать наиболее удачные варианты насыщения для каждого метода химико-термической обработки и конечные результаты (поверхностное упрочнение и изменение физико-химических свойств).

Разберитесь в технологии проведения отдельных видов химико-термической обработки. Уясните преимущества и области использования цементации, азотирования, цианирования и различных видов диффузионной металлизации. Объясните влияние легирования на механизм формирования структуры поверхностного слоя. Рассмотрите сущность и назначение дробеструйного поверхностного наклепа и его влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются физические основы химико-термической обработки?

2. Химизм процесса азотирования.

3. Химизм процесса цементации.

4. Назначение цементации и режим термической обработки после нее.

5. Для каких целей и как производится нитроцементация?

6. Каковы свойства цементированных и азотированных изделий?

7. Химизм и назначение процесса цианирования.

8. Сущность и назначение процесса борирования.

9. Как изменяются свойства изделий при дробеструйной обработке и какова природа этих изменений?

10. Как влияет поверхностное упрочнение на эксплуатационные характеристики изделий?

Конструкционные стали

Конструкционные стали общего назначения. Цементуемые, улучшаемые, пружинно-рессорные стали. Высокопрочные мартенситостареющие стали. Коррозионно-стойкие и жаростойкие стали и сплавы. Жаропрочные стали и сплавы.

Нужно усвоить принципы маркировки сталей и уметь по маркировке определить состав и особенности данной стали, а также иметь общее представление о разных группах стали.

Разберитесь во влиянии легирующих элементов на изменение структуры и свойств стали, особое внимание уделите технологическим особенностям термической обработки легированной стали различных групп.

Рассмотрите способы классификации, основные принципы выбора для различного назначения цементуемых, улучшаемых, пружинно-рессорных, износостойких, высокопрочных, нержавеющих, жаропрочных и других сталей.

При изучении жаропрочных сталей обратите внимание на особенности поведения металла в условиях нагружения при повышенных температурах. Уясните сущность явления ползучести и основные характеристики жаропрочности; каковы предельные рабочие температуры и области применения сталей различного структурного класса.

В качестве примеров указать две-три марки стали каждой группы, расшифровать состав, назначить режим термической обработки и охарактеризовать структуру, свойства и область применения.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите химический состав сталей марок: 40, 20Х, 30ХГСА, 50Г, Г13, ШХ15, 18Х2Н4ВА, 5ХНМ, Х18Н9Т, Н18К8М5Т.

2. Как классифицируются конструкционные стали по технологии термической обработки?

3. Какие требования предъявляются к цементуемым изделиям?

4. Чем определяется выбор марки цементуемой стали для изделий различного назначения?

5. Какова термическая обработка цементуемых деталей?

6. Чем объясняется назначение процесса улучшения для конструкционной стали?

7. Как влияет степень легирования на механические свойства улучшае-

мой стали?

8. Какие требования предъявляются к рессорно-пружинным сталям?

9. Какие вы знаете износостойкие стали?

10. Каковы требования, предъявляемые к нержавеющим сталям?

Инструментальные стали

Классификация и маркировка инструментальных сталей. Стали, не обладающие и обладающие теплостойкостью. Стали для режущего, измерительного и штампового инструмента. Твердые сплавы.

Изучите классификацию инструментальных сталей в зависимости от назначения инструмента и в связи с этим рассмотрите основные эксплуатационные свойства инструмента каждой группы. Особое внимание уделите быстрорежущим сталям. Уясните причины их высокой красностойкости и особенности термической обработки.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите химический состав сталей марок: У10, 9ХС, ХВГ, Р18, Р18Ф2, Р9К10, Р9М4К8, Х12, 6ХВ2С, Х12М.

2. Как классифицируются инструментальные стали?

3. Требования, предъявляемые к сталям для режущего инструмента.

4. Приведите примеры углеродистых и легированных сталей, используемых для режущего инструмента.

5. Укажите и расшифруйте основные марки быстрорежущей стали.

6. Что представляют собой твердые сплавы?

7. Каковы свойства и преимущества твердых сплавов?

8. Укажите марки твердых сплавов, их состав и назначение.

Алюминий, магний и их сплавы

Деформируемые и литейные сплавы.

Обратите внимание на основные преимущества алюминиевых и магниевых сплавов, связанные с их высокой удельной прочностью. Рассмотрите классификацию алюминиевых сплавов и обоснуйте технологический способ изготовления изделий из сплавов каждой группы. Разберитесь в основах теории термической обработки (старения) легких сплавов. Обоснуйте выбор способа упрочнения деформируемых и литейных сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Свойства и применение алюминия.

2. Как классифицируются алюминиевые сплавы?

3. Какие сплавы упрочняются путем термической обработки?

4. В чем сущность процесса старения?

5. Какие сплавы не упрочняются путем термической обработки?

6. Какие вы знаете литейные алюминиевые сплавы?
7. Какие вы знаете жаропрочные алюминиевые сплавы?
8. Какие вы знаете порошковые алюминиевые сплавы?
9. Каковы свойства магния?
10. Укажите свойства и назначение сплавов на основе магния.

Медь и ее сплавы

Латуни и бронзы.

Изучите классификацию медных сплавов и уясните маркировку, состав, структуру, свойства и области применения разных групп медных сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Как влияют примеси на свойства чистой меди?
2. Как классифицируются медные сплавы?
3. Какие сплавы относятся к латуням?
4. Приведите несколько примеров латуней с указанием их состава, структуры, свойств и назначения.
5. Какие сплавы относятся к бронзам? Их маркировка и состав.
6. Укажите строение, свойства и назначение различных бронз.
7. Какой термической обработке подвергается бериллиевая бронза?

Композиционные материалы

Обратите внимание на принципиальное отличие композиционного материала, заключающееся в сочетании разнородных материалов с четкой границей раздела между ними. В связи с тем, что композит обладает свойствами, которыми не может обладать ни один из его компонентов в отдельности, такие материалы становятся весьма перспективными в различных областях новой техники. Укажите свойства композитов в зависимости от вида матрицы и формы, размеров и взаимного расположения наполнителя. Уясните возможность использования композитов в качестве жаропрочных материалов и способы повышения их жаропрочности.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое композиты?
2. Как подразделяют композиты в зависимости от формы и размеров наполнителя?
3. Как подразделяют композиты по виду матрицы?
4. От чего зависят механические свойства композитов?
5. Какие композиционные материалы используют для работы при высоких температурах (жаропрочные)?

ЧАСТЬ II. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Пластические массы

В основе неметаллических материалов лежат полимеры. Обратите внимание на особенности строения полимеров, которые определяют их механические и физико-химические свойства. Классификация полимерных материалов. Свойства и области применения пластмасс.

Пластические массы - искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связывающих веществ, которые являются обязательными компонентами пластмасс. Изучите различные группы пластических масс, их свойства и области применения.

Вопросы для самопроверки

1. Что лежит в основе классификации полимеров?
2. Какие материалы относятся к обратимым и необратимым полимерам?
3. Какие вы знаете наполнители пластмасс?
4. Для чего вводят в пластмассы отвердители?
5. Приведите примеры пластиков с твердыми наполнителями.
6. Укажите область применения термопластов и реактопластов.
7. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами? Каковы их недостатки?

Резиновые материалы

Как технический материал резина отличается от других материалов высокими эластичными свойствами, что связано со свойствами самой основы резины - каучука. Уясните состав резины, способы получения и влияние различных добавок на ее свойства. Подробно рассмотрите влияние порошковых и органических наполнителей на свойства резины, изучите физико-механические свойства и области применения резин различных марок.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой резина?
2. Какие компоненты относятся к совмещающимся и как они влияют на свойства резины?
3. Объясните роль порошковых наполнителей.
4. В каких случаях применяются волокнистые наполнители?

Неорганические материалы

Поскольку большинство неорганических материалов содержит различные соединения кремния с другими элементами, эти материалы получили

общее название силикатных материалов. Обратите внимание на внутреннее строение неорганического стекла. Уясните сущность стеклообразного состояния как разновидности аморфного состояния вещества. Разберитесь в изменении свойств стекла в зависимости от состава. Рассмотрите стеклокристаллические материалы (ситаллы) и их отличие от стекла минерального. Уясните причины образования кристаллической структуры ситаллов.

При изучении керамических материалов обратите внимание на отличие технической керамики от обычной. Разберитесь в химическом и фазовом составах технической керамики, ее свойствах и области применения.

Вопросы для самопроверки

Какие силикатные материалы относятся к минеральному стеклу?

Их отличительные свойства.

Как достигаются электроизоляционные или электропроводящие свойства стекла?

Объясните причины, вызывающие кристаллизацию ситаллов (стеклокристаллитов).

Укажите область применения ситаллов.

5. В чем отличие технической керамики от обычной? Укажите область ее применения.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Задания на контрольные работы выдают индивидуально каждому студенту. Задание включает вопросы и задачи по основным разделам курса.

При выполнении контрольных работ студенты изучают методику выбора и назначения сталей и сплавов для изготовления конкретных деталей машин и различного вида инструментов, а также знакомятся с особенностями строения, технологией получения и областью применения наиболее распространенных неметаллических материалов. Одновременно студент должен научиться пользоваться рекомендуемыми справочными материалами, с тем чтобы уметь в дальнейшем правильно выбрать материал при курсовом и дипломном проектировании.

Перечень ГОСТов, необходимых для выполнения контрольных работ, приведен в приложении. Диаграмма состояния железо-цементит и диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали У8 также приведены в приложении (см. рис. 1 и 2).

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Вариант 1

1. Что такое ликвация? Виды ликвации, причины их возникновения и способы устранения.

2. Дайте определение ударной вязкости (KCV). Опишите методику из-

мерения этой характеристики механических свойств металла.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,6% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 45...50 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае.

5. Как изменяются структура и свойства стали 40 и У12 в результате закалки от температуры 750 и 850° С. Объясните с применением диаграммы состояния железо-цементит. Выберите оптимальный режим нагрева под закалку каждой стали.

Вариант 2

1. Как и почему скорость охлаждения при кристаллизации влияет на строение слитка?

2. Из листа свинца путем прокатки при комнатной температуре была получена тонкая фольга. Твердость и прочность этой фольги оказались такими же, как у исходного листа. Объясните, какие процессы происходили при пластической деформации свинца и какими изменениями структуры и свойств они сопровождались.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо -цементит и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и температуру отпуска, необходимые для обеспечения твердости 400 НВ. Опишите превращения на всех этапах термической обработки и получаемую структуру.

5. Для каких целей применяется диффузионный отжиг? Как выбирается режим такого отжига? Приведите примеры.

Вариант 3

1. Опишите виды твердых растворов. Приведите примеры.

2. Дайте определение твердости. Какими методами измеряют твердость металлов и сплавов? Опишите их.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-цементит, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для

стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 150 НВ. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в данном случае.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит обоснуйте выбор режима термической обработки, применяемой для устранения цементитной сетки в заэвтектоидной стали. Дайте определение выбранного режима обработки и опишите превращения, которые происходят при нагреве и охлаждении.

Вариант 4

1. Опишите физическую сущность и механизм процесса кристаллизации.

2. Для чего проводится рекристаллизационный отжиг? Как назначается режим этого вида обработки? Приведите несколько конкретных примеров.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму изотермического превращения аустенита, объясните, почему нельзя получить в стали чисто мартенситную структуру при охлаждении ее со скоростью меньше критической?

5. После термической обработки углеродистой стали получена структура цементит + мартенсит отпуска. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату заданной стали (примерно) и обоснуйте температуру нагрева этой стали под закалку. Так же укажите температуру отпуска.. Опишите превращения, которые произошли при термической обработке.

Вариант 5

1. Что такое ограниченные и неограниченные твердые растворы? Каковы необходимые условия образования неограниченных твердых растворов?

2. Опишите сущность явления наклепа и примеры его практического использования.

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,1% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. При непрерывном охлаждении стали У8 получена структура троостит + мартенсит. Нанесите на диаграмму изотермического превращения аустенита кривую охлаждения, обеспечивающую получение данной структуры. Укажите интервалы температур превращений и опишите характер превращения в каждом из них.

5. С помощью диаграммы состояния железо - цементит установите температуру полной и неполной закалки для стали 45 и опишите структуру и свойства стали после каждого вида термической обработки.

Вариант 6

1. Начертите диаграмму состояния для случая ограниченной растворимости компонентов в твердом виде. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.

2. Волочение медной проволоки проводят в несколько переходов. В некоторых случаях проволока на последних переходах разрывается. Объясните причину разрыва и укажите способ его предупреждения.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 0,5 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 200 НВ. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в этом случае.

5. Используя диаграмму состояния железо-цементит, установите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У12. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали после каждого вида обработки.

Вариант 7

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к железу. Какое практическое значение оно имеет?

2. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве, какие процессы происходят при этом?

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 0,7 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей твердость 20...25 HRC. Укажите, как этот режим называется и какая структура образуется в данном случае.

5. Плашки из стали УНА закалены: первая - от температуры 760° С, вторая - от температуры 850° С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите температуры закалки, объясните, какая из этих плашек закалена правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

Варианта 8

1. В чем сущность процесса модифицирования? Приведите пример использования модификаторов для повышения свойств литейных алюминиевых сплавов.

2. В чем различие между холодной и горячей пластической деформацией? Опишите особенности обоих видов деформации.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 5,0 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Углеродистые стали 35 и У8 после закалки и отпуска имеют структуру мартенсит отпуска и твердость: первая 45 HRC, вторая - 60 HRC. Используя диаграмму состояния железо - цементит и учитывая превращения, происходящие при отпуске, укажите температуру закалки и температуру отпуска для каждой стали. Опишите превращения, происходящие в этих сталях в процессе закалки и отпуска, и объясните, почему сталь У8 имеет большую

твердость, чем сталь 35.

5. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 760 и 840º С. С помощью диаграммы состояния железо-цементит укажите, какие структуры образуются в каждом случае. Объясните причины образования разных структур и рекомендуйте оптимальный режим нагрева под закалку данной стали.

Вариант 9

1. Охарактеризуйте особенности металлического типа связи и основные свойства металлов.

2. Какими стандартными характеристиками механических свойств оценивается прочность металлов и сплавов? Как эти характеристики определяются?

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 4,8 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. С помощью диаграммы состояния железо-цементит установите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 20, Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

5. Почему для изготовления инструмента применяется сталь с исходной структурой зернистого перлита? В результате какой термической обработки можно получить эту структуру? Приведите конкретный режим для любой инструментальной стали.

Вариант 10

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к титану. Какое практическое значение оно имеет?

2. Каким способом можно восстановить пластичность холоднокатаной медной ленты? Назначьте режим термической обработки и опишите сущность происходящих процессов.

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 1,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 60...63 HRC. Укажите, как этот режим называется и какая структура при этом получается. Опишите сущность происходящих превращений.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит опишите структурные превращения, происходящие при нагреве доэвтектоидной стали. Покажите критические точки АС1 и АС3 для выбранной вами стали. Установите режим нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс закалки, опишите получаемую структуру и свойства стали.

ЛИТЕРАТУРА

Арзамасов Б. Н., Сидорин И. И. и др. Материаловедение: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2008. 648 с.

Батышев А. И., Безпалько В. И., Смолькин А. А. Материаловедение и технология материалов М.: Изд-во Инфра-М, 2012. 288 с.

Богодухов С. И., Козик Е. С.. Материаловедение: учеб. для вузов. М.: Машиностроение, 2015. 504 с.

Бондаренко, Г. Г. Кабанова Т. А., Рыбалко В. В. Материаловедение: учебник для бакалавров / под ред. Г. Г. Бондаренко. 2-е изд. М.: Юрайт, 2014. 359 с.

Комаров О. С., Керженцева А. Ф., Макаева Г. Г. Материаловедение в машиностроении. М.: Высшая школа. 2009. 304 с.

Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. М.: Машиностроение, 2009. 528 с.

Хазин М. Л. Материаловедение: методические материалы. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2008. 208 с.

Хазин М. Л. Материаловедение: учебно-практическое пособие. Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 184 с.

.

ПРИЛОЖЕНИЯ

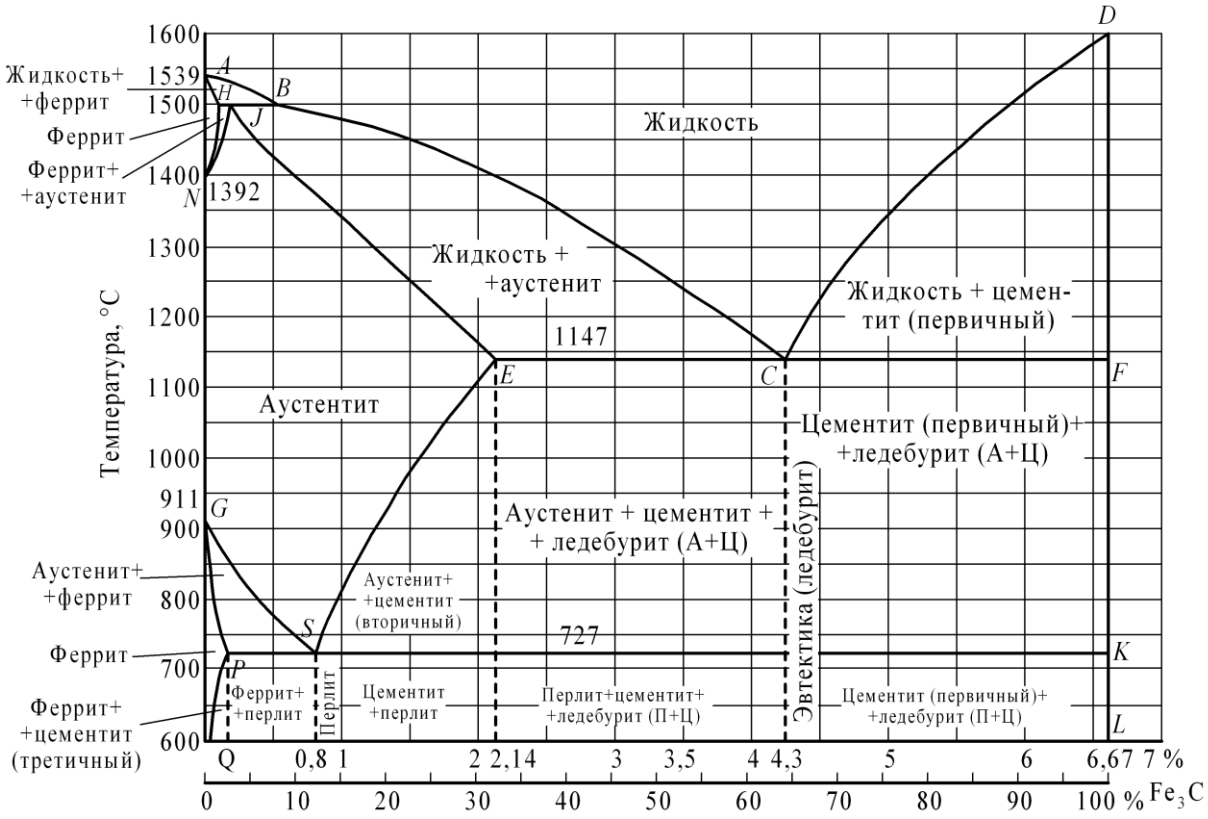


Рисунок 1 – Диаграмма состояния железо-цементит

Перечень ГОСТов на стали и сплавы

1. Сталь

Углеродистая обыкновенного качества – ГОСТ 380-71

Углеродистая качественная – ГОСТ 1050-74

Легированная, конструкционная, качественная, рессорно-пружинная– ГОСТ 1050-74

Углеродистая инструментальная – ГОСТ 1435-74

Легированная инструментальная – ГОСТ 5950-73

Подшипниковая – ГОСТ 801-78

Быстрорежущие стали – ГОСТ 19265-73

Конструкционный повышенной и высокой обрабатываемости резанием – ГОСТ 1414-75

Жаростойкие и жаропрочные – ГОСТ 5632-72

Коррозионностойкие – ГОСТ 5632-72

Сплавы твердые спеченные – ГОСТ 3882-74

Магнитотвердые (для постоянных магнитов) – ГОСТ 6862-71

Электротехнические – ГОСТ 21427.0-75...

ГОСТ 21427.3-75

2. Чугун

Серый – ГОСТ 1412-79

Ковкий – ГОСТ 1215-79

Высокопрочный – ГОСТ 7293-85
Жаростойкий – ГОСТ 7769-75
3. Алюминий и его сплавы
Алюминий – ГОСТ 11069-74
Деформируемые – ГОСТ 4784-74
Литейные – ГОСТ 2685-75
4. Медь и ее сплавы
Медь ГОСТ 859 – 78
Латунь двойная и многокомпонентная
деформируемая – ГОСТ 15527-70
Латунь литейная – ГОСТ 17711-80
Бронза оловяннистая деформируемая – ГОСТ5017-74
Бронза безоловяннистая деформируемая – ГОСТ 18175-78
Бронза оловяннистая литейная – ГОСТ 613-79
Бронза безоловяннистая литейная – ГОСТ 493-79
Медно-никелевые сплавы – ГОСТ 492-73
5. Титановые сплавы – ГОСТ 19807-74
6. Антифрикционные сплавы
Алюминиевые – ГОСТ 14113-78
Цинковые – ГОСТ 21437-75
Баббиты – ГОСТ 1320-74
7. Магний и его сплавы
Магний – ГОСТ 804-72
Деформируемые – ГОСТ 14957-76
Литейные – ГОСТ 2856-79

Учебное издание

Хазин Марк Леонтьевич

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-практическое пособие
по выполнению практических и
самостоятельных работ
для студентов очного и заочного обучения
направлений бакалавриата
15.03.01 – «Машиностроение»,
15.03.02 – «Технологические машины и оборудование»
23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Редактор Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка автора

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,51. Уч.-изд. л. 1,71. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ
«Уральский государственный
горный университет»

Н. А. Новикова

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Учебно-методическое пособие
для студентов среднего профессионального образования специальности 15.02.01 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного обучения

Екатеринбург
2018

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«18» января 2018 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

Н. А. Новикова

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Учебно-методическое пособие
для студентов среднего профессионального образования специальности
15.02.01 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Средства измерения и контроля

Классификация средств измерения и контроля

Средства измерения и контроля, применяемые в машиностроении, классифицируются по различным признакам: по типу и виду контролируемых физических величин; назначению — универсальные и специальные; числу проверяемых параметров при одной установке объекта измерения — одномерные и многомерные; степени механизации и автоматизации процесса измерений — ручного действия, механизированные, полуавтоматические, автоматические.

Классификация средств измерения и контроля по типу контролируемых физических величин представлена на рис.1, а по виду контролируемых физических величин — на рис. 2.

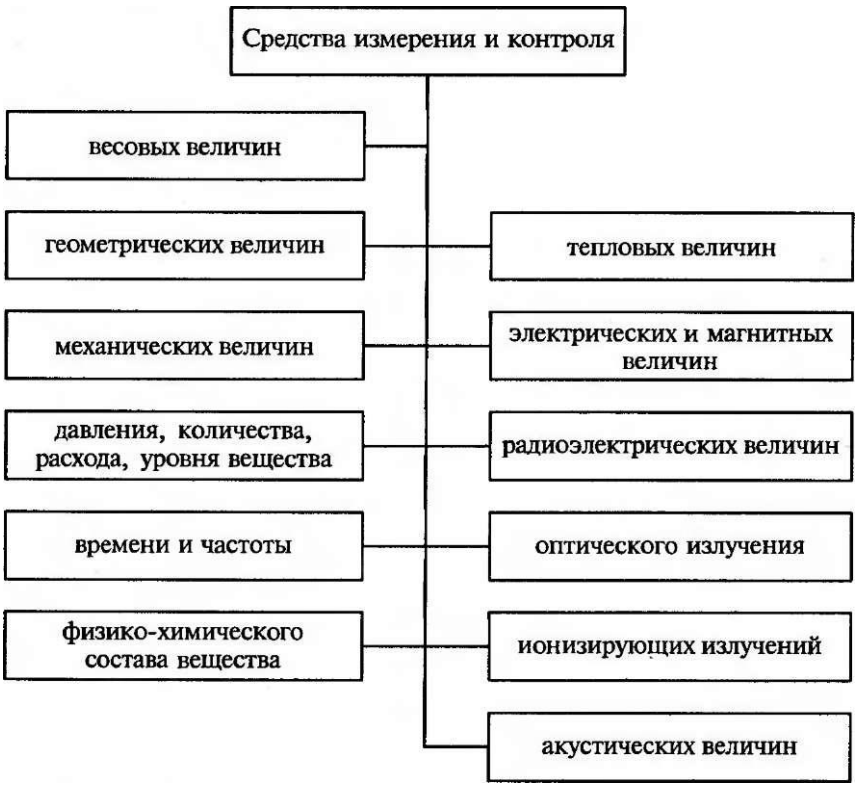


Рис. 1 Классификация средств измерения и контроля по типу физических величин

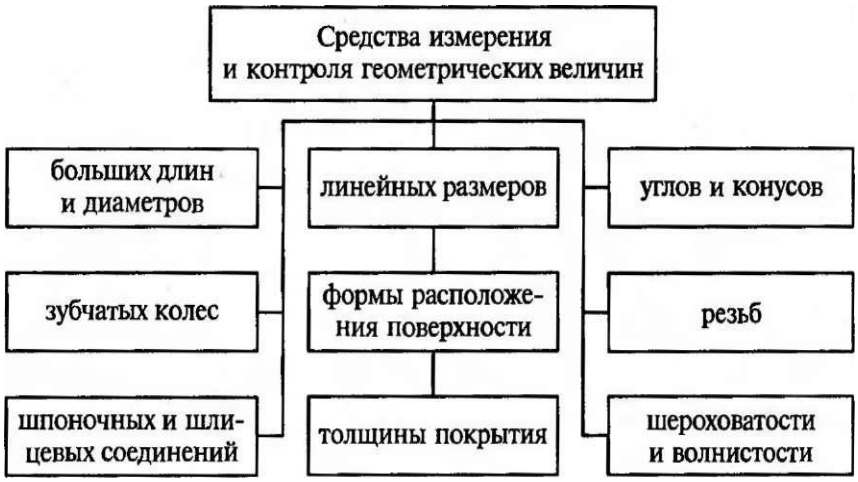


Рис. 2. Классификация средств измерения и
контроля по виду измеряемых

Универсальные измерительные инструменты и приборы нашли широкое применение в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также для определения численных величин и отклонений, отклонений от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей (при отсутствии специальных приспособлений), при наладке станков, при особо ответственных измерениях во всех видах производств, включая массовое и крупносерийное.

Все средства измерения и контроля, применяемые для измерения линейных величин, можно разделить на контрольно-измерительные инструменты и измерительные приборы.

К первой группе относят:

- инструменты для контроля плоскостности и прямолинейности;

- плоскопараллельные концевые меры длины (плитки);

- штриховые инструменты, воспроизводящие любое кратное или дробное значение единицы измерения в пределах шкалы (штанген инструменты, угломеры с нониусом);

- микрометрические инструменты, основанные на действии винтовой пары (микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры).

К группе измерительных приборов (вторая группа) относят:

- рычажно-механические (индикаторы, индикаторные нутромеры, рычажные скобы, миниметры);

- оптико-механические (оптиметры, инструментальные микроскопы, проекторы, интерферометры);

- электрические (профилометры и др.). Указанные выше измерительные средства являются точным, дорогостоящим инструментом, поэтому при пользовании им и хранении необходимо соблюдать правила, изложенные в соответствующих инструкциях.

Штангенинструменты

Штангенинструменты являются распространенными в машиностроении видами измерительного инструмента. Их применяют для измерения наружных и внутренних диаметров, длин, толщин, глубин и т. д.

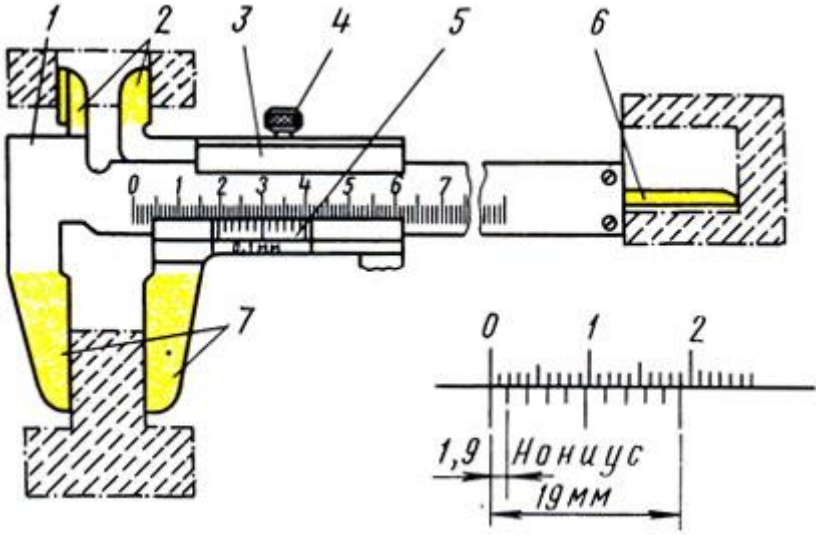


Рис. 3. Штангенциркуль ШЦ-I: 1 - штанга, 2,7 - губки, 3 - подвижная рамка, 4 - зажим, 5 - шкала нониуса, 6 - линейка глубиномера

Штангенциркули применяют трех типов: ШЦ-I, ШЦ-II и ШЦ-III. Штангенциркули изготовляют с пределами измерений 0-125 мм (ШЦ-1); 0-160 (ЩЦ-II); 0 - 400 (ШЦ-III) и с величиной отсчета 0,1 мм (ШЦ-I); 0,05 (ШЦ-II и ШЦ-III).

Штангенциркуль ШЦ-1 (рис. 3) применяют для измерения наружных, внутренних размеров и глубин с величиной отсчета по нониусу 0,1 мм. Штангенциркуль имеет штангу 1, на которой нанесена шкала с основными миллиметровыми делениями. На одном конце этой штанги имеются измерительные губки 2 и 7, а на другом конце линейка 6 для измерения глубин. По штанге перемещается подвижная рамка 3 с губками.

Рамку в процессе измерения закрепляют на штанге зажимом 4. Нижние губки 7 служат для измерения наружных размеров, а верхние 2 - для внутренних размеров. На скошенной грани рамки 3 нанесена шкала 5 с дробными делениями, называемая нониусом. Нониус предназначен для определения дробной величины цены деления штанги, т. е. для определения доли миллиметра. Шкала нониуса длиной 19 мм разделена на 10 равных частей; следовательно, каждое деление нониуса равно 19 : 10 = 1,9 мм, т. е. оно короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкалу штанги, на 0,1 мм (2,0 - 1,9 = 0,1). При сомкнутых губках начальное деление нониуса совпадает с нулевым штрихом шкалы штангенциркуля, а последний - 10-й штрих нониуса - с 19-м штрихом шкалы.

При измерении губки 7 должны прилегать друг к другу без просветов. Перед измерением при сомкнутых губках нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать. При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (до 0,012 мм) должны совпадать нулевые штрихи нониуса и штанги. При измерении деталь берут в левую руку, которая должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис. 4, а). Правая рука должна поддерживать штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

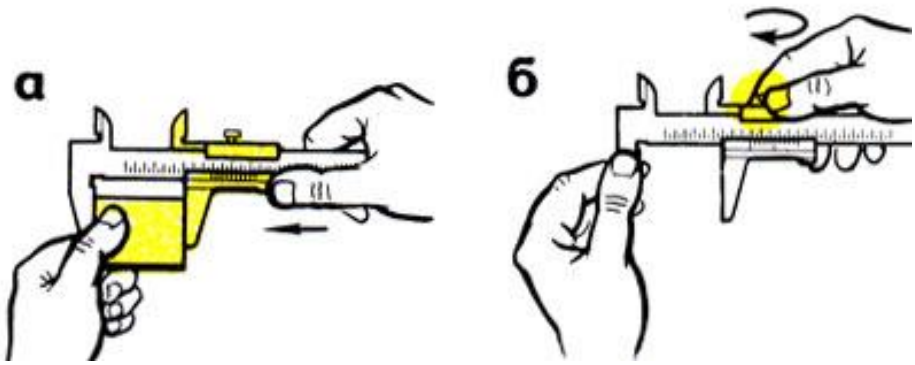


Рис. 4. Приемы измерения: а - установка инструмента на деталь, б - закрепление рамки

Рамку закрепляют зажимом большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать нижнюю губку штанги

(рис. 4, б). При чтении показаний штангенциркуль держат прямо перед глазами (рис. 5, а). Целое число миллиметров отсчитывают по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, совпадающего со штрихом штанги. Примеры отсчета показаны на рис. 5 б.

Штангенциркуль ШЦ-II (рис. 6, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений и разметки. Это инструмент высокой точности. Верхние губки штангенциркуля заострены и используются для разметочных работ.

Для точной установки подвижной рамки относительно штанги штангенциркуль снабжен микрометрической подачей (винт и гайка).

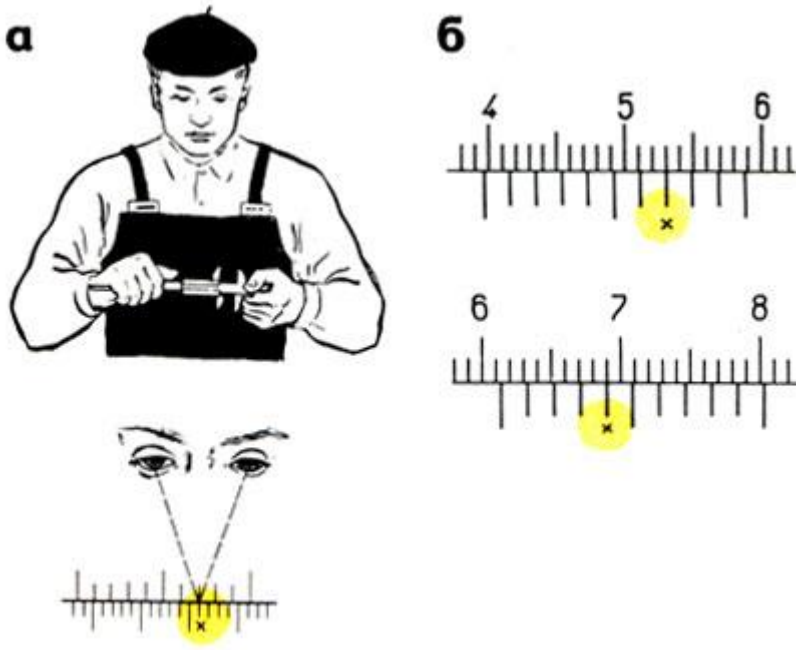


Рис. 5. Чтение показаний штангенциркуля: а - положение глаз, б - примеры отсчета размера: 39 + 0,1 × 7 = 39,7; 61 + 0,1 × 4 = 61,4

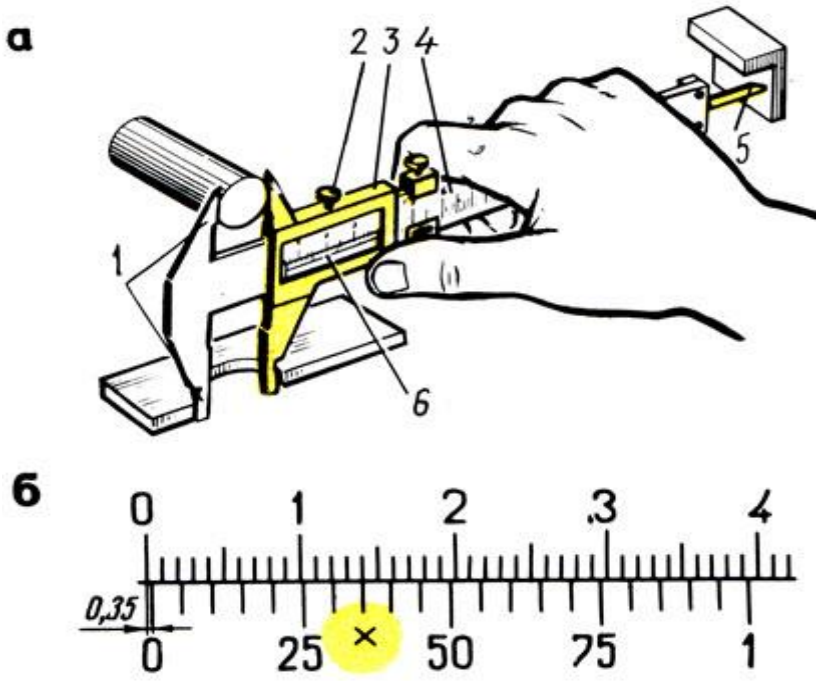


Рис. 6. Штангенциркуль ШЦ-11: а - устройство, б - пример отсчета,1 - губки, 2 - зажимы, 3 - рамка, 4 - штанга (0,05 × 7 = 0,35); 5 - глубиномер, 6 - шкала нониуса

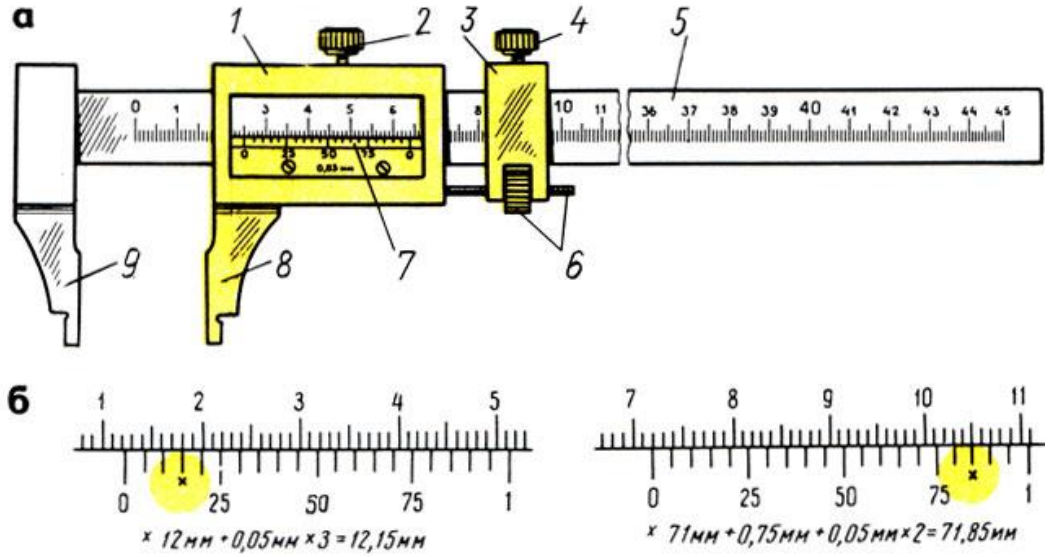


Рис. 7. Штангенциркуль ШЦ-III: а - устройство, б - примеры отсчета; 1 - подвижная рамка, 2 - зажим рамки, 3 - рамка микрометрической подачи, 4 - зажим рамки микрометрической подачи, 5 - штанга с делениями, 6 - микрометрическая подача, 7 - нониус, 8 - подвижная губка, 9 - неподвижная губка

Деления на штанге 4 нанесены через один миллиметр. Шкала нониуса 6 длиной 39 мм разделена на 20 равных частей. Следовательно, каждое деление нониуса равно 1,95 мм (39 : 20 =

1,95), т. е. короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкале штанги, на 0,05 мм (2-1,95 = 0,05).

Перед измерением необходимо убедиться в совпадении нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом штанги.

Для грубых измерений рамку 3 перемещают по штанге до плотного прилегания губок 7 к поверхности измеряемой детали и после закрепления зажимом 2 производят отсчёт. Для точной установки штангенциркуля и точных измерений пользуются микрометрической подачей.

На рис. 6, б показан пример определения доли миллиметра нониуса штангенциркуля с величиной отсчета 0,05 мм. Дробная величина 0,35 мм получена в результате умножения величины отсчета (0,05 мм) на порядковый номер штриха нониуса, т. е. седьмого (крестиком указан 7-й штрих нониуса), совпадающего со штрихом штанги, не считая нулевого деления: 0,05 мм × 7 = 0,35 мм. Для ускорения отсчета используют цифры нониуса 25, 50 и т.

д., обозначающие сотые доли миллиметра.

Штангенциркуль ШЦ-Ш (рис. 7, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений. Этот штангенциркуль применяется реже.

Штангенциркуль ШЦ-III состоит из подвижной рамки 7, зажима 2 этой рамки, рамки микрометрической подачи 3, зажима рамки микрометрической подачи 4, штанги 5 с миллиметровыми делениями, гайки и винта микрометрической подачи 6, нониуса 7, подвижной измерительной губки 9 и неподвижной измерительной губки 9. Измерение и порядок отсчета выполняют так же, как и по штангенциркулю ШЦ-II (рис. 7, б).

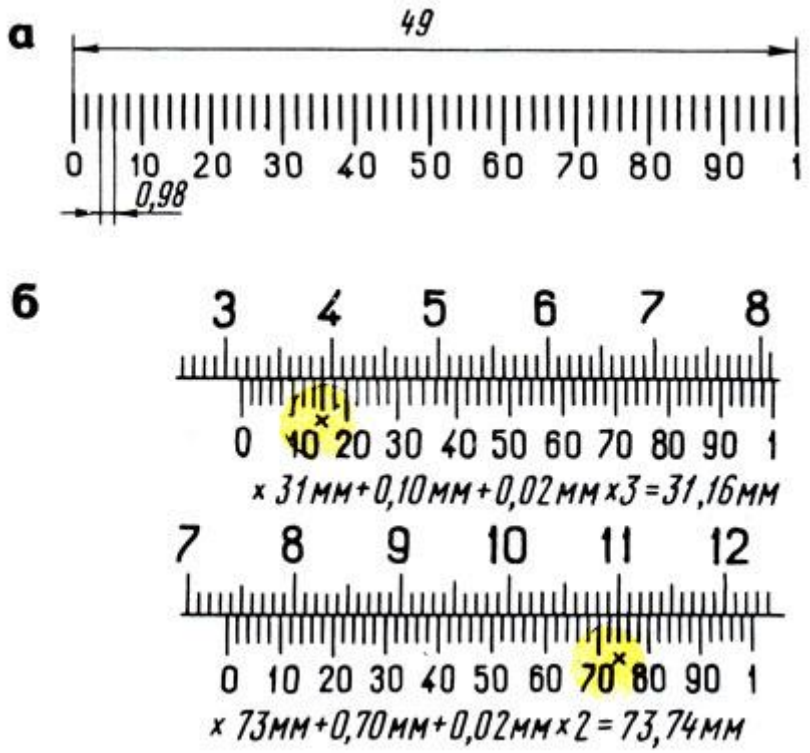


Рис. 8. Нониус штангенциркуля с величиной отсчета 0,02 мм (а), примеры отсчета (б)

Штангенциркули с величиной отсчета по нониусу 0,02 мм промышленностью не выпускаются, но на производстве еще их используют.

Нониус в этом штангенциркуле имеет длину 49 мм (рис. 8, а), разделен на 50 частей. Одно деление нониуса составляет: 49 : 50 = 0,98 мм, что на 0,02 мм меньше миллиметра. Устройство нониуса этого штангенциркуля показано на рис. 10, а, а примеры отсчета - на рис. 8, б. При измерении штангенциркулями внутренних размеров к показаниям штангенциркуля добавляется толщина губок, указанная на них.

Штангенглубиномер служит для измерения высот, глубины глухих отверстий, канавок, пазов, выступов. Штангенглубиномеры изготовляют с пределами измерений 0 - 250 (величина отсчета по нониусу 0,05 мм) и 0 - 500 мм (величина отсчета по нониусу 0,1 мм).

Штангенглубиномер (рис. 9, а) состоит из основания 9 с рамкой 8 и нониусом 1, зажима рамки 2, штанги 5 с миллиметровыми делениями, микрометрической подачи (винт 6 и гайка 7) и зажима 3. Измерительными поверхностями штангенглубиномера служит плоское основание 9 и торец 10 штанги.

Перед измерением штангенглубиномером проверяют нулевое положение инструмента. При соприкосновении измерительных поверхностей основания и штанги с плитой (рис. 9, в) или лекальной линейкой (рис. 9, б) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать.

При измерении основание 9 (рис.9, а) ставят на измеряемую поверхность (рис. 9,г) детали, от которой начинается измерение, и прижимают основание левой рукой к измеряемой поверхности, а правой рукой штангу 5 передвигают от упора в другую поверхность, до которой измеряют расстояние. В этом положении рамку 4 микрометрической подачи стопорят зажимом 3. Затем вращают гайку 7, после чего рамку 8 стопорят зажимом 2.

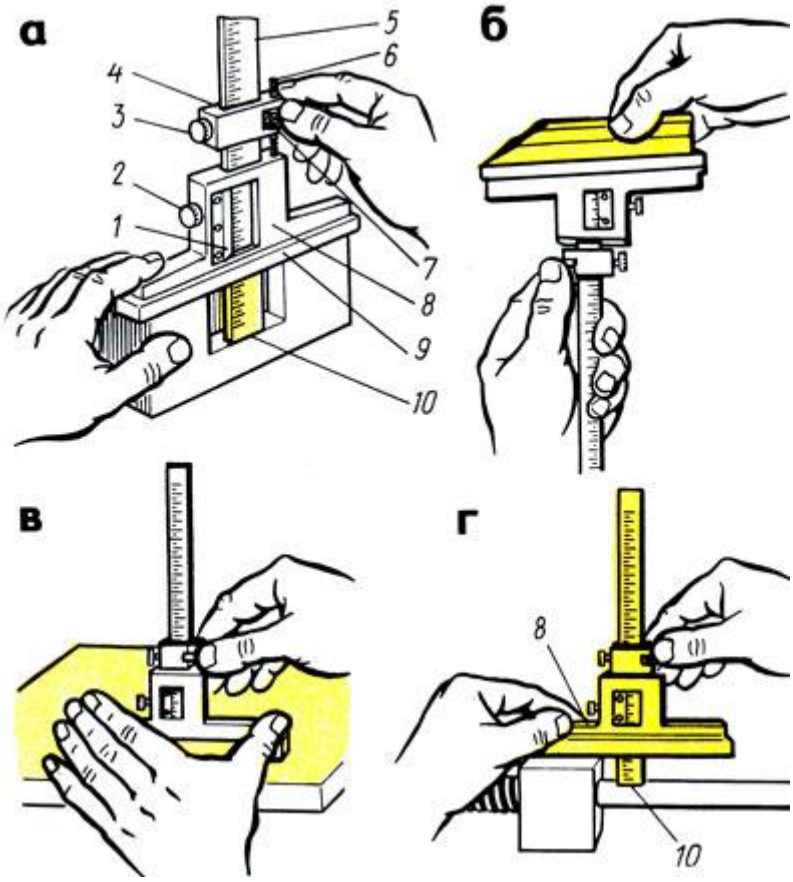


Рис. 9. Штангенглубиномер: а - устройство, б - проверка нулевого положения лекальной линейкой, в - проверка нулевого положения на плите, г - прием измерения; 1 - нониус, 2, 3 - зажимы, 4 - рамка микрометрической подачи, 5 - штанга, 6 - винт микроподачи, 7 - гайка, 8 - рамка, 9 - основание, 10 - торец штанги

Результат измерения отсчитывается так же, как и по штангенциркулю, - по основной шкале (целые миллиметры) и по нониусу 7 (дробные доли миллиметра).

В некоторых случаях для измерения труднодоступных мест применяют штанги с изогнутым концом.

Штангенрейсмасы предназначаются для измерения высот от плоских поверхностей и точной разметки.

Штангенрейсмас (рис. 10, а, б) состоит из основания 9 в котором жестко закреплена штанга 8 со шкалой; рамки 7 с нониусом 5 и стопорным винтом 6; устройства для микрометрической подачи 4, включающего движок, винт, гайку и стопорный винт; сменных ножек 7 для разметки с острием и для измерения высоты, с двумя измерительными поверхностями (нижней плоской и верхней в виде острых ребер шириной не более 0,2 мм); стопорного винта 2 для закрепления ножки 1 и державки 3 на выступе рамки 7 для игл различной длины.

Для проверки нулевого отсчета перед использованием штангенрейсмас устанавливают на поверочную плиту и рамку опускают вниз до соприкосновения измерительной поверхности ножки с плитой (рис. 11, а), при этом нулевой штрих шкалы нониуса должен совпадать с нулевым штрихом шкалы. Если штангенрейсмас имеет нижние пределы измерения выше 40 мм, то проверка производится установкой под ножку плоскопараллельных плиток (рис. 11, б). При отсутствии зазора между ножкой и плитой (или концевой мерой, равной нижнему пределу) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпасть.

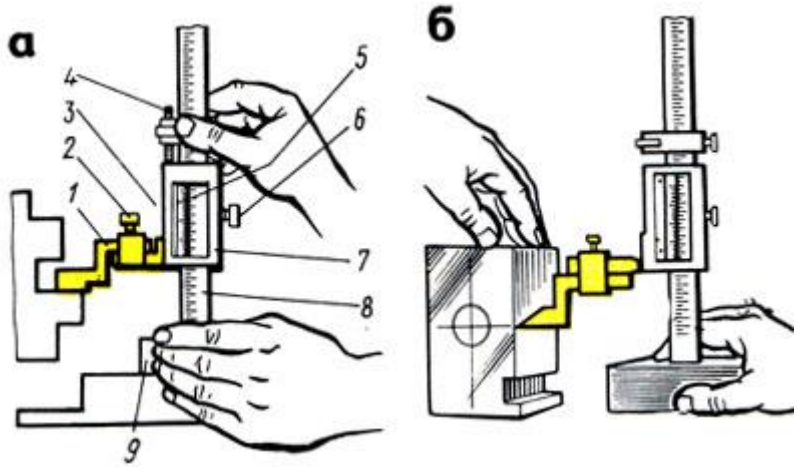


Рис. 10. Штангенрейсмас: а - прием измерения, б - прием разметки; 1 - сменные ножки для измерения, 2, 6 - стопорные винты, 3 - державка, 4 - микроподача, 5 - нониус, 7 - рамка, 8 - штанга, 9 - основание

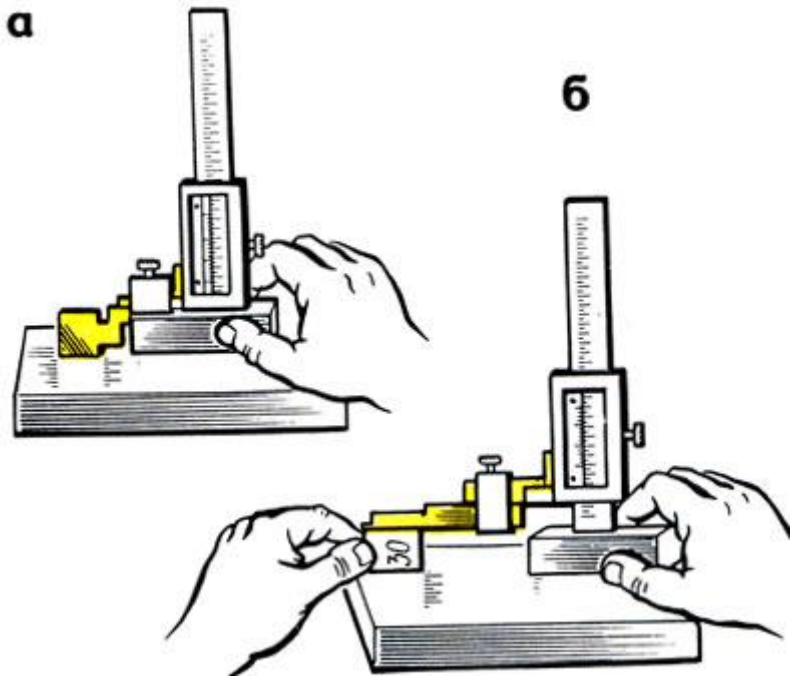


Рис. 11. Проверка нулевого положения штангенрейсмаса: а - на плите, б - при помощи плоскопараллельных концевых мер длины (плиток)

При измерении (см. рис. 10, а) левой рукой прижимают основание к плите и подводят ножку к проверяемой поверхности, затем правой рукой при помощи микрометрической подачи 4 доводят измерительную ножку до соприкосновения нижней части ножки с проверяемой поверхностью. При разметке (см. рис. 10, б) правой рукой устанавливают требуемый размер (высоту), слегка прижимают левой рукой основание к плите, перемещая штангенрейсмас относительно размечаемой детали. Острием ножки наносят риски.

Показания штангенрейсмаса читают так же, как и штангенциркуля. При измерении высоты верхней измерительной плоскостью необходимо к полученному размеру прибавить высоту ножек.

Микрометрические инструменты

Микрометр - прибор для измерения линейных размеров контактным способом. Изготовляют следующие типы микрометров:

МК - микрометры гладкие для измерения наружных размеров;

МЛ - микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ - микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ - микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес.

Микрометры типа МК выпускают с пределами: 0-5; 0-10; 0-15; 0-25; 25-50 50-75; 75-100; 100-125; 125-150; 150-175; 175-200; 200-225; 225-250 250-275; 275-300; 300-400; 400-500 500 - 600 мм.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжают установочными мерами (цилиндрические стержни, имеющие точную форму).

Микрометр (рис. 12, а) имеет скобу 1 с пяткой 2 на одном конце, втулку-стебель 5 на другом, внутрь которой ввернут микрометрический винт 3. Торцы пятки и микрометрического винта являются измерительными поверхностями. На наружной поверхности стебля проведена продольная линия, ниже которой нанесены миллиметровые деления, а выше ее - полумиллиметровые деления. Винт 3 жестко связан с барабаном 6, на конической части барабана нанесена шкала (нониус) с 50 делениями.

На головке микрометрического винта имеется устройство (трещотка) 7, обеспечивающее постоянное измерительное усилие. Трещотка соединена с винтом так, что при увеличении измерительного усилия свыше 900 гс она не вращает винт, а проворачивается. Для фиксирования полученного размера детали служит стопор 4. Шаг микрометрического винта 3 равен 0,5 мм (рис. 12, б). Так как на скосе барабан 6 по окружности разделен на 50 равных частей (рис. 12, в), то при повороте на одно деление барабана микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 6, перемещается вдоль оси на 1/50 шага, т. е. 0,5 мм : 50 = 0,01 мм.

Перед измерением проверяют нулевое положение микрометра. При проверке микрометра с пределами измерения 0 - 25 мм

протирают замшей измерительные плоскости пятки и микрометрического винта, затем медленно сводят их до соприкосновения. Для этого медленно вращают трещотку 7, пока она не начнет проворачиваться, издавая характерный треск. Медленное вращение трещотки необходимо потому, что скорость вращения винта влияет на величину измерительного усилия.

При проверке микрометров с пределами измерения 25 - 50, 50 - 75 мм и т. д. между измерительными плоскостями микрометрического винта и пятки помещают либо установочную меру 8, либо мерительную плитку, соответствующую нижнему пределу измерения, т. е. 25, 50, 75 и т. д. Измерительные плоскости сближаются так же, как и у микрометров с пределом измерения 0 - 25 мм.

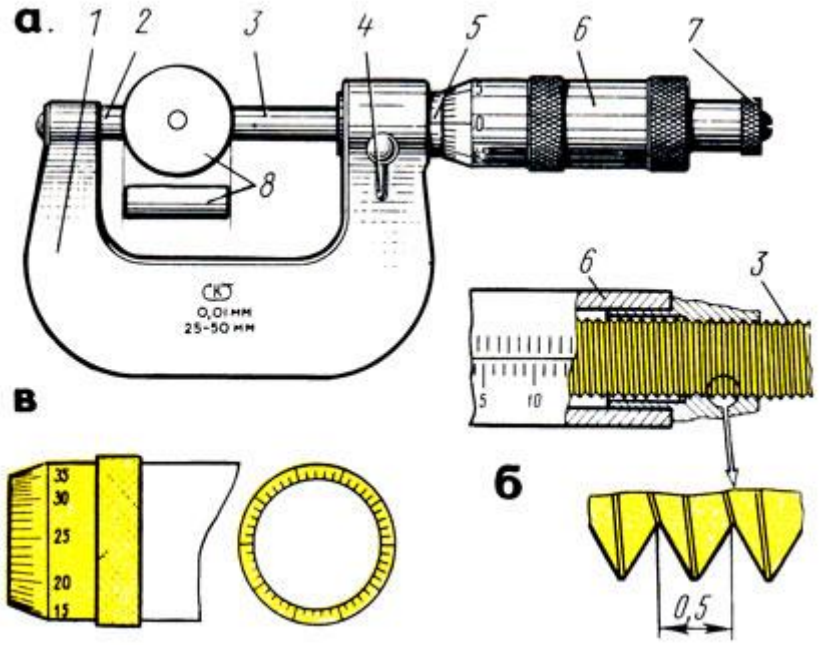


Рис. 12. Микрометр: а - устройство, б - микрометрический винт, в - барабан; 1 - скоба, 2 - пятка, 3 - винт, 4 - стопор, 5 - стебель, 6 - барабан, 7 - трещотка, 8 - установочные меры

Если при проверке окажется, что нулевое деление барабана 6 не совпадет с продольным штрихом на стебле 5, еще раз выполняют установку на нуль в таком порядке: закрепляют микровинт стопором; разъединяют барабан с микровинтом; устанавливают барабан и закрепляют его; проверяют нулевое положение.

Перекос измерительных поверхностей микрометрического винта при зажатии стопором не должен превышать у микрометров

с пределами измерения до 100 мм - 1 мкм, а для микрометров с пределами измерения более 100 мм - 2 мкм.

Перед измерением проверяемую деталь закрепляют в тисках или в приспособлении, протирают измерительные поверхности и устанавливают микрометр на размер несколько больше проверяемого, затем микрометр (рис. 13, а, в) берут левой рукой за скобу 1, а измеряемую деталь 3 помещают между пяткой 2 и торцом микрометрического винта 4. Плавно вращая трещотку, прижимают торцом микрометрического винта 4 деталь 3 к пятке 2 до тех пор, пока трещотка 5 не начнет провертываться и пощелкивать. Установка микрометра на нуль показана на рис. 15, 6.

При измерении диаметра цилиндрической детали линия измерения должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис. 13, в).

При чтении показаний микрометра целые миллиметры отсчитывают по краю скоса барабана по нижней шкале, полу миллиметры - по числу делений верхней шкалы стебля. Сотые доли миллиметра определяют на конической части барабана по порядковому номеру (не считая нулевого) штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля.

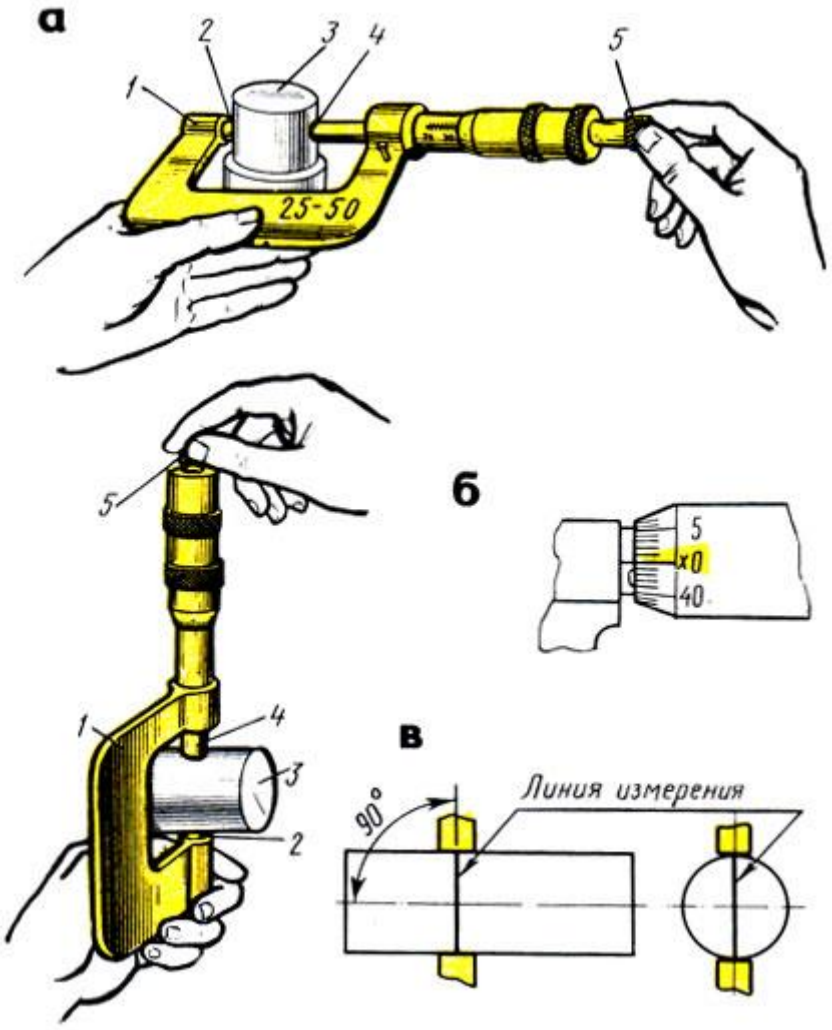


Рис. 13. Приемы использования микрометра: а - измерение деталей в вертикальном и горизонтальном положениях, б - установка микрометра на нуль, в - установка микрометра на деталь

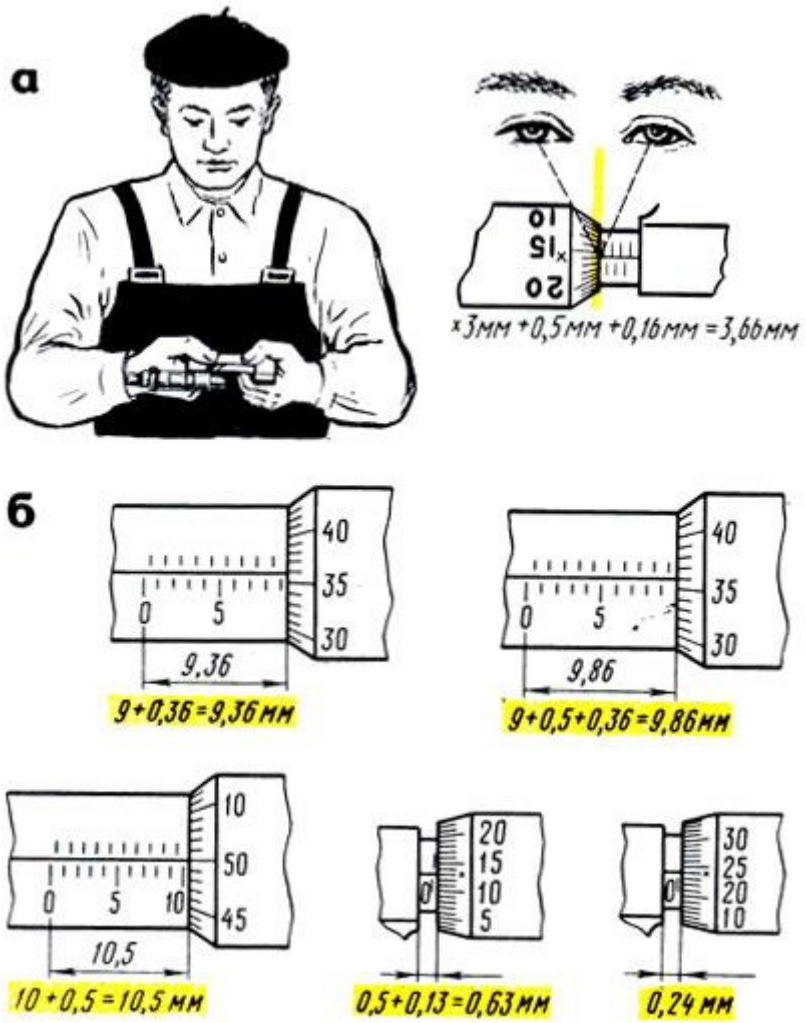


Рис. 14. Чтение показаний микрометра: а - положение глаз, б - примеры отсчета

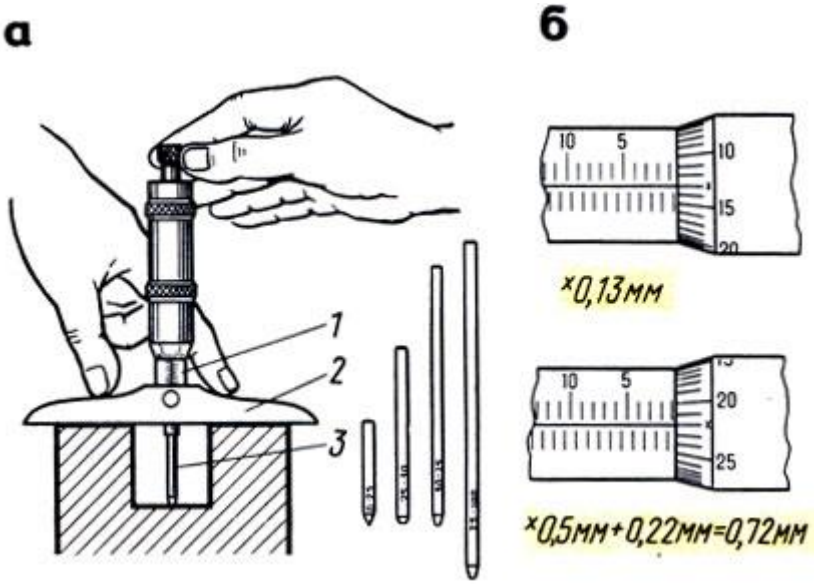


Рис. 15. Микрометрический глубиномер: а - устройство, б - примеры отсчета; 1 - стебель, 2 - основание, 3 - сменные стержни

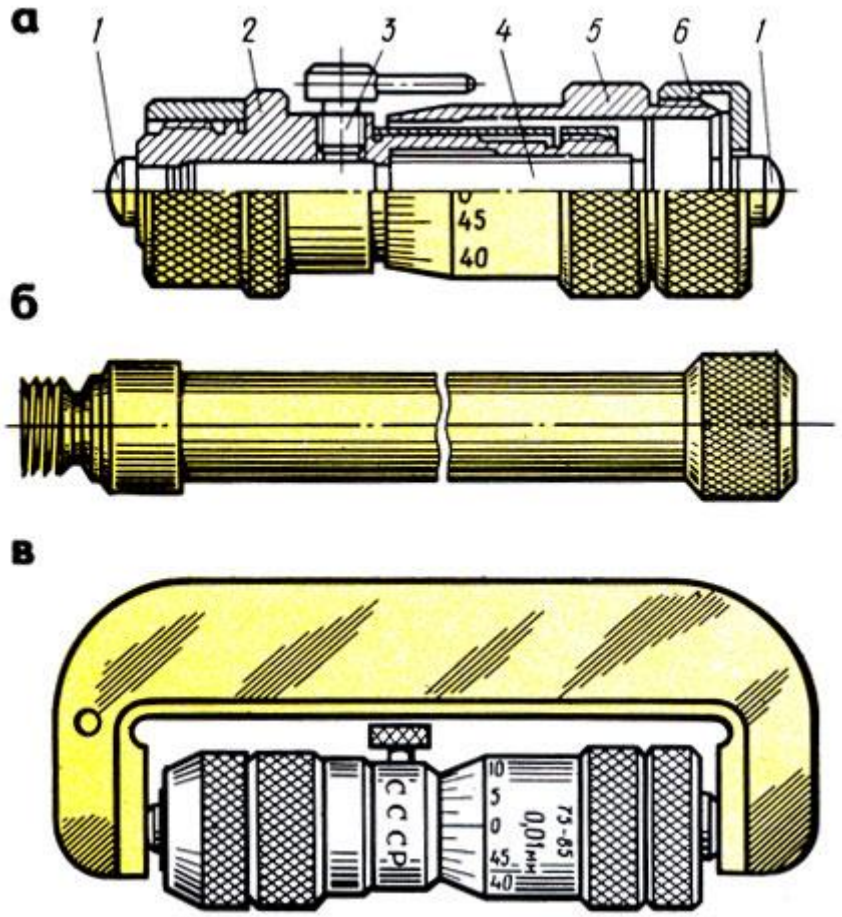


Рис. 16. Микрометрический нутромер (штихмасс): а - устройство, б - удлинительный стержень, в - проверка нулевого положения; 1 - измерительные поверхности, 2 - стебель, 3 - стопор, 4 - микрометрический винт, 5 - барабан, 6 - гайка

При чтении показаний микрометр держат прямо перед глазами (рис. 14, а). Примеры отсчета показаны на рис. 14, 6.

Микрометрический глубиномер с точностью измерения 0,01 мм (рис. 15, а) применяют для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов до 100 мм. Глубиномеры изготовляют со сменными измерительными стержнями для измерений в пределах 0 - 25; 25 - 50; 50 - 75 и 75 - 100 мм. Изменение пределов измерения достигается присоединением сменных стержней. Шаг резьбы микрометрического винта 1 (стебель) - 0,5 мм. Изменение пределов измерений достигается присоединением сменных измерительных стержней 3.

Перед измерением проверяют нулевое положение глубиномера. При измерении левой рукой прижимают основание 2 глубиномера к верхней поверхности детали, а правой при помощи трещотки в конце хода доводят измерительный стержень до соприкосновения с

другой поверхностью детали. Затем стопорят микрометрический винт и читают размер.

При чтении показаний надо иметь в виду, что при ввинчивании микрометрического винта глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане - по часовой стрелке (рис. 15, б).

Микрометрический нутромер (штихмасс) с ценой деления 0,01 мм (рис. 16, а) предназначен для измерения внутренних размеров от 50 до 10 000 мм. Микрометрические нутромеры изготовляют с пределами измерений: 50-75; 75-175; 75-600; 150 - 1250; 800-2500; 1250-4000; 2500-6000; 4000-10 000 мм. Нутромеры с пределами измерений 1250 - 4000 мм и более поставляют с двумя головками: микрометрической и микрометрической с индикатором.

Шаг резьбы микрометрической винтовой пары нутромера равен 0,5 мм. Микрометрический нутромер имеет стебель 2 (рис. 16, а), в отверстие которого вставлен микрометрический винт 4. Концы стебля и микрометрический винт имеют сферические измерительные поверхности 1.

На винт насажен барабан 5 с установочной гайкой 6. В установленном положении микровинт закрепляют стопором 3.

Для измерения отверстий размером более 63 мм используют удлинительные стержни (рис. 16, б) с размерами: 25; 50; 100; 150; 200 и 600 мм. Без удлинителей можно измерять размеры от 50 до 63 мм. Перед навинчиванием удлинителя со стебля свинчивают гайку 6, после присоединения удлинителя ее навинчивают на резьбовой конец последнего стержня.

Перед измерением микрометрическую головку устанавливают по установочной мере (скобе) на исходный размер, проверяют нулевое положение, затем выбирают наименьшее количество соответствующих удлинителей.

Измерение нутромером отверстий производят по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. Левой рукой прижимают измерительный наконечник к одной поверхности, а правой рукой вращают барабан до легкого соприкосновения с другой

поверхностью (рис. 17,а,б). Отыскав наибольший размер, стопорят микровинт и читают размер.

Правильное положение микрометрического нутромера находят покачиванием головки нутромера при легком контактировании измерительных поверхностей с деталью.

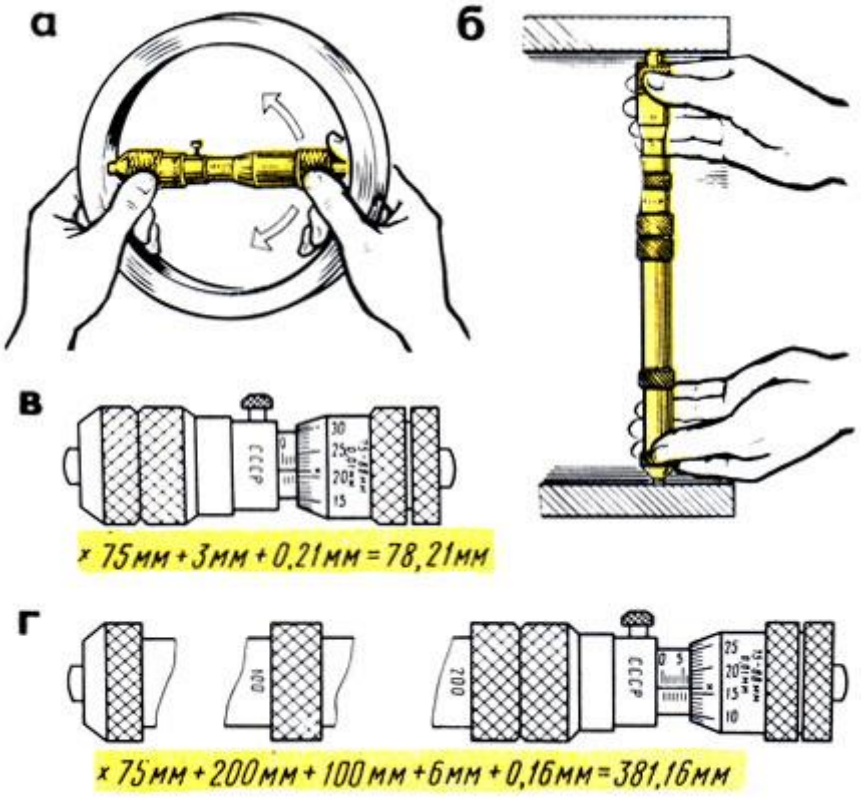


Рис. 17. Приемы измерения: а - цилиндрических отверстий, без применения и с применением удлинителей, б - параллельности деталей, в, г - примеры отсчета

Для отсчета показаний на стебле нутромера имеется шкала длиной 13 мм с полу миллиметровыми и миллиметровыми делениями. Вторая шкала нанесена на конической части барабана, она имеет 50 делений по окружности. По этой шкале и отсчитывают сотые доли миллиметра.

Показания микрометрического нутромера читают так: к предельному размеру микрометрической головки (75 мм) прибавляют показания на стебле (в данном случае 3 мм), а затем показания на скосе барабана (0,21 мм). Следовательно, показание будет 75 мм + 3 мм + 0,21 мм = 78,21 мм (рис. 17, в).

При чтении показаний с удлинителями к показанию микрометрической головки прибавляют длину удлинителей,

например: к микрометрической головке присоединены удлинители 200 и 100 мм. Показание (рис. 17,г) будет:

75 мм + 200 мм + 100 мм + 6 мм + 0,16 мм = 381,16 мм.

Рычажно-механические приборы

Принцип действия рычажно-механических приборов (инструментов) основан на использовании специального передаточного механизма, который преобразует незначительные перемещения измерительного стержня в увеличенные и удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале.

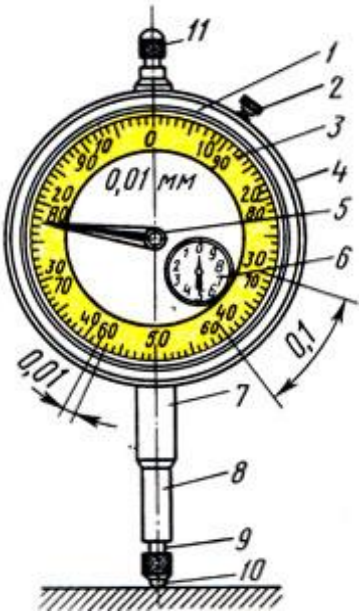


Рис. 18. Индикатор часового типа: 1 - корпус, 2 - стопор, 3 - циферблат, 4 - ободок, 5 - стрелка, 6 - указатель, 7 - гильза, 8 - измерительный стержень, 9 - наконечник, 10 - рабочий конец, 11 - головка

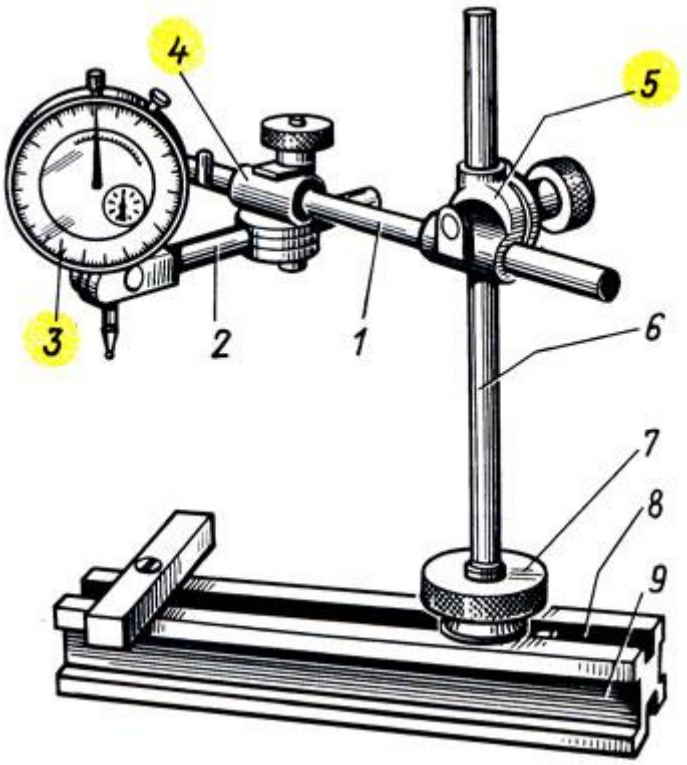


Рис. 19. Универсальная индикаторная стойка: 1,2 - стержни, 3 - индикатор, 4,5 - муфты, 6 - вертикальный стержень, 7 - гайка, 8 - паз, 9 - призма

Индикаторы предназначаются для относительного, или сравнительного, измерения и проверки отклонений от формы, размеров, а также взаимного расположения поверхностей детали. Этими инструментами проверяют горизонтальность и вертикальность положения поверхностей отдельных деталей (столов, станков и т. п.), а также овальность, конусность валов, цилиндров и др. Кроме того, индикаторами проверяют биение зубчатых колес, шкивов, шпинделей и других вращающихся деталей (рис. 18).

Индикаторы бывают часового и рычажного типов; шире применяют индикаторы часового типа, которые в сочетании с нутромерами, глубиномерами и другими инструментами используются для измерения внутренних и наружных размеров, параллельности, плоскостности и т. д.

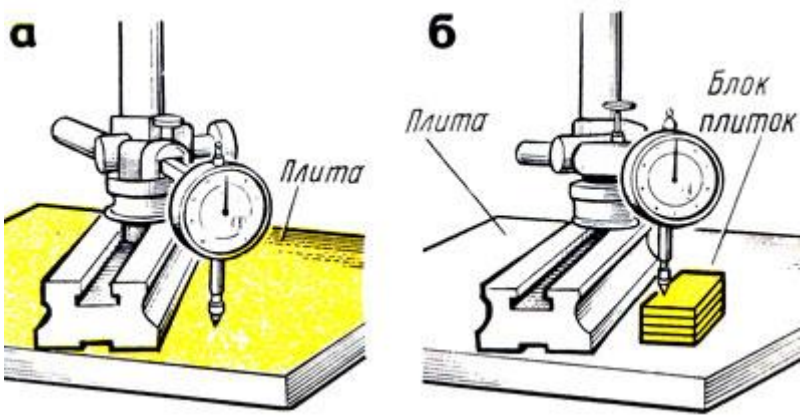


Рис. 20. Установка индикатора в начальное положение: а - соприкосновением с поверхностью стола (плиты), б - с поверхностью установочной меры

Конструкцию индикатора часового типа с зубчатой передачей с ценой деления 0,01 мм изготовляют двух типов: ИЧ - с перемещением измерительного стержня параллельно шкале; ИТ - торцовые с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале.

Индикаторы типа ИЧ изготовляют следующих типоразмеров: с пределами измерений 0 - 2, 0 - 5 и 0 - 10 мм.

Индикаторы типа ИТ изготовляют с пределами измерений 0 - 2 мм.

Широко применяемый индикатор ИЧ (часового) типа (рис. 18) имеет металлический корпус 1 в форме часов, в котором заключен механизм прибора. Через корпус индикатора проходит измерительный стержень В с выступающим наружу наконечником 9, всегда находящимся под воздействием пружины. Если нажать на стержень снизу вверх, он переместится в осевом направлении и при этом повернет стрелку 5, которая передвинется по циферблату, имеющему шкалу в 100 делений, каждое из которых соответствует перемещению стержня на 1/100 мм. При перемещении стержня на 1 мм стрелка 5 сделает по циферблату полный оборот. Для отсчета целых оборотов служит стрелка указателя 6.

При измерениях индикатор должен быть закреплен жестко относительно исходной измеряемой поверхности.

На рис. 19 изображена универсальная стойка для крепления индикатора. Индикатор 3 при помощи стержней 1 и 2, муфт 4 и 5 закрепляется на вертикальном стержне 6, укрепленном в пазу 8

призмы 9 гайкой 7 с накаткой. При помощи муфт индикатор может быть установлен в любом положении и под разными углами.

При абсолютном (рис. 20, а) или относительном (рис. 20, 6) измерении показание индикатора приводят в некоторое начальное положение. При измерении относительным методом закрепленный на стойке индикатор настраивают по блоку плоскопараллельных концевых мер. Для этого измерительный наконечник 9 (см. рис.18) со съемным шариком 10 (он имеет форму проверяемой поверхности) приводят в соприкосновение с поверхностью стола - плиты (см. рис. 20, а) или установочной меры (см. рис. 20, 6). Индикатор подводят так, чтобы стрелка его сделала один-два оборота. Таким образом, стержню индикатора дается натяг, чтобы в процессе измерения индикатор мог показать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения установочной меры. Стрелка при этом устанавливается против какого-либо деления шкалы. Дальнейшие отсчеты ведут от этого показания стрелки, как от начального. Для облегчения отсчетов индикатор устанавливают на нуль поворотом циферблата 3 (см. рис. 18) за рифленый ободок 4 или поворотом головки 11 (при неподвижном циферблате). Установку ободка относительно стрелки фиксируют стопором 2.

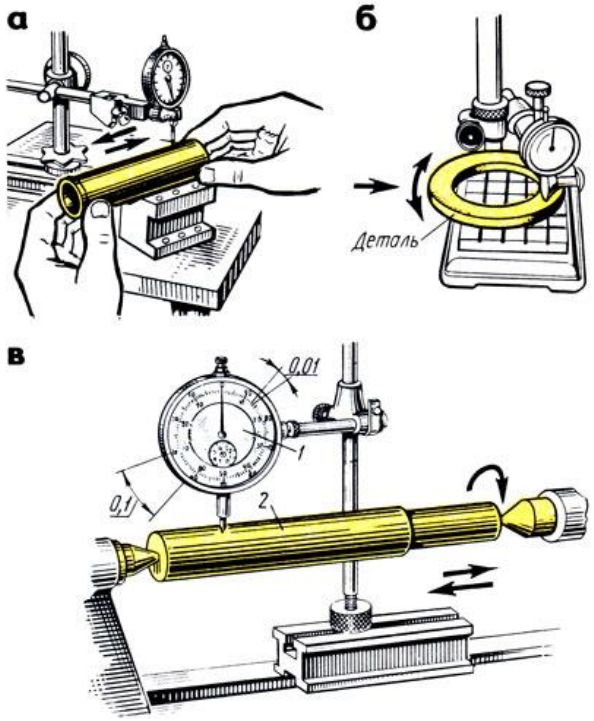


Рис. 21. Приемы проверки индикатором: а, б - перемещением деталей, в - в центрах; 1 - индикатор, 2 - деталь

Для измерения отклонения от заданного размера к детали подводят наконечник индикатора до соприкосновения с измеряемой поверхностью и замечают начальное показание стрелки 5 и указателя 6 на циферблате. Затем перемещают индикатор относительно измеряемой поверхности или измеряемую поверхность относительно индикатора (рис. 21,а,б).

Отклонение стрелки 5 (см. рис. 18) от начального положения покажет величину отклонения в сотых долях миллиметра, а отклонение стрелки указателя 6 - в целых миллиметрах. Для более точной проверки деталь 2 устанавливают в центрах (рис. 21,в) или других приспособлениях.

Индикаторные нутромеры предназначены для внутренних измерений деталей.

Индикаторный нутромер (рис. 22,а) имеет корпус 4, в который вставлена направляющая втулка 2. С одной стороны втулки помещен неподвижный измерительный стержень 7, а с другой - подвижный измерительный стержень 3.

В процессе измерения стержень 3 перемещается и его движение через толкатель 5 передается установленному в трубку 7 вертикальному штоку 6, к которому прижимается наконечник 8 индикатора 9. Прибор снабжается комплектом сменных неподвижных стержней 10.

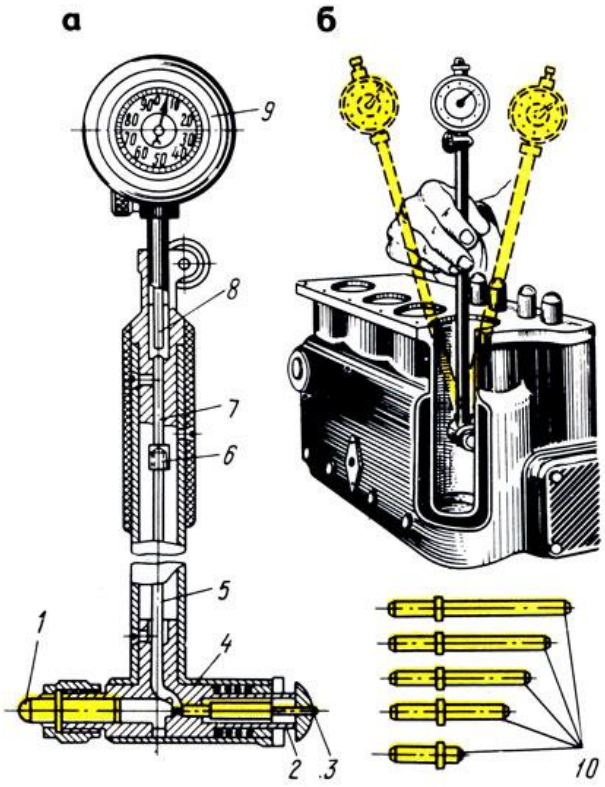


Рис. 22. Индикаторный нутромер: а - устройстве, б - прием измерения; 1,3 - измерительные стержни, 2 - направляющая втулка, 4 - корпус, 5 - толкатель, 6 - шток, 7 - трубка, 8 - наконечник, 9 - индикатор, 10 - сменные стержни

При измерении в зависимости от размера проверяемой детали нутромер ориентировочно настраивают по микрометру, блоку плоскопараллельных концевых мер или установочному кольцу, устанавливают показание на нуль.

Настроенный нутромер правой рукой берут за трубку, вводят в измеряемое отверстие и небольшим покачиванием (рис. 22,б) определяют отклонение от размера, на который был установлен индикаторный нутромер. Допустим, что нутромер был настроен на размер 68 мм (рис. 23,а). Положительные отклонения (0,06), полученные при прямом ходе, отнимают (рис. 23,а), а отрицательные (0,17) - прибавляют (рис. 23,6).

Индикаторные глубиномеры с ценой деления 0,01 мм (рис. 24,а) предназначены для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. д. Они снабжены набором измерительных стержней.

Измерительные стержни выбирают в зависимости от проверяемого размера и устанавливают в глубиномере. Затем устанавливают индикаторный глубиномер на нуль вращением ободка до совпадения большой стрелки с нулевым штрихом

циферблата. При измерении левой рукой слегка нажимают основание 1 (рис. 24,6) глубиномера, а правой рукой опускают измерительный стержень 4 и после его прикосновения ко дну проверяемой детали определяют отклонение. Отсчет производят так же, как у индикаторных нутромеров: положительное отклонение, полученное при прямом ходе, отнимают от размера, по которому была произведена установка глубиномера, а отрицательное - прибавляют.

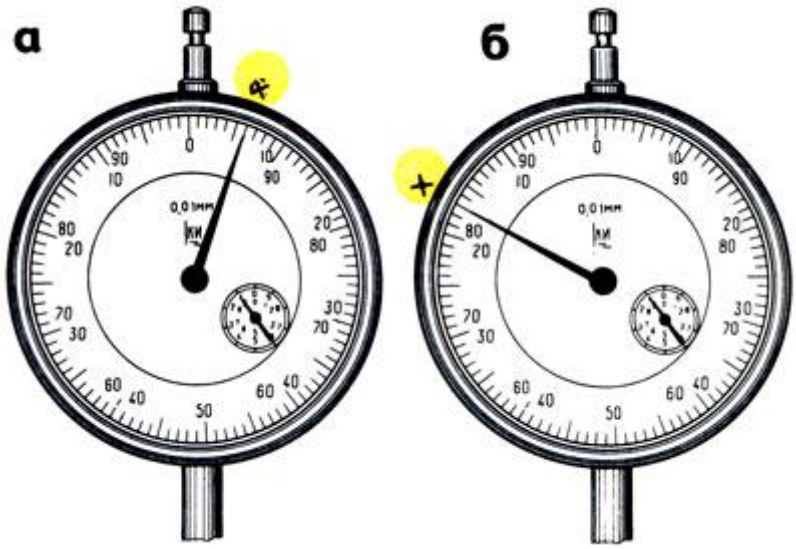


Рис. 23. Примеры отсчета на индикаторном нутромере: а - положительное отклонение, б - отрицательное отклонение

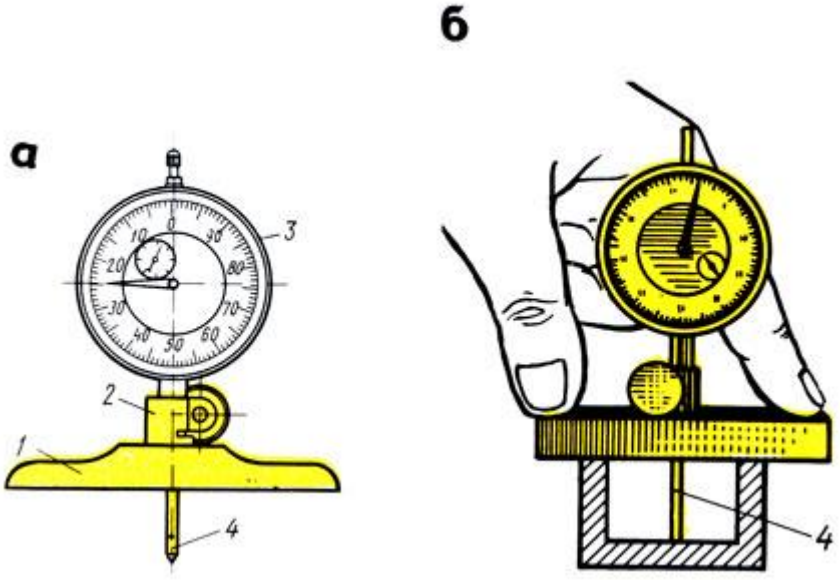


Рис. 24. Индикаторный глубиномер: а - устройство, б - прием проверки; 1 - основание, 2 - державка, 3 - индикатор, 4 - измерительный стержень

. Инструменты для измерения углов

Для измерения наружных и внутренних углов в слесарном деле применяют угольники, угломеры и угломерные плитки.

Угольники поверочные изготовляют следующих типов: УЛ - лекальные плитки (рис. 25,а), УЛП - лекальные плоские (рис. 25,6), УЛШ - лекальные с широким основанием (рис. 394,а), УЛЦ - лекальные цилиндрические (рис. 25,г), УП - слесарные плоские (рис. 25,д), УШ - слесарные с широким основанием (рис. 25,е).

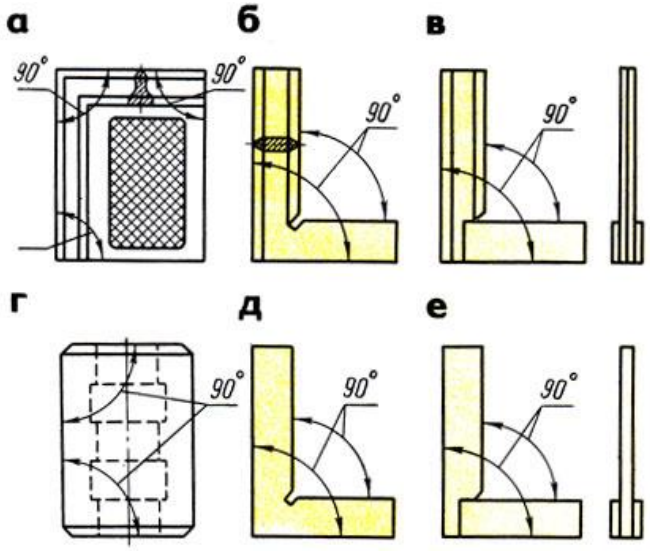


Рис. 25. Угольники: а - УП - лекальные плитки, б - УЛП - лекальные плоские, в - УЛШ - лекальные с широким основанием, г - УЛЦ - лекальные цилиндрические, д - УП - слесарные плоские, е - УШ - слесарные с широким основанием

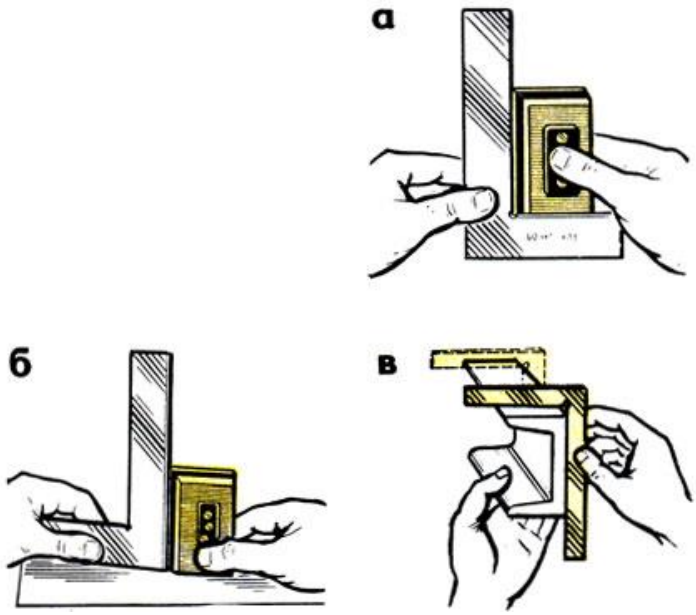


Рис. 26. Проверка углов: а - внутренней части угольника, б - наружной части, в - проверка в нескольких местах

Угольники с широким основанием (аншлажные) отличаются тем, что короткое их основание толще длинной полки. Таким угольником удобно определять отклонения в углах проверяемого изделия способом световой щели (на просвет) при установке изделия на поверочной плите.

Угольники цилиндрические применяют для этой же цели!

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь внутренней частью (рис. 26,а), а для проверки внутреннего угла - наружной частью (рис. 26,б). Наложив и слегка прижимая угольник, совмещают другую сторону угольника с проверяемой стороной детали и по просвету (иногда щупом) судят о точности прямого угла. Измерение производится в нескольких местах (рис. 26, в).

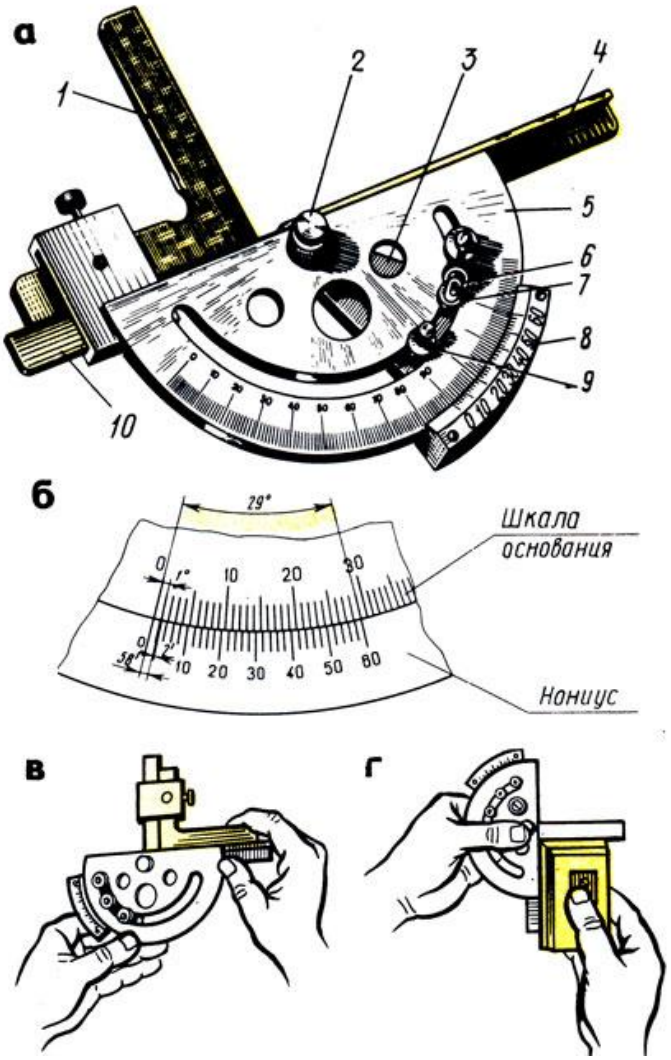


Рис. 27. Угломер УМ и его проверка : а - общий вид, б - устройство нониуса; проверка нулевого положения угломера; в - соединением измерительных поверхностей, г - лекальным угольником; 1 - угольник, 2 - ось, 3 - сектор, 4 - линейка съемная, 5 - основание (полудиск) с градуированной шкалой, 6 - микрометрическая подача, 7 - гайка, 8 - нониус, 9 - стопор, 10 - линейка подвижная

Угломеры предназначаются для измерения углов. Изготовляют следующих типов:

УН - для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°, УМ - для измерения наружных углов от 0 до 180°.

Угломер типа УМ (рис. 27,а) с величиной отсчета по шкале нониуса 2' (2 угловых минуты) предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180°. Угломер имеет полукруглое основание (полудиск) 5 со шкалой угловых градусов, соединенное

со съемной линейкой 4 и подвижной линейкой 10, вращающейся на оси 2 вместе с сектором 3. Точность установки подвижной линейки 10 осуществляется при помощи микрометрической подачи 6 вращением гайки 7 и фиксированием стопором 9.

На секторе 3 закреплен лимб нониуса В, на лимбе сектора - шкала угловых минут. Угол между крайними штрихами шкалы нониуса, равный 29°, разделен на 30 частей (рис. 27,6). Угол между соседними штрихами нониуса 60 × 29:30 = 58, т. е. на 2' меньше 1°.

Перед применением угломер протирают и проверяют нулевое положение: нулевые штрихи основания и нониуса должны совпадать.

При совпадении штрихов нониуса и основания между измерительными поверхностями угломера не должно быть просвета. Это проверяется соединением измерительных поверхностей (рис. 27,в) или при помощи лекального угольника (рис. 27,г).

При измерении угломер накладывают на проверяемую деталь так, чтобы линейки 4 и 10 были совмещены со сторонами измеряемого угла. Прижимая слегка правой рукой деталь к измерительной поверхности линейки основания, перемещают деталь постепенно, уменьшая просвет до полного соприкосновения. После этого (если нет просвета)фиксируют положение стопором и читают показание. Целое число градусов отсчитывают по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса.

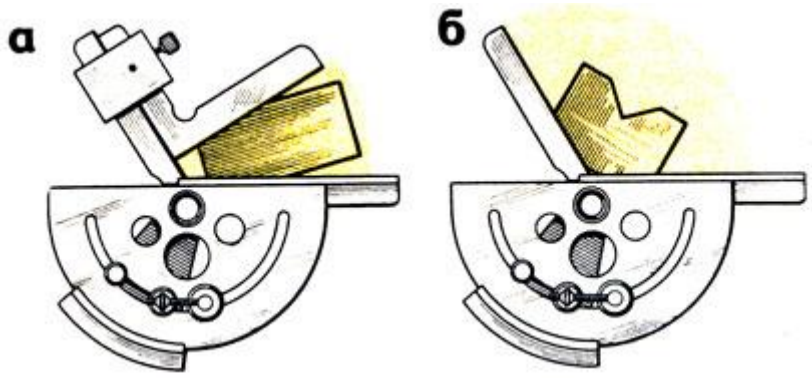


Рис. 28. Измерение углов: а - от 0° до 90°, б - от 90° до 180°

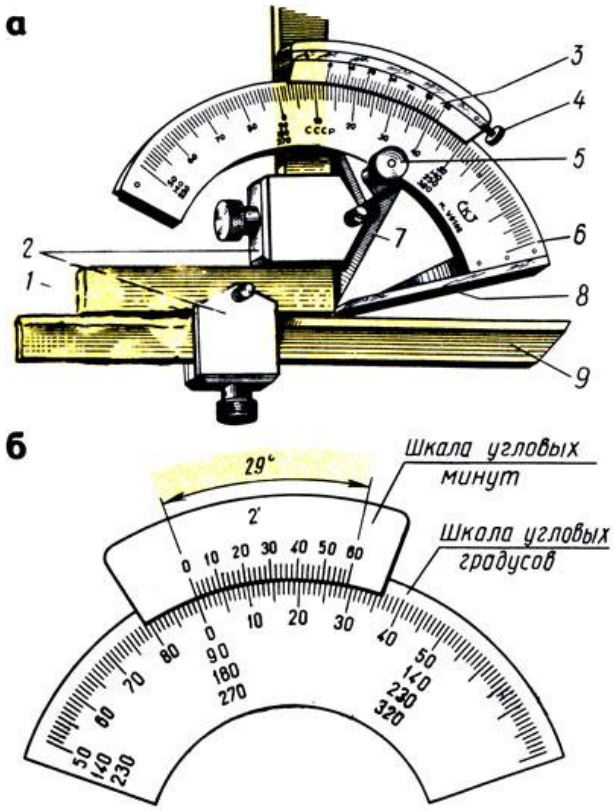


Рис. 29. Углометр УН: а - общий вид, б - устройство шкалы нониуса; 1 - угольник, 2 - державки, 3 - нониус, 4 - винт нониуса, 5 - стопор, 6 - основание, 7 - сектор, 8 - линейка основания, 9 - линейка съемная

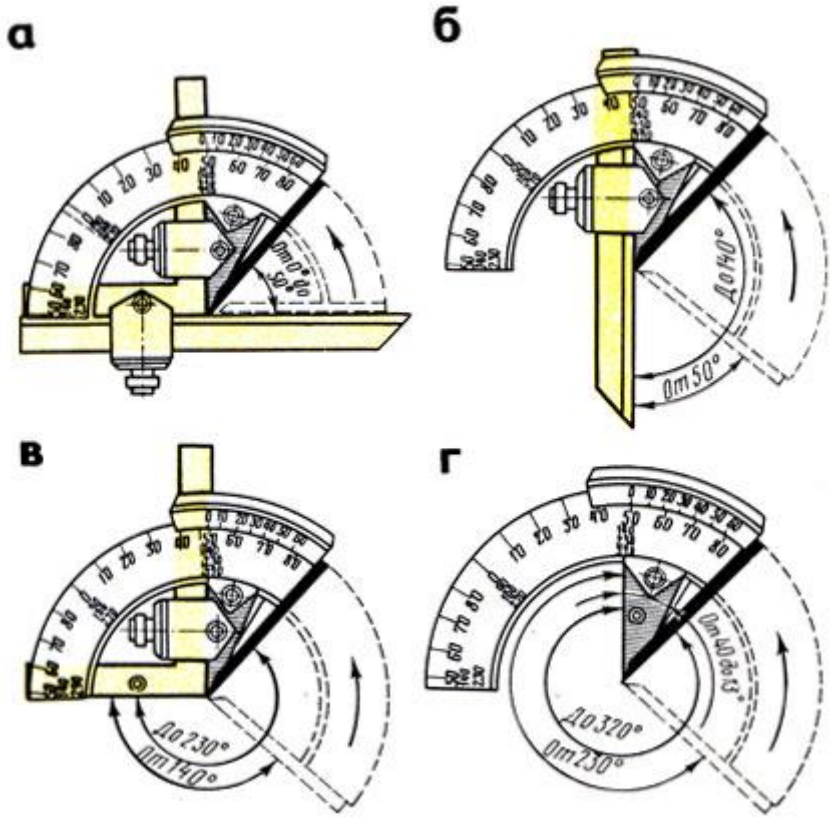


Рис. 30. Установка угломера для измерения углов: а - от 0 до 50°, б - от 50 до 140°, в - от 140 до 230°, г - от 230 до 320°

После этого находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшую к нему слева цифру нониуса. К этой цифре прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер совпадающего штриха нониуса, считая его от найденной цифры нониуса. При чтении угломер держат прямо перед глазами. Например, нулевой штрих нониуса прошел 34-е деление шкалы основания, но не дошел до 35-го, при этом со штрихом основной шкалы совпадает 20-й (не считая нулевого) штрих шкалы нониуса. Следовательно, измеряемый угол составляет 34 + 20х 2 = 34°40'.

Для измерения углов от 0 до 90° угломер соединяют с угольником (рис. 28,а), а для измерения углов от 90 до 180° угломер применяют без угольника (рис. 28,6) и к его показаниям прибавляют 90°.

Угломер типа УН с величиной отсчета по нониусу 2 или 5'(угловых минут, рис. 29,в,6) конструкции Семенова, выпускаемый заводом "Калибр", является наиболее удобным для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°. Угломер имеет полукруглое основание 6, на котором закреплена линейка 8 основания. Сектор 7 с нониусом 3 перемещается по основанию 6 и после установки закрепляется стопором 5. Микрометрическая подача нониуса осуществляется вращением микрометрического винта 4. К сектору 7 при помощи державок 2 крепится угольник 1, а к нему присоединяется съемная линейка 9.

У угломера типа УН, так же как и угломера УМ, угол между крайними штрихами нониуса равен 29° и разделен на 30 частей, но он в отличие от угломера УМ построен на дуге большего радиуса, следовательно, расстояние между штрихами больше, что облегчает чтение показаний (рис. 29,6). На дуге нанесена основная шкала для отсчета целых градусов, которая построена несколько иначе, чем у угломера УМ. Слева направо на шкале нанесены сначала деления от 50 до 90°, затем от 0 до 50°. Ниже расположены цифры, позволяющие по этой шкале производить отсчеты от 140 до 230°, а еще ниже - от 230 до 320°.

Если на угломере установлены угольник и линейка (рис. 30,а), то можно измерять углы от 0 до 50°. Если убрать угольник и на его месте закрепить линейку, можно измерять углы от 50 до 140°

(рис. 30,б), если убрать линейку и оставить только угольник (рис. 30,в), можно измерять углы от 140 до 230°. При отсутствии линейки и угольника (рис. 30,г) можно измерять углы от 230 до 320°.

Точность отсчета, полученного при измерении угловых величин или при установке заданного угла, проверяют по градусной шкале и нониусу. По шкале градусов, размещенной на дуге основания, определяют, на каком целом делении (или между ними) остановилось нулевое деление нониуса, которое соответствует числу целых градусов угловой величины. По шкале нониуса определяют, какое из его делений совпало с делением шкалы градусов, по цифрам нониуса определяют число минут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макиенко Н.И., Общий курс слесарного дела: Учебник. – 2-е изд., доп. – М.: Высш.шк., 1984. – 176 с., ил. – (Профтехобразование).

2. Слесарное дело: иллюстрированное учеб.пособие / сост. Б.С. Покровский, В.А. Скакун. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 30 плакатов.

СОДЕРЖАНИЕ

Средства измерений и контроля……..3

Штангенинструменты……...5

Микрометрические инструменты…… 14

Рычажно-механические приборы…… 22

Инструменты для измерения углов……. 29

Литература……..36

ВВЕДЕНИЕ

В курсе «Метрология, стандартизация и сертификация» студенты дневного обучения факультета СПО выполняют лабораторные работы в объеме 10 часов. Лабораторные работы выполняются по техническим измерениям.

1. Измерение размеров деталей штангенинструментами – 2 часа.
2. Измерение размеров детали микрометрическими инструментами- 2 часа.
3. Измерение размеров деталей при помощи концевых мер длины и ры - чажно-зубчатыми приборами – 2 часа.
4. Контроль зубчатых колес - 4 часа.

Студенты заочного обучения выполняют вместо первых трех работ одну комплексную работу (контроль размеров поршня) - 4 часа; контроль зубчатых колес.-2 часа.

Все отчеты выполняются на стандартных бланках, мягким графическим карандашом. На каждую работу выдается готовый отпечатанный бланк, поэтому в данной методической разработке форма отчетов не приводится.

Лабораторная работа № 1

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ

Цель: Ознакомиться с конструкциями нониуса штангенинструментов и получить навык измерения штангенинструментами.

Для выполнения работы студенту выдается: штангенциркуль модели ШЩ-П, штангенрейсмус, штангенглубометр, деталь для измерения, ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75), РДМУ98-77, чертеж детали.

Задание 1. Ознакомиться с конструкцией штангенциркуля, штангенглубомера и штангенрейсмуса; паспортные данные приборов занести в табл.1.1 отчета.

Задание 2. Измерить размеры заданной детали. Наружные размеры d_1 и d_2 измерять в трех сечениях (1, 2, 3, см. рис.1) и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (1-1 и 2-2).

Диаметры отверстий D_1 и D_2 измерять по два раза (в направлении 1-1 и 2-2) с одного торца и аналогично с другого торца детали.

Длину детали и длину уступов измеряют по четыре раза через $90°$. Длину детали измеряют с помощью штангенрейсмуса, установив деталь и рейсмус на поверочную плиту, размеры уступов измерять штангенглубомером.

Результаты измерений детали занести в таблицу 1.2 отчета.

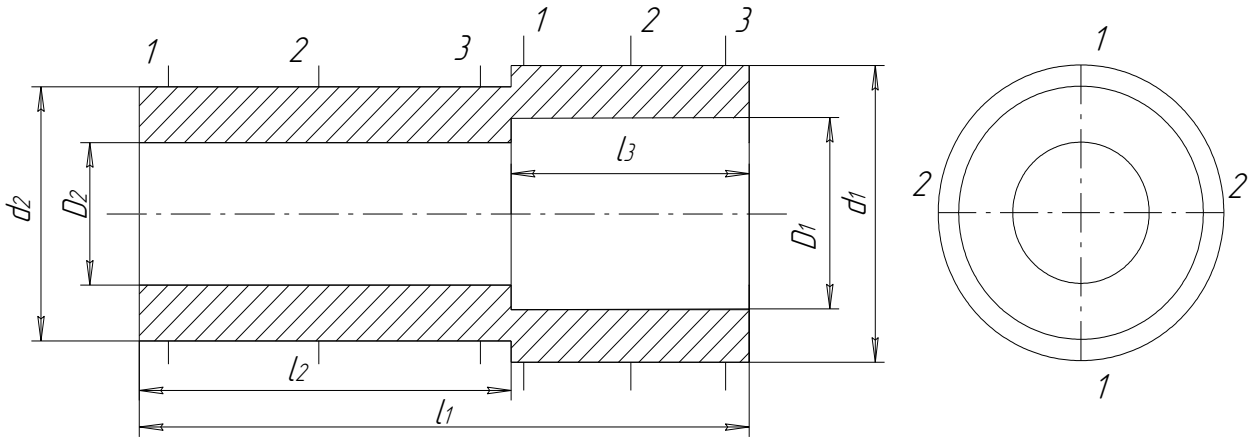


Рис. 1. Схема измерения

Задание 3. Дать заключение о годности детали по каждому размеру, для чего:

а) по чертежу детали выписать условные обозначения полей допусков для каждого размера;

б) в таблицах по ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) для каждого поля допуска выписать числовые отклонения и определить предельно допустимые размеры;

в) выполнить анализ годности по каждому размеру. Если измеренные размеры окажутся меньше наименьшего допустимого, то находят разницу между наименьшим допустимым размером и наименьшим размером, полученным при измерении и в отчете указывают «Размер занижен на … мм ».

Если измеренные размеры окажутся больше допустимого размера, то вычисляется разница между наибольшим измеренным и наибольшим допустимым размером и в отчете указать «Размер завыщен на… мм»

При защите лаб. работы № 1 студент должен знать:

1. Как устроен нониус.
2. Как установить заданный размер на штангенциркуле.
3. Показать, как производились измерения наружных и внутренних поверхностей.
4. Уметь анализировать погрешности формы размеров деталей, полученных при измерении.

Таблица 1

Номинальные размеры деталей

Номер детали	d_1	d_2	D_1	D_2	l_1		L_3
1	50*a*11	40*js*12	40*c*11	26*B*11	74*h*12	42*Js*12	26*Js*12
2	40*b*12	35*a*11	28*B*12	25*C*11	90*h*11	56*H*12	32*H*12
3	38*d*11	32*b*12	28*Js*12	20*B*12	74*h*12	35*Js*12	26*H*12
4	44*b*11	40*h*12	35*B*12	28*A*11	80*h*12	50*H*12	24*Js*12
5	50*c*11	40*b*12	40*A*11	25*B*12	75*h*14	42*H*14	29*Js*14
6	68*b*12	50*b*11	56*A*11	*42B12*	85*h*14	45*H*14	30*Js*14
7	45*a*11	38*b*11	35*C*11	28*B*12	80*h*14	50*H*14	25*Js*14
8	42*d*11	34*a*11	32*B*12	25*Js*12	96*h*12	50*H*12	35*H*14
9	62*d*11	55*b*11	50*H*12	42*B*12	100*h*11	60*H*12	35*Js*14
10	38*b*12	32*c*11	36*B*11	22*A*11	72*h*14	35*H*14	26*H*14
11	38*d*11	32*c*11	28*B*11	20*A*11	70*h*14	30*H*14	26*H*14
12	38*b*12	32*b*12	16*H*12	12*H*12	80*h*14	35*H*14	35*H*14
13	40*h*12	30*b*12	26*A*11	20*H*12	58*h*14	38*H*14	14*H*14
14	60*d*11	50*c*11	46*H*12	35*H*11	80*h*12	40*H*12	32*H*14
15							
16	60*b*12	54*b*11	50*H*12	42*H*12	82*h*12	50*H*12	22*H*12
17	48*d*11	40*c*11	36*H*12	30*H*12	100*h*14	50*H*14	40*H*14
18	48*b*12	38*a*11	36*B*12	30*A*11	100*h*12	50*h*12	48*h*12
19	44*b*12	40*d*11	36*B*12	26*B*12	100*h*14	50*H*14	34*Js*12
20	48*a*11	45*b*11	40*B*12	36*A*11	75*h*14	43*H*14	20*H*14
21	50*c*11	36*d*11	38*H*12	25*A*11	75*h*12	32*H*14	30*H*14
22	40*d*11	36*h*12	35*H*11	26*B*12	100*h*14	58*H*12	38*H*12
23	50*a*11	38*d*11	35*A*11	32*B*12	70*h*14	34*H*12	35*H*14
24	48*b*12	42*c*11	40*B*12	32*A*11	72*h*12	42*H*14	22*H*14

25	48*d*11	42*h*12	40*D*11	32*B*12	72*h*12	42*H*12	22*H*14
26	48*a*11	38*b*12	36*H*12	28*A*11	64*h*14	32*H*14	30*H*14
27	46*b*12	38*h*11	34*H*12	26*H*11	80*h*14	55*H*14	20*H*14
28	42*c*11	38*a*11	32*B*12	26A11	88*h*12	46*H*14	35*H*14
29	45*b*12	38*d*11	35*H*12	28*H*12	80*h*12	40*H*14	36*H*14
30	42*d*11	38*h*12	35*H*11	28*B*12	90*h*12	48*H*12	36*H*14
31	48*a*11	40d11	34*A*11	28*D*11	85*h*14	45*H*14	30*H*14
32	48*d*11	40*a*11	36*B*12	28*C*11	75*h*14	50*H*14	25*H*14
33	46*b*11	38*d*11	35*D*11	30*B*12	74*h*14	36*H*14	30*H*14
34	45*b*12	40*d*11	36*B*12	30*D*11	60*h*12	25*H*12	26*H*14
35	32*c*11	26*b*12	24*A*11	20*D*11	75*h*12	36*H*14	40*H*14

Лабораторная работа № 2

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Цель: Ознакомится с конструкцией микрометрических измерительных приборов и приобрести навык измерения гладким микрометром и микрометрическим нутромером.

Для выполнения работы выдаются: гладкий микрометр нужного предела измерения, микрометрический нутромер, РДМУ 98-77, ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75), чертеж деталей, подлежащих контролю.

Задание 1. Ознакомится с конструкцией гладкого микрометра, настроить прибор на нуль, занести паспортные данные прибора в табл. 2.1 отчета.

Задание 2. Измерить наружную цилиндрическую поверхность заданной детали, и результат измерений занести в табл. 2.2 отчета.

Измеряется одна цилиндрическая поверхность шесть раз: в трех сечениях (1, 2, 3) и в двух направлениях взаимно перпендикулярных (1-1 и 2-2) согласно схеме, указанной на рис 2, *а*.

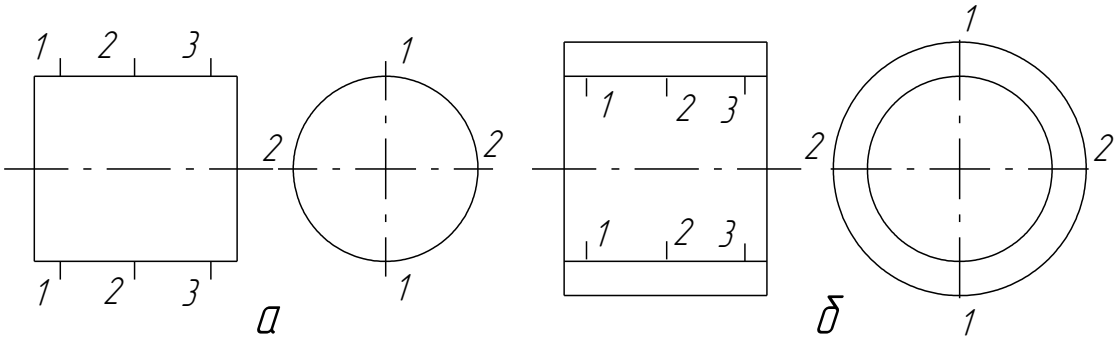


Рис.3. Схема измерения

Задание 3. Ознакомиться с устройством микрометрического нутромера, настроить прибор на нуль, занести паспортные данные в табл. 2 отчета.

Задание 4. Измерить микрометрическим нутромером одно отверстие у заданной детали, результаты измерения занести в табл. 2.3 отчета. Отверстие измерять в трех сечениях (1, 2, 3) и двух взаимно перпендикулярных направлениях (1-1 и 2-2) см. рис. 2, *б*. При измерении микрометрическим нутромером отверстия в графу "Отчет по микровинту" записывать только то, что прочтете на приборе, не прибавляя размера вставок и начального размера прибора.

Задание 5. Дать заключение о годности размеров, подвергающихся контролю, для чего:

а) согласно чертежа детали вписывают в таблицу отчета поля допусков на контролируемые размеры и в таблицах ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) найти числовые предельные отклонения для каждого размера;

б) определить предельные размеры для поверхностей, подвергавшихся контролю;

в) дать заключение о годности по размеру, аналогично тому, как предусмотрено в лабораторной работе № 1.

г) определить действительные погрешности формы у поверхностей деталей, подвергшихся контролю.

При контроле размеров детали микрометрическими инструментами можно измерить только частные погрешности.

В поперечном сечении может иметь место овальность, а в продольном сечении- конусообразность, бочкообразность или седлообразность.

Для определения овальности необходимо сравнить размеры по отдельным сечениям (1, 2, 3) и где будет большая полуразность размеров, ту погрешность записывать в отчет.

Для определения погрешностей формы в продольном сечении необходимо сравнивать размеры, полученные в одном направлении (1-1 или 2-2). Если окажется, что размеры от сечения 1 к сечению 3 постепенно увеличиваются или уменьшаются, то в этом случае имеет место конусообразность, числовая величина которой получается как полуразность крайних размеров.

Если размеры в крайних сечениях будут меньше чем в среднем сечении, то имеем бочкообразность и в отчет записывать большую полуразность. Если размеры в крайних сечениях окажутся меньше размера в среднем сечении, то в данном случае имеем седлообразность, в отчете записывать большую полуразность. Принять обозначения: овальности знаком - Δов, конусообразность - Δк, бочкообразность - Δб и седлообразность - Δс. Деталь считается годной по погрешностям формы, если погрешности не превышают половины допуска на размер детали.

<u>При защите лаб. работы № 2 студент должен знать:</u>

1. Как устроено отсчетное устройство микрометра или микрометрического устройства.
2 . Уметь настраивать микрометрические инструменты на нуль.
3. Правильно снимать размер по шкале микрометрических приборов.
4. Уметь определять погрешности формы цилиндрических деталей.

На рис. 4 представлен чертеж измеряемого поршня, а в таблицах 2 и 3 приведены номинальные и ремонтные размеры поршней.

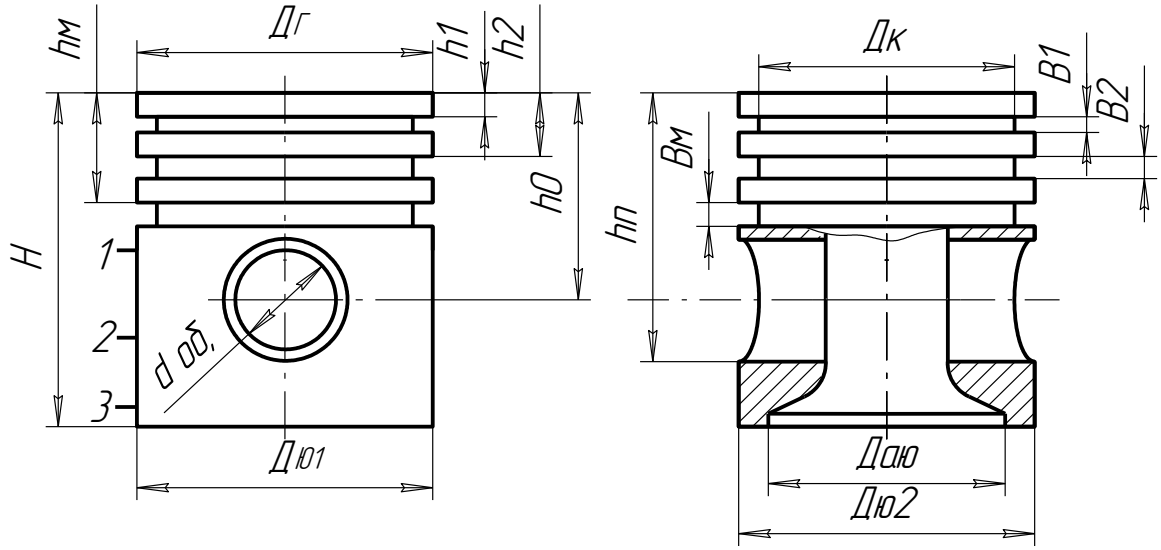


Рис.4. Чертеж поршня

Таблица 2

Номинальные и ремонтные размеры

Размер	Номинальный размер	Номинал ремонтного размера			Допуск формы или расположения
		1	2	3	
Дг	99,3*h*9	99,88	100,30	100,80	Овальн. 0,05 Конусн. 0,03
Дю1	100*js*8	100,50	101,00	101,50	Овальн. 0,12 Конусн. 0,01
Дю2	99,75*js*9	100,25	100,75	101,25	
Дою	93,8*H*8	94,30	94,80	95,30	Овальн. 0,5 *T*дою
Дк	89,0*h*11	89,50	90,00	90,50	Овальн. 0,5 *T*дк
Dоб	28*N*5				Овальн. 0,002 Конусн. 0,001
В1	2,0*D*9				Непараллельн. стенок 0,1
В2	2,0*D*9				
В3	2,0*D*9				
Вм	5,0*D*9				
Н	110*h*14				Непарал.: *Tн*
h1	11*js*12				Непарал.: *Th*
h2	19*js*12				
h3	25*js*12				
hм	31,5*js*12				
hо	52,5*js*10				Непараллельность 0,035/100
hп	76,5*js*10				
dп	28*h*5				Овальность 0,5 T*dn*
Поршень ЗИЛ–130					

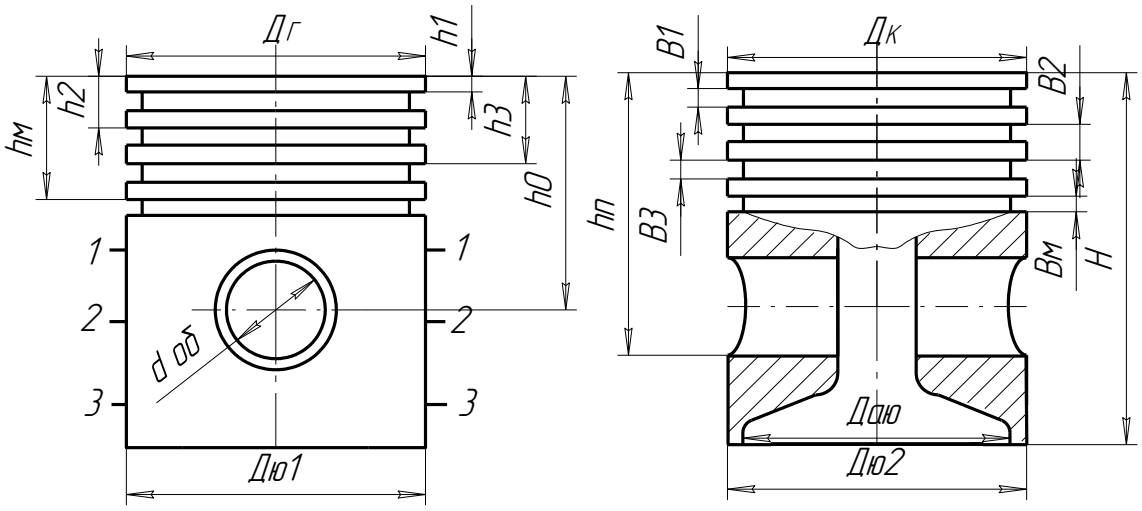


Рис.5. Чертеж поршня

Таблица 3

Размер	Номинальный размер	Номинал ремонтного размера			Допуск формы или расположения
		1	2	3	
Дг	101d9	101,4	101,9	102,4	Овальн. 0,05 Конусн. 0,10
Дю1	101,5js8	102,0	102,5	103,0	Овальн. 0,08 Конусн. 0,03
Дю2	101,3js9	101,85	102,35	102,85	
Дою	94,5H8	94,5	94,5	94,5	Овальн. 0,5 Тдою
Дк	92h11	92,5	93,0	93,5	Овальн. 0,5 Тдк
доб	28N5				Овальн. 0,003 Конусн. 0,002
В1	3,0D9				Непараллельн. стенок 0,05
В2	3,0D9				
В3	3,0D9				
Вм	4,8D9				
Н	106h14				Непарал.: Тн
Н1	6,0js12				Непарал.: Th
Н2	12,0js12				
Н3	18,0js12				
hм	24,0js12				
ho	56js10				Непараллельность 0,05/100
hп	70js10				
dп	28h5				Овальность 0,5 Tdn
Поршень ЗИЛ–130					

Лабораторная работа № 3

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ И РЫЧАЖНО-ЗУБЧАТЫХ ПРИБОРОВ

Цель: Ознакомиться с конструкцией концевых мер длины. Научиться измерять детали при помощи концевых мер длины и принадлежностей к ним.

Ознакомиться с конструкцией рычажной скобы, рычажного микрометра, индикатора часового типа, пружинной головкой, индикаторным нутромером и освоить технику измерения при помощи этих приборов.

Для выполнения работы студенту выдаются: набор концевых мер длины №1, принадлежности к концевым мерам, рычажный микрометр, рычажная скоба, пружинная головка со стойкой, нутромер индикаторный, ГОСТ 25347-82, РДМУ-98-77.

Задание 1. Освоить технику измерения размеров деталей при помощи концевых мер длины и принадлежностей к ним.

Задание 2. Ознакомиться с конструкцией измерительных головок, рычажного микрометра, рычажной скобы, настроить нужный прибор на нуль, занести паспортные данные в таблицу 3.3 отчета.

Задание 3. Измерить наружный диаметр заданной детали измерительной головкой, или рычажной скобой, или рычажным микрометром (выполнить шесть замеров в трех сечениях и двух взаимно перпендикулярных направлениях, согласно рис.3, *а*). Результаты измерений занести в таблицу 3.4 отчета.

Задание 4. Ознакомление с устройством индикаторного нутромера, настроить нутромер на нуль и занести паспортные данные в таблицу 3.3 отчета.

Задание 5. Измерить индикаторным нутромером размеры отверстия в трех сечениях и двух взаимно перпендикулярных направлениях. Результаты измерений занести в табл. 3.5 отчета.

Задание 6. Дать заключение о годности по размеру и форме, аналогично, как это предусмотрено для лабораторных работ № 1 и № 2. Допуски формы принимать равными половине допуска на размер детали.

При защите лаб. работы № 3 студент должен уметь:

1. Настраивать на нуль рычажную скобу, рычажный микрометр, измерительные головки на универсальной стойке, индикаторный нутромер.
2. Правильно снимать отсчет по каждому из перечисленных приборов.
3. Определять погрешности формы по результатам измерений.

Лабораторная работа № 4

КОНТРОЛЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Цель: Ознакомиться с системой допусков и посадок цилиндрических зубчатых передач и методикой контроля параметров зубчатого колеса.

Для работы студенту выдается: цилиндрическое зубчатое некоррелированное колесо, штангенциркуль с ценой 0,05 мм, тангенциальный зубомер, штангензубомер, нормалемер, ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77), ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75).

Задание 1. Определить основные параметры некоррелированного зубчатого колеса и результаты занести в табл. 7.1 отчета.

1.1. Определить число зубьев зубчатого колеса, подлежащее контролю.

2.2. Измерить штангенциркулем наружный диаметр зубчатого венца $d_{ач}$ и диаметр впадин $d_{fч}$.

Примечание: При измерении зубчатого колеса с нечетным количеством зубьев необходимо полученную величину диаметра впадин разделить на поправочный коэффициент $\sin\varphi$, значение которого приведены в табл. 7.

Таблица 7

	$\sin\varphi$	z	$\sin\varphi$	z	$\sin\varphi$	z	$\sin\varphi$
11	0,98980	25	0,99800	39	0,99920	53	0,99956
13	0,99250	27	0,99825	41	0,99926	55	0,99958
15	0,99450	29	0,99850	43	0,99930	57	0,99962
17	0,99570	31	0,99870	45	0,99940	59	0,99966
19	0,99650	33	0,99890	47	0,99946	61	0,99967
21	0,99720	35	0,99904	49	0,99952	63	0,99968
23	0,99780	37	0,99908	51	0,99957	65	0,99969

1.3. Определить модуль зубчатого колеса по формуле, мм

$$m = \frac{d_{ач}}{z+2} \quad . \tag{11}$$

Полученную величину модуля округлить до стандартного из ряда: 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,25; 3,5; 3,75; 4,0; 4,25; 4,75; 5,0; 5,25; 6,0; 7,0; 8,0.

1.4. Определить установленную высоту постоянной хорды h_c в следующей последовательности.

1.4.1. Определить номинальный наружный диаметр d_a по зависимости

$$d_a = z \cdot m + 2 \cdot m \quad . \tag{12}$$

1.4.2. Определить действительную погрешность измерительной базы

$$k = \frac{d_a - d_{ач}}{2} \quad . \tag{13}$$

1.4.3. Определить номинальную высоту до постоянной хорды. Для некоррегированного зубчатого колеса с углом зацепления $\alpha = 20\%$ определяют по зависимости

$$\bar{h}_c = 0{,}7476 \cdot m \quad . \tag{14}$$

1.4.4. Определить установочную высоту постоянной хорды с учетом погрешности базы

$$\bar{h}_{c'} = \bar{h}_c + k \quad . \tag{15}$$

1.5. Определить номинальный размер постоянной хорды. Для зубчатого колеса с углами зацепления $\alpha = 20\%$ размер постоянной хорды определяют по формуле

$$\bar{S}_c = 1{,}387 \cdot m \ . \tag{16}$$

1.6. Определить номинальный размер длины общей нормали. Для некоррегированного зубчатого колеса выполненного с исходным контуром по ГОСТ 13755-81, длину общей нормали можно определить по зависимости, мм

$$W = m\,[1{,}476(z_w - 0{,}5) + 0{,}014z$$

(17)

где z_w- число зубьев в охвате мерителя, которое можно определить по зависимости

$$z_w = 0{,}111 \cdot z + 0{,}5 \ . \qquad (18)$$

Полученную величину z_w округлить до целого числа по правилам округления.

1.7. Определить величину смещения исходного контура $E_{нч}$ для чего:

1.7.1. Определить номинальный диаметр окружности впадин по зависимости, мм

$$d_f = z \cdot m - 2{,}5 \cdot m \ . \qquad (19)$$

1.7.2. Определить действительную величину смещения исходного контура по зависимости, мм

$$E_{нч} = \frac{d_{f2} - d_f}{2} \ . \qquad (20)$$

1.8. По заданию преподавателя принять степень точности для заданного зубчатого колеса.

1.9. По ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77) найти допуски для параметров характеризующих норму кинематической точности ($F_ч$ и F_{vw}), для нормы плавности (f_{pt}, f_{pb}), для нормы контакта (F_β).

1.10. Из таблицы 14 ГОСТ 1643-81 выписать для всех видов бокового зазора показатель $E_{нs}$(наименьшее дополнительное смещение исходного контура).

Для зубчатых колес наружного зацепления показатель $E_{нS}$ (верхнее отклонение) записать в мм со знаком минус.

1.11. Из табл. 15 ГОСТ 1643-81 выписать допуск на дополнительное смещение исходного контура для всех видов бокового зазора. Допуск T_H находить по допуску на радиальное биение зубчатого венца $F_ч$ и записать в мм.

1.12. По величине наименьшего дополнительного смещения ($E_{нs}$) и допуску на смещение исходного контура определить наибольшее смещение исходного контура $E_{нi}$ по зависимости в мм.

$$E_{нs} = E_{HS} - T_H \ , \qquad (21)$$

где $E_{нs}$- верхнее отклонение дополнительного смещения исходного контура с учетом знака;

T_H - допуск на смещение исходного контура.

1.13. Установить вид бокового зазора для заданного зубчатого колеса из условия

$$E_{HS} \geq E_{нч} \geq E_{нi} \ .$$

Если условие (22) будет обнаружено для нескольких видов бокового зазора, то следует принять тот боковой зазор, у которого среднее отклонение $E_{нт}$ будет ближе к $E_{нч}$.

Задание 2. Определить исполнительные размеры параметров зубчатого колеса, влияющих на норму бокового зазора.

2.1. Выписать допустимые смещения исходного контура ($E_{нS}$, T_H и $E_{нi}$) для выбранного сопряжения, согласно ГОСТ 1643-81.

2.2. Определить допустимые смещения исходного контура с учетом погрешности измерительной базы для чего:

2.2.1. По табл. 8 пособия определить квалитет для наружного диаметра зубчатого колеса, а по ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75) определить величину допуска T_a для заданного номинального диаметра и квалитета и записать в табл. Отчета в мм.

2.2.2. По табл. 8 пособия определить допуск радиального биения диаметра выступов F_a и торцевого биения F_T и занеси в таблицу отчета, мм.

2.2.3. Определить допустимое наименьшее смещение исходного контура с учетом погрешности базы по зависимости

$$E'_{HS} = |E_{HS}| + 0{,}35 \cdot F_a \quad . \tag{23}$$

2.2.4. Определить допуск на смещение исходного контура с учетом погрешности базы по зависимости

$$T_{H'} = T_H - 0{,}5 \cdot T_a - 0{,}7 \cdot F_a \; . \tag{24}$$

Таблица 8

Допуски параметров заготовки зубчатых колес

Параметры	Степень точности зубчатого колеса							
	5	6	7	8	9	10	11	12
	Квалитеты по ГОСТ 25346-82							
Отверстие зубчатого колеса T_D	5	6	7	7	8	8	8	8
Опорные шейки вала T_d	5	5	6	6	7	7	8	8
Допуски диаметра наружного цилиндра T_a по квалитету	7	8	8	8	9	9	11	11
Допуски радиального биения зубчатого венца F_a и торцевого биения F_T	0,016d+10		0,025d+15		0,04d+25			

Примечание: Для определения допуска радиального биения наружного диаметра F_a и допуска торцевого биения F_T подставляем размер делительного диаметра d в мм, а результат получается в

микрометрах, например, для зубчатого колеса 7-й степени точности с делительным диаметром d=100мм допуск $F_a = F_T = 0{,}025 \cdot 100 + 15 = 17 мкм = 0{,}017 мм$

2.2.5. Определить наибольшее допустимое смещение исходного контура с учетом погрешности установочной базы по зависимости

$$E'_{Hi} = E'_{HS} - T'_H \quad . \tag{25}$$

2.3. Определить предельно допустимые размеры длины общей нормали для принятого вида бокового зазора.

2.3.1. В табл. 16 и 17 (ГОСТ 1643-81) выписать параметры E_{wms1} и E_{wms2} и подсчитать верхнее отклонение длины общей нормали. Для зубчатых колес наружного зацепления верхнее отклонение длины общей нормали E_{wms} записать со знаком минус.

2.3.2. В табл. 18 (ГОСТ 1643-81) выписать допуск на среднюю длину общей нормали. Допуск находят по виду допуска на боковой зазор и допуску реального биения зубчатого венца.

2.3.3. Определить нижнее отклонение на среднюю длину общей нормали E_{wmi} по зависимости:

$$E_{wmi} = E_{wms} - T_{wm} \quad . \tag{26}$$

2.3.4. Определить предельные размеры средней длины общей нормали по зависимости, мм

$$W_{\max} = W + E_{wms} \ , \tag{27}$$

$$W_{\min} = W + E_{wmi} \ . \tag{28}$$

где W – номинальная длина общей нормали, полученная по формуле 17 в мм.

E_{wms}, E_{wmi}- предельные отклонения общей длины общей нормали, мм. Для наружного зацепления со знаком минус.

2.4. Определить предельно допустимые размеры постоянной хорды для принятого вида бокового зазора.

2.4.1. В табл. 20 ГОСТ 1643-81 выписать верхние отклонения постоянной хорды E_{cs}, а в табл. 21 – допуск на постоянную хорду T_c

2.4.2. Определить наибольшее уменьшение постоянной хорды по зависимости

$$E_{ci} = E_{cs} - T_c \quad . \tag{29}$$

2.4.5. Определить предельно допустимые размеры толщины зуба по постоянной хорде по зависимости

$$\bar{S}_{c\max} = \bar{S}_c + E_{cs} \ , \tag{30}$$

$$\bar{S}_{c\min} = \bar{S}_c + E_{ci} \tag{31}$$

Задание 3. Измерить параметры зубчатого колеса, влияющие на норму бокового зазора и дать заключение.

3.1. Измерить длину общей нормали зубомерным инструментом.

3.1.1. По номинальной длине общей нормали выбрать микрометрический зубомер, настроить его на ноль, по установочной мере, если микрометр с пределом измерения более 25 мм.

3.1.2. Измерить длину общей нормали не менее 10 раз, охватывая при измерении число зубьев равное Z_w.

3.1.3. Подсчитать среднюю длину нормали, для чего сложить все результаты измерений и разделить сумму на количество измерений (W_m).

По средней длине общей нормали дать заключение о годности колеса по норме бокового зазора, для чего необходимо сравнить размер W_m с предельно допустимыми размерами длины нормали, полученными по формулам 27 и 28. Если результат измерений окажется меньше $W_{\min}$, то в заключении следует записать: «По норме бокового зазора по параметру W_m для сопряжения … зуб изношен (или занижен для нового колеса) на … мм». Если обнаружено условие $W_{\min} \le W_m \le W_{\max}$, то в заключении следует сделать аналогичную запись, указать «Колеса находится в пределах допуска».

Если окажется, что $W_m > W_{\max}$, то в отчете следует сделать аналогично первому случаю запись и указать «Зуб завышен на … мм».

3.1.4. Определить колебания длины общей нормали F_{vwr} как разность между наибольшим и наименьшим размерами длины общей нормали, полученных при измерении зубчатого колеса. В отчете выполнить заключение по норме кинематической точности из условия, если $F_{vwч} \ge F_{vw}$, то следует сделать запись: «Но норме кинематической точности, по параметру F_{vwr} зубчатое колесо выполнено грубее … степени», если $F_{vwr} \le F_{vw}$, то колесо считать соответствующим заданной степени точности.

3.2. Измерить смещение исходного контура тангенциальным зубомером и дать заключение о годности по норме бокового зазора.

3.2.1. Ознакомится с конструкцией тангенциального зубомера, подобрать установочный ролик в соответствии с модулем зубчатого колеса и настроить прибор на ноль. Для настройки прибора на ноль необходимо измерительные наконечники прибора установить так, чтобы губки измерительных наконечников касались установочного ролика своей серединой и в этом положении зафиксировать измерительные наконечники. Установочный ролик уложить на призму, в гнездо прибора установить индикатор часового типа так, чтобы стрелка прибора сделала один оборот, а малая стрелка была бы на единице, в этом положении зафиксировать индикатор и шкалу установить на ноль.

3.2.2. Измерить три зуба под углом 120^0, если при измерении большая стрелка прибора перейдет за ноль, а малая стрелка перейдет за единицу, то такие отклонения записывать со знаком минус, например – 0,15 мм.

3.2.3. Дать заключение о годности зубчатого колеса. Подсчитать средний размер смещения исходного контура и сравнить $E_{нт}$ с предельно

допустимыми смещениями исходного контура с учетом погрешности измерительной базы. Если $E'_{нs} \geq E_{нm} \geq E'_{нi}$, то в отчете записать: «По норме бокового зазора по параметру $E_{нч}$ для сопряжения …зуб находиться в пределах допуска». Если $E_{нm} \leq E_{нs}$, то в отчете делается аналогичная запись и в результате указывается: «Зуб изношен на … мм». Если $E_{нm} > E_{нs}$, то в отчете следует в заключении записать: «Зуб завышен на … мм».

3.3. Измерить толщину зуба по постоянной хорде штангензубомером.

Штангензубомером измерить также три зуба через 120^0., которые измерялись тангенциальным зубомером.

3.3.1. На высотной линейке штангензубомера установить высоту постоянной хорды с учетом погрешности измерительной базы, т. е. h'_c.

3.3.2. Установить высотную линейку на вершину зуба, измерительные губки довести до соприкосновения с боковыми поверхностями зуба и при помощи винта доводки выбрать зазор.

3.3.3. Определить средний размер толщины зуба по постоянной хорде S_{cm} и сравнить его с предельно допустимыми размерами постоянной хорды. Если $\overline{S}_{cm} < \overline{S}_{c\min}$, то в заключении следует записать: «По норме бокового зазора по параметру $\overline{S}_{cm}$ для сопряжения … зуб изношен (занижен) на … мм».

При $\overline{S}_{cm} > \overline{S}_{c\max}$, записать: «Зуб завышен на … мм».

Если $\overline{S}_{c\max} \geq \overline{S}_{cm} \geq \overline{S}_{c\min}$, то в отчете записать «Зуб находится в пределах допуска».

4. Оформить рабочий чертеж зубчатого колеса. Образец приведен на рис. 11 Рабочий чертеж зубчатого колеса оформляется в соответствии с ГОСТ 2.403-75 (СТ СЭВ 859-68).

Чертеж зубчатого колеса должен содержать изображение зубчатого колеса и таблицу параметров.

На изображении зубчатого колеса нанести размер посадочного отверстия с допуском, согласно табл. 8 настоящего пособия; диаметр выступов с допуском как для основного вала; ширину венца и ступицы с допуском, шероховатость рабочих поверхностей зубьев, наружного диаметра, торцевых поверхностей ступицы и посадочного отверстия. Шероховатость поверхностей зубчатого колеса наносить согласно табл. 9 пособия; допуск торцевого биения ступицы и радиального биения наружного диаметра.

Таблица 9

Шероховатость поверхностей зубчатого колеса

Наименование поверхности	Степень точности колеса					
	5	6	7	8	9	10
	шероховатость R_a, мкм					
Рабочих поверхностей	0,63	0,63	1,25	3,2	6,3	6,3

зубьев						
Посадочных поверхностей отв./вал	$\frac{0,4}{0,2}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1,6}{0,8}$	$\frac{1,6}{0,8}$
Торцевые поверхности ступиц	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2
Диаметр ступиц	3,2	3,2	3,2	6,3	56,3	12,5

Допуск на наружный диаметр колеса назначать в зависимости и от того, что используется для контроля нормы бокового зазора у зубчатого колеса. Если наружный диаметр используется в качестве измерительной базы (контроль смещения исходного контура тангенциальным зубомером, постоянной хорды штангензубомером, окружного шага шагомером и т. д.), то в этом случае допуск на наружный диаметр и радиальное биение зубчатого венца назначать по табл. 8 настоящего пособия. Если наружный диаметр не используется в качестве измерительной базы (контроль длины нормали; контроль смещения исходного контура по роликам или межцентромером), то в этом случае допуск на наружный диаметр назначают не более $0,1m$ для зубчатых колес 5 - 8 степени, или $0,2m$ для зубчатых колес 9 - 12 степеней точности.

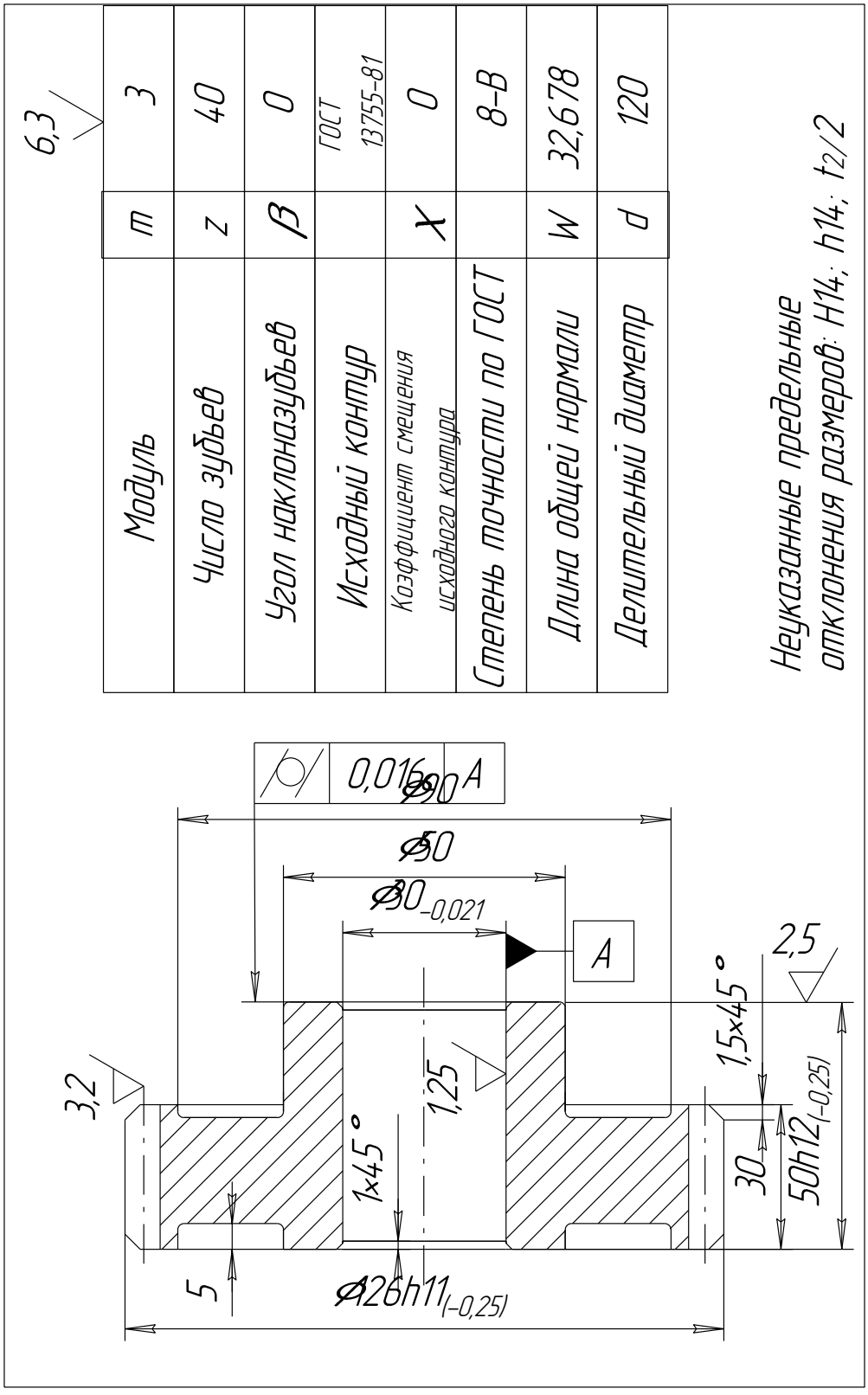

6,3
Модуль m 3
Число зубьев z 40
Угол наклона зубьев β 0
Исходный контур ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения исходного контура x 0
Степень точности по ГОСТ 8-В
Длина общей нормали W 32,678
Делительный диаметр d 120
Неуказанные предельные отклонения размеров: H14; h14; t2/2
0,016 A
A
1,5×45°
2,5
3,2
1,25
1×45°
30
50h12(-0,25)
5
A26h11(-0,25)

Рисунок 8

Полученную величину допуска T_a округлять до стандартных по ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75) в меньшую сторону. Отклонение на наружный диаметр назначать как для основного вала: *h*7; *h*8; *h*9; *h*10; *h*11; *h*12; *h*13.

Допуск радиального биения назначать для диаметра, не используемого в качестве измерительной базы, не грубее $0{,}1m$.

Торцевое биение ступицы принимать по табл. 8. Допуск цилиндричности посадочного отверстия принимать не более $\frac{1}{3}T_D$ (допуска на размер отверстия). Допуск на ширину зубчатого венца для зубчатых колес 5 - 7 степеней принимать по *h*11, а для степеней точности 8 -12 - по *h*12.

Таблица параметров должна располагаться в правом верхнем углу чертежа и состоять из трех частей.

В первой части таблицы поместить основные данные, необходимые для изготовления зубчатого колеса: модуль *m*; число зубьев *z*; угол наклона зуба β; для косозубого колеса – направление зуба; исходный контур (по ГОСТ 13755-81), коэффициент смещения исходного контура χ(для некоррегированных зубчатых колес $\chi = 0$); степень точности и вид бокового зазора.

Во второй части таблицы привести параметр, необходимый для контроля нормы бокового зазора, один из следующих: длина общей нормали с предельными отклонениями ($W_{-E_{wmi}}^{-E_{wms}}$); наибольшее (E_{HI}) и наименьшее (E_{HS}) смещение исходного контура; толщина зуба по постоянной хорде ($\bar{S}_{c-Eci}^{-Ecs}$) и установочная высота постоянной хорды $\bar{h}_C$; размер по ролика с предельными отклонениями (M_{-Emi}^{-Ems}).

В третьей части таблицы заносят справочные данные: делительный диаметр (*d*), шаг винтовой линии (*P*) и другие параметры, необходимые для контроля зубчатого колеса или настройки станка.

Литература к лаб. работе № 4

Ю.В.Димов Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. 3-е изд.-СПб.: Питер,2010 -464 с.

Берков В. И. Технические измерения: Альбом. М.: Высшая школа, 1977. С. 152 - 159; 168 – 169.

Для защиты лаб. работы № 4студент должен знать:

1. Как обозначаются степени и боковой зазор зубчатых колес?
2. Уметь определять исполнительные размеры длин общей нормали, постоянной хорды, предельные размеры смещения исходного контура.

3. Знать как назначается допуск на наружный диаметр.
4. Уметь измерять длину общей нормали, постоянную хорду, смещение исходного контура.
5. Учитывать погрешности измерительной базы, если в качестве измерительной базы используется нерабочая поверхность зубчатого колеса.
6. Уметь оформлять рабочий чертеж зубчатого колеса.

оглавление

Введение…….
Лабораторная работа №1……
Лабораторная работа №2……
Лабораторная работа №3……..
Лабораторная работа №4……

Наталья Александровна Новикова

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К лабораторным работам по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» по напралению 15.03.01 «Машиностроение»

Корректура кафедры эксплуатации горного оборудования

Подписано в печать
Бумага писчая, Формат бумаги 60х84 1/16. Печать на ризографе.
Печ.л. Уч.-изд.л. Тираж 50 экз Закз №

Издательство УГГУ
620144, г.Екатеринбург,, ул.Куйбышева,30.
Уральский государственный горный университет

Н 73

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования «4» июня 2013 г. (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Новикова Н. А.

Н 73

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к лабораторным работам по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов специальности 130400 – «Горное дело» специализации –«Горные машины и оборудование», направлений бакалавриата150700 – «Машиностроение», 151000-«Технологические машины и оборудование» (ТМО)/ Н.А. Новикова. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 27 с.

В методических указаниях устанавливается порядок выполнения лабораторных работ, требования к оформлению отчета, перечень вопросов, которые должен знать студент при защите работы, приведены справочные материалы

© Новикова Н.А. 2013

© Уральский государственный горный университет, 2013

Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Н.А.НОВИКОВА

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

Учебное пособие
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»
для студентов специальности - «Горное дело» (ГД) 130400.65 специализации – «Горные машины и оборудование»,
заочного обучения

Екатеринбург
2013

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВПО УГГУ

«Процессы формообразования и инструмент»

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ иИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
15.02.01 - «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)»
очного обучения



Екатеринбург
2019

1.РАБОТА. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ И ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ТОЧЕНИИ

1.1.Общие сведения.

При проектировании операций для сопоставления вариантов производительности необходимо знать норму времени. Время выполнения операции зависит от режимов резания, оборудования.

Элементы в режиме резания, обычно, устанавливают в порядке, указанном ниже.

Глубина резания t, мм. При обработке цилиндрических поверхностей:

$$t = \frac{D - d}{2},$$

где D – диаметр заготовки до обработки (при наружном точении) или диаметр обработанной поверхности (при растачивании, рассверливании, зенкеровании и т.п.);

d – диаметр обработанной поверхности (наружное точение) или диаметр обрабатываемой поверхности (при растачивании, рассверливании, зенкеровании и т.п.) после одного рабочего хода инструмента.

Глубина резания t: при черновом точении и отсутствии ограничений по мощности оборудования, жесткости системы СПИД принимается равной припуску на обработку; при чистовом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначить меньшую глубину резания, чем на предшествующем. При параметре шероховатости обработанной поверхности Ra = 3,2 мкм включительно t = 0,5 ÷ 2,0 мм; $Ra \geq 0{,}8$ мкм, t = 0,1 ÷ 0,4 мм.

Число ходов i. Назначается больше одного, если величина припуска превышает допустимую глубину резания ***t.***

Подача S: при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИД, прочности режущей пластины и прочности державки. Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении приведены в (табл.1.4), а при черновом растачивании в (табл.П1.2). Подачи при чистовом точении выбирают в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца (табл. 1.16).

При прорезании пазов и отрезании величина поперечной подачи зависит от свойств обрабатываемого материала, размеров паза и диаметра обработки (табл.П1.3).

Принимается подача **ближайшая меньшая по паспортным данным станка.**

Скорость резания V, м/мин. Рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого способа обработки

$$V = V_{ТБ} \cdot K_V,$$

где $V_{ТБ}$ – скорость резания, вычисленная по эмпирической формуле, с использованием табличных данных, или определяемая по таблице;

$$V = \frac{Cv}{T^m t^x S^y} K_v,$$

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v.$$

Среднее значении стойкости *T* при одноинструментной обработке – 30 ÷ 60 мин.

Значения коэффициента C_V показателей степени *x, y, z* и *m* приведены в (табл.1.5 и табл.П1.7).

Коэффициент K_V является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{MV} (см. табл.1.7), состояния поверхности $K_{ПV}$ (табл.1.9), материала инструмента $K_{ИV}$ (см. табл.1.8).

Частота вращения n, об /мин. Для токарной, сверлильной, фрезерной и круглошлифовальной обработок

$$n = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D),$$

где *D* – диаметр заготовки или инструмента, мм.

По паспортным данным станка принимают $n_ф$ – фактическую частоту вращения, ближайшую меньшую к расчетной *n* при черновой обработке.

В справочниках по металлорежущим станкам указывают обычно частоту вращения шпинделя n_{max} и n_{min}.

Из определения геометрической прогрессии следует, что

$$n_{max} = n_{min} \cdot \varphi^{m-1},$$

где φ – знаменатель прогрессии; *m* – общее число ступеней частоты вращения соответствующего элемента станка.

Значения нормализованных знаменателей рядов φ, возведенные в степень приведены в табл.1.2, пользуясь которой, можно определить значения φ на основе заданных в технической характеристике станка n_{max}, n_{min} и *m*. Для этого вычисляют частное n_{max} / n_{min} и в строке, соответствующей степени $m - 1$, находим то числовое значение φ^{m-1}, которое равно или близко к вычисленному, и по этому значению – величину φ.

Затем делим расчетное значение числа оборотов, двойных ходов или подачи на их минимальное значение, получая таким образом расчетное значение φ в какой-то степени *x*. В том же столбце для найденного ранее значения φ находим ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному $\varphi^{x} = n_{\text{р}} / n_{\min}$. Умножив затем найденное значение φ^{x} на $n_{\min}$, получим расчетное число оборотов, двойных ходов или подачи.

Таблица 1.2

Значения нормализованных знаменателей рядов φ, возведенные в степени

φ	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,00
φ^{2}	1,12	1,26	1,58	2,00	2,50	3,16	4,00
φ^{3}	1,19	1,41	2,00	2,82	4,00	5,64	8,00
φ^{4}	1,26	1,58	2,50	4,00	6,32	10,08	16,00
φ^{5}	1,34	1,78	3,16	5,64	10,08	17,92	32,00
φ^{6}	1,41	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00
φ^{7}	1,49	2,24	5,04	11,28	25,28	56,80	
φ^{8}	1,58	2,50	6,32	16,00	40,00		
φ^{9}	1,67	2,81	8,00	22,56	64,00		
φ^{10}	1,78	3,16	10,08	32,00			
φ^{11}	1,89	3,55	12,64	45,12			
φ^{12}	2,00	4,00	16,00				
φ^{13}	2,12	4,48	20,16				
φ^{14}	2,24	5,04	25,28				
φ^{15}	2,36	5,64	32,00				
φ^{16}	2,50	6,32	40,00				
φ^{17}	2,65	7,12	50,65				
φ^{18}	2,81	8,00	64,00				
φ^{19}	2,98	8,96	80,64				
φ^{20}	3,16	10,1	101,6				

φ	1,06	1,12	φ	1,06
φ^{21}	3,35	11,28	φ^{40}	10,08
φ^{22}	3,55	12,64	φ^{41}	10,68
φ^{23}	3,77	14,24	φ^{42}	11,28
φ^{24}	4,00	16,00	φ^{43}	11,96
φ^{25}	4,24	17,92	φ^{44}	12,64
φ^{26}	4,48	20,16	φ^{45}	13,40
φ^{27}	4,75	22,56	φ^{46}	14,24
φ^{28}	5,04	25,28	φ^{47}	15,09
φ^{29}	5,34	28,48	φ^{48}	16,00
φ^{30}	5,64	32,00	φ^{49}	16,96
φ^{31}	5,98	35,84	φ^{50}	17,92
φ^{32}	6,32	40,00		
φ^{33}	6,70	44,96		
φ^{34}	7,12	50,56		
φ^{35}	7,55	56,80		
φ^{36}	8,00	64,00		
φ^{37}	8,48			
φ^{38}	8,96			
φ^{39}	9,50			

Пример 1.

Назначение величины частоты вращения шпинделя.

Для станка 6Т104 $n_{\max} = 2800$ мин $^{-1}$, $n_{\min} = 63$ мин $^{-1}$ и $m = 12$. Найти n, если рассчитанная частота вращения $n_{\text{р}} = 610$ мин $^{-1}$.

Решение.

Находим $\varphi^{m-1} = n_{\max} / n_{\min}$; $\varphi^{12-1} = 2800 / 63 = 44{,}4$.

По табл. 1.2 находим $\varphi^{11} = 45{,}12$, что соответствует $\varphi = 1{,}41$

$$\varphi^{x} = n_{\text{р}} / n_{\min} = 9{,}6.$$

В графе, соответствующей φ = 1,41 находим ближайшее меньшее значение $\varphi^{x} = 8{,}00$, тогда

$$n = n_{\min} \cdot \varphi^{x} = 63 \cdot 8{,}00 = 544 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания, м /мин

$$V_{\Phi} = \pi \cdot D \cdot n \,/1000.$$

Проверку правильности расчета режима резания производят исходя из мощности станка. Эффективную мощность($N_{\text{р}}$), затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле

$N_{\text{Р}} = P_Z \cdot V$ / (60·1020) кВт – при точении и фрезеровании,

$N_{\text{Р}} = M_{\text{КР}} \cdot n$ / 9750 кВт – при обработке осевым инструментом,

где P_{Z} – главная составляющая силы резания, Н,

$M_{\text{КР}}$ – крутящий момент на шпинделе, Н·м.

Полученная мощность $N_{\text{р}}$ не должна превышать эффективную мощность станка($N_{\text{дв}}$)

$$N_{\text{р}} \leqslant N_{\text{ДВ}} \cdot \eta,$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность электродвигателя главного привода станка;

η – КПД кинематической цепи от электродвигателя до инструмента.

Определяем основное технологическое время $T_{\text{О}}$ по уравнению

$$T_{\text{О}} = L \cdot i \,/\, S, \text{ мин.},$$

где L – расчетная длина перемещения инструмента, мм;

i – число рабочих ходов в данном переходе; S – подача, мм /мин.

Расчетная длина перемещения инструмента L определяется как

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}},$$

где l, $l_{\text{вр}}$, $l_{\text{пер}}$ – длины соответственно обрабатываемой поверхности, врезания и перебега инструмента.

Пример 2.

Расчет режима резания при точении.

Вал обтачивают на токарно-винторезном станке. Заготовка – прокат из углеродистой стали 45 ($\sigma_{\text{В}}$ = 750МПа). Обтачивают поверхность Ø94 (рис.1.1). Выбрать станок, инструмент, рассчитать режимы резания и
основное время.

Решение.

Для обработки предложенного вала принимаем станок 16Б16П (табл.1.3). По таблице справочника [1] принимаем проходной упорный резец.

Определяем глубину резания ***t.*** Точение черновое (Rz = 80),
поэтому $t = (D - d)\,/2 = (100 - 94) / 2 = 3$ мм.

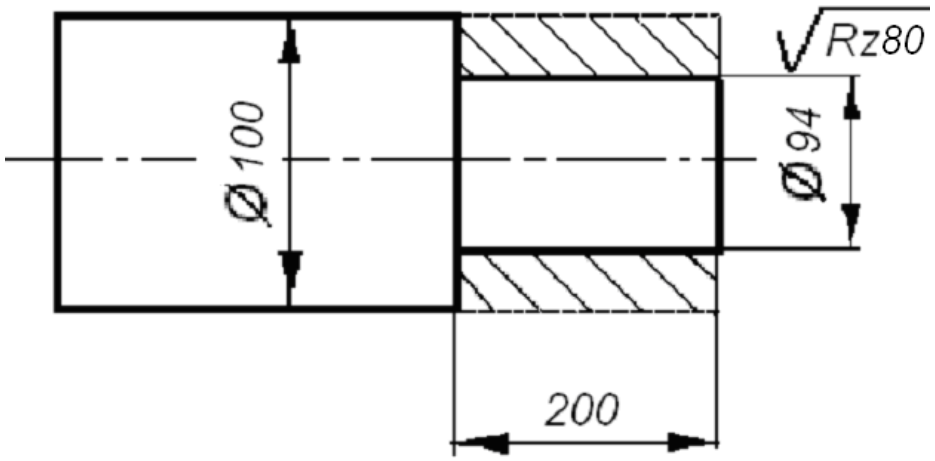


Рис.1.1.

Определяем величину подачи ***S***. Принимаем **максимально допустимую** по табл.1.4

$$\boldsymbol{S} = 0{,}8 \cdot K = 0{,}8 \cdot 0{,}8 = 0{,}64 \text{ мм/об},$$

где K – коэффициент, учитывающий состояние поверхности (см. табл.1.4).

Определим действительные значения подачи по паспортным данным станка (табл.1.3)

$$S = 0{,}6 \text{ мм /об.}$$

Определим скорость резания V, м/мин по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{\text{мv}} \cdot K_{\text{пv}} \cdot K_{\text{иv}} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi' v}.$$

Значения C_v, m, y и x приведены в табл.1.5.

$C_v = 350$, $m = 0{,}2$, $x = 1{,}15$, $y = 0{,}35$ Рекомендуемое значение стойкости $T = 30 \div 60$ мин.

Принимаем $T = 45$ мин.

$K_{MV} = 750 / \sigma_в$ – по табл. 1.7, $K_{MV} = 750 / 750 = 1$.

$K_{ПV} = 0{,}9$ – по табл. 1.9.

$K_{ИV}$ – зависит от материала режущей части резца, принятого для обработки (см. табл. 1.8). $K_{ИV} = 1$ (для сплава Т15К6).

Для определения $K_{\varphi V}$ и $K_{\varphi' V}$ (табл.1.12) необходимо определить значения углов φ и φ′ (табл. 1.10, 1.11) [2]:

$\varphi = 90°$; $\varphi' = 15°$;

$K_{\varphi V} = 0{,}7$; $K_{\varphi' V} = 0{,}97$.

$$V = 350 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}97 / (45^{\,0{,}2} \cdot 3^{\,0{,}15} \cdot 0{,}6^{\,0{,}35}) = 85 \text{ м/мин}.$$

Определяем расчетную частоту вращения шпинделя

$$n = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 85 / (\pi \cdot 100) = 270{,}7 \text{ об/мин}.$$

По паспортным данным станка определяем (табл.1.3) **или рассчитываем фактическую частоту вращения $n_ф$, ближайшую меньшую к расчетной.**

$$n_ф = 250 \text{ об/мин}.$$

Таблица 1.3

Токарно-винторезные станки [1]

	16 Б16П	16 К20	16 К25
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки: над станиной над суппортом отверстия шпинделя	 320 180 36	 400 220 55	 500 215 50
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	1000	2000	2000
Частота вращения шпинделя, мин $^{-1}$	20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	12,5 – – 1600 Число скоро-стей 22
Сечение резца, мм	25×20	25×25	25×25
Подача продольная, мм /об	0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8	0,05 – – 2,8 Число подач 24
Подача поперечная, мм /об	1/2 от продольной		
Мощность двигателя, кВт	6,3	10	11
КПД η станка	0,7	0,75	0,75

По $n_Ф$ рассчитаем фактическую скорость резания $V_ф$

$$V_Ф = \pi \cdot D \cdot n_Ф \,/\, 1000 = \pi \cdot 100 \cdot 250 \,/\, 1000 = 78{,}5 \text{ м /мин.}$$

Проверку правильности выбранного режима резания произведем исходя из мощности станка.

Эффективная мощность $N_Р$, кВт, затрачиваемая на резание, рассчитывается по формуле

$$N_Р = P_Z \cdot V_Ф \,/\, (60 \cdot 1020),$$

где P_z – главная составляющая силы резания, Н

$$P_Z = 10 \cdot C_Р \cdot t^{\,x} \cdot S^{\,y} \cdot V_Ф \cdot n \cdot K_{МР} \cdot K_{ФР} \cdot K_{\gamma Р} \cdot K_{rР},$$

Таблица 1.4

Подачи при черновом наружном точении

Диаметр детали, мм	Обрабатываемый материал							
	Сталь				Чугун			
	Подача *S*, мм /об при глубине резания t, мм							
	до 3	3–5	5–8	8–12	до 3	3–5	5–8	8–12
до 20	0,35	–	–	–	–	–	–	–
20 – 40	0,45	0,35	–	–	0,45	–	–	–
40 – 60	0,7	0,6	0,5	–	0,75	0,65	0,55	–
60 – 100	0,9	0,8	0,7	0,6	1,1	0,95	0,8	0,7
100 – 140	1,05	0,95	0,8	0,7	1,25	1,05	0,95	0,75

Примечание. При работе с ударами и обработке необработанных поверхностей, табличное значение подачи следует умножить на коэффициент 0,8.

Таблица 1.5

Значение коэффициента C_V и показателей степени в формуле скорости резания

Вид обработки	Материал режущей части резца	Подача, мм /об	Коэффициент и показатели степени			
			C_V	x	y	m
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_в$ = 750 МПа						
Наружное продольное точение	Т15К6	до 0,3 св. 0,3 до 0,7 св. 0,7	420 350 340	0,15	0,2 0,35 0,45	0,2
Обработка серого чугуна, *HB*190						
Наружное продольное точение	ВК6	до 0,4 св. 0,4	292 243	0,15	0,2 0,4	0,2

Значения C_P, n, y и x приведены в табл.1.13, численные значения коэффициентов K_{MP},$\cdot K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$ и K_{rp} приведены в табл. 1.14, 1.15, 1.16. Значение угла γ и радиуса при вершине резца r можно принять по табл.1.17, 1.18.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 31 \cdot 0{,}50{,}75 \cdot 78{,}5 - 0{,}15 \cdot 1 \cdot 0{,}89 \cdot 1 = 2475 \text{ Н}.$$

Эффективная мощность N_P

$$N_P = 2475 \cdot 78{,}5/(60 \cdot 1020) = 3{,}18 \text{ кВт}.$$

Должно выполняться условие $N_P \leqslant N_{дв} \cdot \eta$,

где $N_{дв}$ = 6,3 кВт – для станка 16Б16П, η = 0,7 (см. табл. 1.3).

$$3{,}18 \leqslant 6{,}3 \cdot 0{,}7;$$

Если неравенство $N_P \leqslant N_{ДВ} \cdot \eta$ не выполняется, необходимо проверить расчет для меньшей частоты вращения

.

Припуск снимаем за один проход i = 1.

L – длина рабочего хода резца, мм

$$L = l + l_{вр} + l_{пер},$$

где l – размер по эскизу, мм

$l_{вр}$ – врезание резца – $l_{вр} = t \cdot \operatorname{tg} \varphi$ или по табл.П1.6,

$l_{пер}$ – перебег резца – по табл.П1.6.

l = 200 мм, $l_{вр}$ = 1 мм, $l_{пер}$ = 1 мм,

Определяем основное время (мин)

$$T_O = L \cdot i / (n \cdot S);$$

$$T_O = 202 / (250 \cdot 0{,}5) = 1{,}62 \text{ мин.}$$

$$N_P = P_Z \cdot V_Ф / (60 \cdot 1020),$$

где P_z – главная составляющая силы резания, Н

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^{x} \cdot S^{y} \cdot V_Ф \cdot n \cdot K_{MP} \cdot K_{ФP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{rP}.$$

Таблица 1.6

Выбор марок твердого сплава

Выбор и характер обработки	марка твердого сплава при обработке	
	стали	чугуна
Черновое точение по корке и окалине при непрерывном сечении среза и прерывистом резании с ударами	Т5К10, ВК8	ВК8, ВК4
Черновое точение по корке при непрерывном сечении среза и непрерывном резании	Т14К8, Т5К10	ВК4, ВК8, ВК6
Черновое точение по корке при относительно равномерном сечении среза и непрерывном резании	Т15К6, Т14К8	ВК4, ВК8
Получистое и чистое точение при прерывистом резании	Т15К6, Т14К8, Т5К10	ВК4, ВК6, ВК8
Точное точение при прерывистом резании	Т30К4, Т15К6	ВК3, ВК4
Точное точение при непрерывном резании	Т30К4	ВК3

Таблица 1.7

Поправочный коэффициент K_{MV}, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{MV} = 750 / \sigma_в$
Чугун	$K_{MV} = (190/HB)^{1,25}$

Таблица 1.8

Поправочный коэффициент $K_{ИV}$, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Значение коэффициента $K_{ИV}$				
Сталь конструкционная	Т5К10 0,65	Т14К8 0,8	Т15К6 1,0	Т30К4 1,4	ВК8 0,4
Сталь, чугун		У12А 0,5	ХВГ 0,6	9ХС 0,6	Р6М5 1,0
Чугун	ВК3 1,15	ВК4 1,1	ВК6 1,0	ВК8 0,83	–

Таблица 1.9

Поправочный коэффициент $K_{ПV}$, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания

Состояние поверхности заготовки				
Без корки	С коркой			
	прокат	поковка	литье	
			нормальное	сильно загрязненное
1,0	0,9	0,8	0,85	0,55

Таблица 1.10

Значения главного угла в плане φ в зависимости от вида обработки [1]

Вид обработки	φ,°
Чистовая обработка с малыми глубинами резания при высокой жесткости СПИД	10 – 20
Точение в условиях достаточной жесткости СПИД	30 – 45
Точение в условиях пониженной жесткости СПИД	60 – 75
Подрезка, прорезка, отрезка, обтачивание, растачивание в условиях малой жесткости.	90

Таблица 1.11

Значения вспомогательного угла в плане φ′ в зависимости от условий обработки [1]

Условия обработки	φ′,°
Обточка напроход быстрорежущими резцами - твердосплавными - с врезанием	5 – 10 15 15 – 30
Расточка, подрезка быстрорежущими резцами - твердосплавными	10 – 15 20

Таблица 1.12

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние углов заточки резца на скорость резания

Главный угол в плане φ,°	Коэффициент $K_{\varphi V}$	Вспомогательный угол в плане φ′,°	Коэффициент $K_{\varphi' V}$
20	1,4	10	1,0
30	1,2	15	0,97
45	1,0	20	0,94
60	0,9	30	0,91
75	0,8	45	0,87
90	0,7	–	–

Таблица 1.13

Значение коэффициента C_P и показателей степени в формуле силы резания

Обрабатываемый материал	C_P	x	y	n
Сталь	300	1,0	0,75	– 0,15
Чугун	92	1,0	0,75	0

Таблица 1.14

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали и чугуна

Параметр	Величина	Поправочный коэффициент	
		Обозначение	Величина
Главный угол в плане φ	30 45 60 90	$K_{\varphi p}$	1,08 1,00 0,94 0,89
Передний угол γ	– 15 0 10	$K_{\gamma p}$	1,25 1,10 1,00

Таблица 1.15

Поправочный коэффициент K_{MP} для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала и силовые зависимости

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени
Конструкционная углеродистая сталь σ_B, МПА < 600 > 600	$K_{мр} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n$	 0,75 / 0,35 0,75 / 0,75
Чугун	$K_{мр} = (HB/190)^n$	0,4 / 0,55

П, в знаменателе – для быстрорежущих сталей.римечание. В числителе приведены значения показателя степени для твердого
сплава

Таблица 1.16

Поправочный коэффициент K_{rp}, учитывающий влияние радиуса при вершине резца на силу резания

Радиус при вершине резца ***r***, мм	K_{rp}
0,5	0,87
1,0	0,93
2,0	1,0
3,0	1,04

Таблица 1.17

Ориентировочные значения углов γ и α при обработке различных материалов [1]

Обрабатываемый материал	Резцы из быстрорежущей стали		Резцы из твердых сплавов напайные	
	α,°	γ,°	α,°	γ,°
Углеродистые и легированные стали: $\sigma_B \leqslant 800$ МПа $\sigma_B = 800 \div 1100$ МПа $\sigma_B > 1100$ МПа	 8 8 8	 10 – 20 10 – 15 10 – 15	 6 – 8 6 – 8 6 – 8	 0 – 15 0 – 15 0 – 15
Серый чугун $\leqslant$ *HB* 220 > *HB* 220	 6 – 8 6	 6 – 12 0 – 6	 6 – 8 6 – 8	 10 – 15 0 – 10

Таблица 1.18

Рекомендованные размеры радиусов при вершине резца *r*, мм [1].

Резцы	Размеры $H \times B$		
	12 × 2 16 × 10	16 × 12 16 × 16 20 × 12	20 × 16 20 × 20 25 × 16
Расточные	0,5 (1,0)	1,0 (1,6)	
Проходные подрезные	0,5	1,0	

Примечание. Несовпадающие значения размеров быстрорежущих резцов приведены в круглых скобках.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П1.1

Подачи, мм /об при чистовом точении

Параметр шероховатости поверхности, мкм		Радиус при вершине резца r, мм					
Ra	*Rz*	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63		0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	–	0,1	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,50		0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
–	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примечание: Подачи даны для обработки сталей с $\sigma_в$ = 700 ÷ 900 МПа и чугунов; для сталей с $\sigma_в$ = 500 ÷ 700 МПа значение подач умножать на коэффициент K_S = 1,25; для сталей с $\sigma_в$ = 900 ÷ 1100 МПа значения подач умножать на коэффициент K_S = 0,45.

Таблица П1.2

Подачи, мм /об при черновом растачивании на токарных станках резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

Резец		Обрабатываемый материал					
Диаметр сечения резца	Вылет резца	Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная			Чугун и медные сплавы		
		Подача S, мм /об, при глубине резания t, мм					
		2	3	5	2	3	5
10	50	0,08	–	–	0,12 –0,16	–	–
12	60	0,10	0,08	–	012– 0,20	0,12 – 0,18	–
16	80	0,1 – 0,2	0,15	0,1	0,2 – 0,3	0,15– 0,25	0,1– 0,18
20	100	0,2 – 0,3	0,15 –0,25	0,12	0,3 – 0,4	0,25– 0,35	0,12–0,25

Примечания. 1. Верхние пределы подач рекомендуются для меньшей глубины резания при обработке менее прочных материалов, нижние – для большей глубины и более прочных материалов.

2. См. примечание к табл.1. 4.

Таблица П1.3

Подачи, мм об., при прорезании пазов и отрезании

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье	Чугун, медные и алюминиевые сплавы
До 20	3	0,06 – 0,08	0,11 – 0,14
Св.20 до 40	3 – 4	0,1 – 0,12	0,16 – 0,19
» 40 » 60	4 – 5	0,13 – 0,16	0,2 – 0,24
» 60 » 100	5 – 8	0,16 – 0,23	0,24 – 0,32
» 100 » 150	6 – 10	0,18 – 0,26	0,3 – 0,4
» 150	10 – 15	0,28 – 0,36	0,4 – 0,55

Примечание:

1.При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм при приближении резца к оси детали до 0,5 радиуса табличные значения подачи следует уменьшить на 40 – 50 %.

2. При работе резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения умножить на коэффициент 0,8.

Таблица П1.4

Коэффициенты для расчета подачи при чистовом точении по формуле

$$S = \frac{C_s \cdot R_z^y \cdot r^u}{t^x \cdot \varphi^z \cdot \varphi_1^z}$$

Обрабатываемый материал	C_S	x	y	z	u
Сталь	0,008	0,3	1,4	0,35	0,7
Чугун	0,045	0,25	1,25	0,5	0,8

Таблица П1.5

Подачи, мм/об., при фасонном точении

Ширина резца, мм	Диаметр обработки, мм			
	20	25	40	60 и более
8	0,03 – 0,09	0,04 – 0,09	0,04 – 0,09	0,04 – 0,09
10	0,03 – 0,07	0,04 – 0,085	0,04 – 0,085	0,04 – 0,085
15	0,02 – 0,05	0,035 – 0,075	0,04 – 0,08	0,04 – 0,08
20	–	0,03 – 0,06	0,04 – 0,08	0,04 – 0,08
30	–	–	0,035 – 0,07	0,035 – 0,07
40	–	–	0,03 – 0,06	0,03 – 0,06
50 и более	–	–	–	0,025 – 0,055

Примечание: Меньшие подачи брать для более сложных и глубоких профилей и твердых металлов больше – для простых профилей и мягких металлов.

Таблица П1.6

Величина врезания $l_{вр}$ и перебега $l_{пер}$ при работе резцами

Резцы		Глубина резания t											
		1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
		Величина врезания l_1											
Проходные и расточные с углом в плане φ	15°	5	9	13	16	20	24	28	31	39	–	–	–
	30°	3	5	7	8	10	12	14	15	19	22	26	29
	45 °	2	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	60 °	1	2	3	3	4	4	5	5	6	7	9	11
	75 °		1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
	90°	3											5
Подрезные		При работе в упор – 3 При работе на проход – 5											
Отрезные													
Прорезные													
Фасонные		3											

Таблица П.1.7

Значение коэффициента C_V и показателей степени в формулах скорости резания при обработке резцами

Вид обработки	Материал режущей части	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			C_V	x	y	m
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_в$						
Наружное продольное точение проходными резцами	Т15К6*	S до 0,3 S св.0,3 до 0,7 $S > 0,7$	420 350 340	 0,15	0,20 0,35 0,45	 0,2
То же резцами с дополнительным лезвием	Т15К6*	$S \le t$ $S > t$	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
Отрезание	Т5К10* Р18**	–	47 23,7	 –	0,80 0,66	0,20 0,25
Фасонное точение	Р18**		22,7	–	0,50	0,30
Нарезание крепежной резьбы	Т15К6	–	244	0,23	0,30	0,20
	Р6М5	Черновые ходы: $P \le 2$мм > 2мм	 14,8 30	 0,70 0,60	 0,30 0,25	 0,11 0,08
		Чистовые ходы	41,8	0,45	0,30	0,13
Вихревое нарезание резьбы	Т15К6*	–	2330	0,50	0,50	0,50
Обработка серого чугуна,НВ 190						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК6*	$S \le 0,40$ $S > 0,4$	292 243	 0,15	0,20 0,40	 0,20
Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	ВК6*	$S \le t$ $S > t$	324 324	0,40 0,20	0,20 0,40	0,28 0,28
Отрезание	ВК6*	–	68,5	–	0,40	0,20
Нарезание крепежной резьбы			83	0,45	–	0,33
Обработка ковкого чугуна, НВ 150						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК8*	$S \le 0,40$ $S > 0,40$	317 215	0,15 0,15	0,20 0,45	0,20 0,20
Отрезание	ВК6*	–	86	–	0,4	0,20

*Без охлаждения.

** С охлаждением.

Примечания: 1. При внутренней обработке (растачивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимать скорость резания, равную скорости резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.

2. При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стальных отливок резцами из быстрорежущей стали вводить поправочный коэффициент на скорость резания 0,8.

3. При отрезании и прорезании с охлаждением резцами из твёрдого сплава Т15К6 конструкционных сталей и стальных отливок вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4.

4. При фасонном точении глубокого и сложного профиля на скорость резания вводить поправочный коэффициент 0,85.

5. При обработке резцами из быстрорежущей стали термообработанных сталей скорость резания для соответствующей стали уменьшать, вводя поправочный коэффициент 0,95 – при нормализации, 0,9 – при отжиге, 0,8 – при улучшении.

6. Подача *S* в мм /об.

Таблица П1.8

Режимы резания при тонком точении и растачивании

Обрабатываемый материал	Материал режущей части	Параметр шероховатости поверхности *Ra*, мкм	Подача, мм /об	Скорость резания, мм /мин
Сталь $\sigma_в < 650$МПа $\sigma_в = 650 \div 800$МПа $\sigma_в > 800$МПа	Т30К4	1,25 – 0,63	0,06 – 0,12	250 – 300 150 – 200 120 – 170
Чугун: *НВ* 149 – 163 *НВ* 156 – 229 *НВ* 170 – 241	ВК3	2,5 – 1,25		150 – 200 120 – 150 100 – 120

Примечание:

1. Глубина резания 0,1 – 0,15 мм.

2. Предварительный проход с глубиной резания 0,4 мм улучшает геометрическую форму обработанной поверхности.

3. Меньшие значения параметра шероховатости поверхности соответствуют меньшим подачам.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Справочник инструментальщика, М. Машиностроение, 1987. 846 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя, т.2. М: Машиностроение. 1986. 496 с.

   Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. – М.: Машиностроение –1. 2001. – 944 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога./А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А. А. Панова.– М.: Машиностроение . 1988. – 736 с.: ил.

2.РАБОТА. ВЫБОР И ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

2.1.Общие сведения.

Обработка металлов режущими инструментами на станках при изготовлении деталей, запчастей и производстве ремонтов является трудоемким процессом. От того, насколько правильно выбран набор металлорежущего инструмента, подобран соответствующий станок, в значительной степени зависит и точность обработки, и себестоимость детали.

Оптимизация процесса резания предполагает назначение величины углов заточки инструмента в зависимости от конкретных свойств обрабатываемого материала с учетом прочностных свойств инструментального материала и схемой обработки.

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип оборудования.

Элементы режима резания обычно устанавливаются в порядке, указанном ниже.

Глубину резания ***t,*** мм: при черновой обработке назначают, по возможности, максимальную, равную всему припуску на обработку или большей его части (при дальнейшей чистовой обработке); при чистовой обработке – в зависимости от шероховатости обрабатываемой поверхности.

Число ходов ***i***, назначается больше одного, если величина припуска превышает допустимую глубину резания ***t.***

Подача ***S,*** мм/об: при черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, учитывая жесткость и прочность системы СПИД, эффективную мощность станка; при чистовой обработке – в зависимости от шероховатости обрабатываемой поверхности.

Скорость резания ***V,*** м/мин: рассчитывается по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки, или принимается по справочным таблицам [1].

2.2. Выполнение работы.

2.2.1.Цель работы.

Научиться правильно выбирать инструмент, металлорежущий станок, режимы резания для обработки заданной детали.

2.2.2.Задание по работе.

Получив от преподавателя эскиз детали, с указанием поверхности, подлежащей обработке, необходимо установить тип и вид инструмента, необходимый для обработки; подобрать по размерам детали и инструмента станок; выбрать оптимальные режимы резания и рассчитать основное технологическое время – T_O.

2.2.3.Ход работы.

2.2.3.1. По размерам, конфигурации и виду обрабатываемой поверхности, пользуясь предложенной литературой, подобрать тип, вид и размеры режущего инструмента.
2.2.3.2. Исходя из материала обрабатываемой детали, вида и условий обработки установить оптимальную геометрию режущей части инструмента [2], [3].
2.2.3.3. Начертить эскиз режущего инструмента, используя типовые примеры, приведенные в альбоме [3]. На эскизе указать размеры инструмента и геометрию режущей части, материал режущей части.
2.2.3.4. Руководствуясь размерами детали и режущего инструмента, используя справочник технолога – машиностроителя [2], подобрать конкретный металлорежущий станок. Дать полную расшифровку модели станка. Ознакомиться с устройством данного станка [4] или, станка такого типа, с его технологическими возможностями.
2.2.3.5. Начертить схему обработки детали, выбранным инструментом, показать взаимное их положение при обработке, стрелками показать движения резания и подачи, вспомогательные движения.
2.2.3.6. Выбрать режим обработки [2]; выбранные значения сверить с данными станка. Рассчитать основное технологическое время на обработку заданной поверхности (или поверхностей) [1]. Полученные данные свести в табл.2.1. Допускается скорость резания не рассчитывать, а принимать рекомендуемую по таблицам [1].

2.3. Оформление отчета

Эскиз инструмента и схема обработки вычерчиваются на специальном бланке. Ответы на контрольные вопросы даются устно, либо, по указанию преподавателя, письменно.

Таблица 2.1

Режимы резания для обработки заданной детали

Поверхность	Диаметр, мм	Длина, мм	***t***, мм	***S*** *	***n***, об /мин	***V***, м /мин	T_O, мин

* – размерность подачи в зависимости от способа обработки.

2.4. Характеристика методов обработки металлов.

2.4.1. Сверление – процесс получения сквозных и глухих отверстий в сплошном материале на сверлильных, токарных, револьверных, расточных, агрегатных и других станках. Точность изготовления отверстий при сверлении – 4 – 5-й класс. Отверстия более высокой точности получают после сверления растачиванием, зенкерованием или развёртыванием.
Главное движение при сверлении – вращательное, движение подачи – поступательное. При работе на сверлильных станках оба движения осуществляет сверло, при работе на других станках вращение совершает обрабатываемая заготовка, поступательное осевое движение – сверло.

Производительность сверления характеризуется основным технологическим временем: $T_O = L / (n \times S)$ мин, где L – длина прохода сверла в мм в направлении подачи.

Зенкерование – способ обработки поверхностей отверстий, предварительно просверлённых, полученных горячей или холодной штамповкой и литьём. Зенкерование. применяют при обработке цилиндрических отверстий, углублений под головки или шейки болтов и винтов, торцевых поверхностей бобышек под шайбы, упорные кольца и т. п. Зенкерование является также промежуточной операцией после сверления перед развёртыванием. Повышает точность и чистоту поверхности, т. к. зенкер в отличие от сверла, имеет больше режущих кромок. Отверстие, полученное зенкерованием, имеет более точное ,по сравнению со сверлёным, направление оси, поэтому зенкерование широко применяют при чистовой и получистовой обработке. Зенкерование выполняется на сверлильных, револьверных и расточных станках.

При обработке отверстий используют различные виды осевого инструмента.

Последовательность и число выполняемых ими операций зависят от требуемой точности отверстия, его диаметра, шероховатости поверхности, а также от того, обрабатывается отверстие в сплошном материале или полученное в литой или штампованной заготовке (табл.2.2 и 2.3).

Развёртывание – одна из разновидностей обработки отверстий резанием (после сверления и зенкерования) многолезвийным режущим инструментом – развёрткой. В результате чернового развёртывания снимается припуск на обработку **не более 0,5 мм на диаметр**, обеспечиваются шероховатость поверхности 7-го класса, точность 3-го класса. **При чистовом развёртывании снимается припуск не более 0,2 мм**; шероховатость – до 9-го класса, точность – до 2-го.

Развёртывание, одна из разновидностей обработки отверстий резанием (после сверления и зенкерования) многолезвийным режущим инструментом – развёрткой. В результате чернового развёртывания снимается припуск на обработку не более 0,5 мм на диаметр, обеспечиваются шероховатость поверхности 7-го класса, точность 3-го класса. **При чистовом развёртывании снимается припуск не более 0,2 мм**; шероховатость – до 9-го класса, точность – до 2-го.

Число зубьев ***z*** разверток зависит от их конструкции (для стандартных разверток оно приводится в соответствующих ГОСТах), для конструкций, аналогичных стандартным, число зубьев можно принять равным стандартному или определить по графикам на (рис. 2.1).

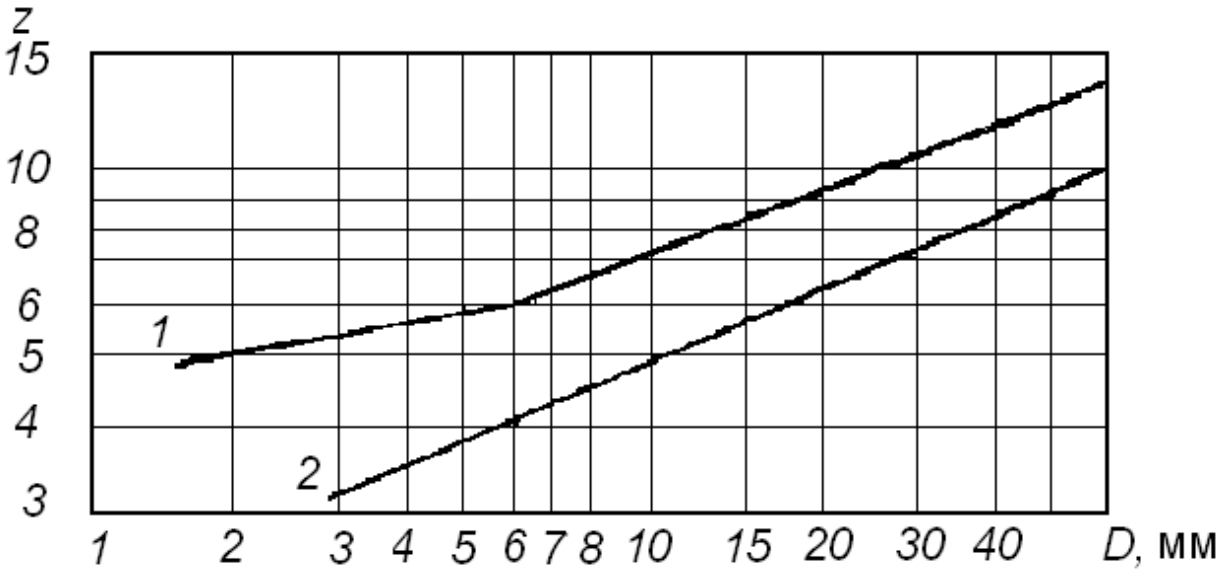


Рис. 2.1. Зависимость числа зубьев развертки от диаметра обработки:
1 – для разверток из быстрорежущей стали;
2 – для разверток, оснащенных твердым сплавом

Режим резания при сверлении.

Глубина резания. При сверлении глубина резания $t = 0{,}5D$ (рис. 2.2, *а*), при рассверливании; зенкеровании и развертывании $t = 0{,}5\ (D - d)$ (рис. 2.2, *б*). При зенкеровании глубина резания *t* принимается в зависимости от диаметра *D*.

D, мм	до 18	18 – 30	30 – 50	50 – 80	80 – 100
2*t*,мм	2,5 – 3,5	4 – 4,5	5,5 – 8	7 – 10	8 – 10

При развёртывании глубина резания *t* принимается в зависимости от диаметра $t = 0{,}15 \div 0{,}5$, мм.

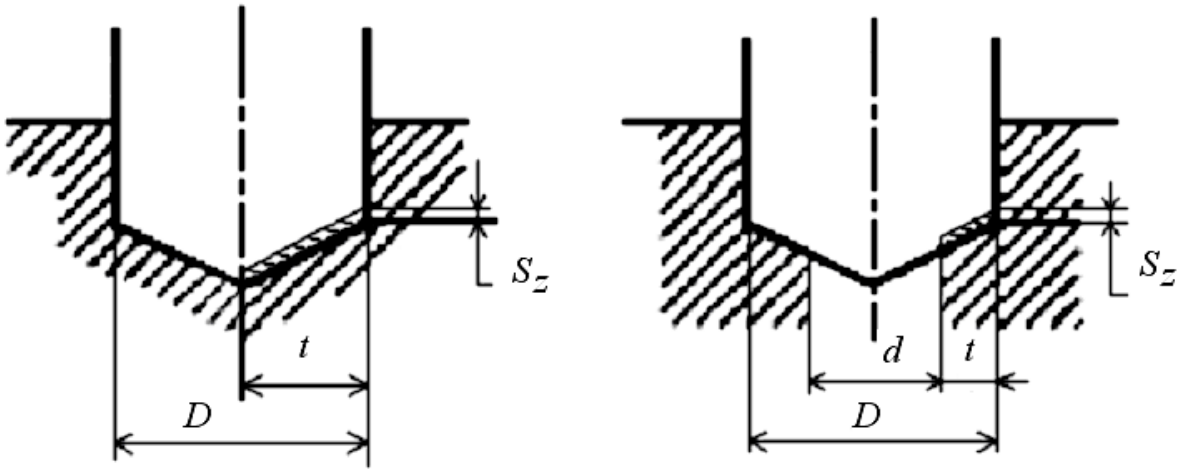
Подача. При сверлении отверстий выбираем подачу по табл.2.6. При рассверливании отверстий подача, рекомендованная для сверления, может быть увеличена до 2 раз (табл.2.15). При наличии ограничивающих факторов подачи при сверлении и рассверливании равны. Их определяют умножением табличного значения подачи на соответствующий поправочный коэффициент, приведенный в примечании к таблице.

Подачи при зенкеровании и развертывании приведены в (табл.2.6).

Таблица 2.2.

Качество отработанной поверхности отверстий

Способ обработки	Диаметр отверстия	Квалитет	*Rz*, мкм	Глубина наружного слоя, мкм
Сверление спиральными сверлами	3 – 6 св. 6 до 10 >> 10 >> 18 >> 18 >> 50	12 – 13	20 – 10 40 – 20 80 – 40	40 50 60 70
Зенкерование черновое	18 – 30 св. 30 до 80 до 80	11	80 – 40	40 50 –
однократное	до 30 св. 30 до 80	10 – 11	40 – 20	30 40
Развертывание: черновое чистовое	6 – 8	10 6 – 7	10 – 6,3 6,3 – 3,2	–



а) *б)*

Рис. 2.2. Схема резания при сверлении.

Таблица 2.3.

Последовательность обработки отверстий с использованием сверления, зенкерования и развёртывания

Квалитет	Шероховатость поверхности, мкм	Обработка отверстий	
		в сплошном материале	полученных литьём или штампованной
12 – 13	*Rz* = 80 – 20	сверление без кондуктора	зенкерование
11	*Rz* = 40 – 20	Диаметром до 30 мм – сверлить одним сверлом по кондуктору или сверление и зенкерование. Диаметром более 30 мм – сверление и зенкерование	Зенкерование (двукратное)
8 – 10	*Ra* = 2,5 – 2,0	Диаметром до 20 мм встали и диаметром до 25 мм в чугуне – сверление и развёртывание, Диаметром более 20 мм в стали и более 25 мм в чугуне – сверление зенкерование и развёртывание.	Зенкерование (одно- или двукратное) и развёртывание (однократное)
7 – 8	*Ra* = 2,5 – 0,63	Диаметром до 12 мм – сверление, развёртывание (одно- или двукратное). Диаметром более12 мм – сверление, зенкерование, развёртывание (одно- или двукратное)	Зенкерование (одно- или двукратное) и развёртывание (одно- или двукратное)

Скорость резания. Скорость резания, м /мин, при сверлении

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v,$$

а при рассверливании, зенкеровании, развертывании

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v.$$

Значения коэффициентов C_V и показателей степени приведены для сверления в табл.П2.2.1, для рассверливания, зенкерования и развертывания – в табл. П2.2.2, а значения периода стойкости T – в табл. 2.4.

Скорость резания также может быть определена по таблицам [1]

$$V = V_{\text{ТБ}} \cdot K_V,$$

где $V_{\text{ТБ}}$ – скорость резания, определяемая по табл.2.7;

K_V – поправочный коэффициент, учитывающий конкретные значения условий резания: механические свойства обрабатываемого материала, состояние заготовки, материала инструмента и т.п.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, $K_v = K_{\text{МV}} K_{\text{ИV}} K_{lv}$,

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал см. табл.1.7, 2.8, 2.12, 2.20, 2.22;

$K_{\text{ИV}}$ – коэффициент, учитывающий инструментальный материал см. табл.1.8;

K_{lV} – коэффициент, учитывающий глубину сверления табл. 2.10 и 2.14.

При рассверливании и зенкеровании литых или штампованных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент $K_{\text{пv}}$ (табл. 1.9).

Основное технологическое время при сверлении:

$$T_{\text{о}} = \frac{L}{n \cdot S_{\text{о}}} \cdot; L = l + l_1 + l_2,$$

где L – общая длина рабочего хода инструмента. l_1 и l_2 см. табл.П2.2.4.

Таблица 2.4

Средние значения периода стойкости сверл, зенкеров и разверток

Инструмент (операция)	Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость *T*, мин, при диаметре инструмента, мм							
			До 5	6–10	11–20	21–3	31–40	41–50	51–60	61–80
Сверло (сверление и рассверливание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70	90	110	–
		Твердый сплав	8	15	20	25	35	45	–	–
	Коррозионно-стойкая сталь	Быстрорежущая сталь	6	8	15	25	–	–	–	–
Сверло (сверление и рассверливание)	Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	Быстрорежущая сталь	20	35	60	75	105	140	170	–
		Твердый сплав	15	25	45	50	70	90	–	
Зенкеры (зенкерование)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь, серый и ковкий чугун	Быстрорежущая сталь и твердый сплав	–	–	30	40	50	60	80	100
Развертки (развертывание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	–	25	40	80	80	120	120	120
		Твердый сплав	–	20	30	50	70	90	110	140
	Серый и ковкий чугун	Быстрорежущая сталь	–	–	60	120	120	180	180	180
		Твердый сплав	–	–	45	75	105	135	165	210

Рекомендуемые режимы резания при сверлении деталей из стали, алюминиевых сплавов и чугуна

Таблица 2.5

Рекомендуемые группы подач при обработке отверстий в зависимости от условий обработки

Вид обработки	Условия обработки	Группа подач
Сверление	Сверление сверлами из быстрорежущей стали с точностью не выше 12-го квалитета	I
	Сверление сверлами из быстрорежущей стали пониженной жесткости системы приспособление – деталь, сверление твердосплавными сверлами с точностью не выше 12-го квалитета	II
	Сверление под чистовое зенкерование или развертывание, под нарезание резьбы, наклонных отверстий и т. п.	III
Зенкерование	Черновое зенкерование	I
	Зенкерование с точностью не выше 12-го квалитета под нарезание резьбы и под следующее развертывание черновой разверткой	II
	Зенкерование с точностью по 11-му квалитету и под чистовое развертывание	III
Развертывание	Черновое развертывание под чистовое	I
	Однократное развертывание или после чернового развертывания	II

Таблица 2.6

Подачи S_O*, мм /об, при обработке отверстий в деталях из стали, чугуна и алюминиевых сплавов

Вид обработки		Группа подач	d, мм										
			2, 5	4	6	10	12	16	20	25	32	40	60
При обработке отверстий в стальных деталях													
Сверление при отношении $\frac{L_{рез}}{d}$	≤ 3	I	0,04	0,08	0,12	0,16	0,22	0,28	0,32	0,4	0,45		
	$4 \div 8$		0,03	0,06	0,1	0,14	0,18	0,22	0,28	0,32	0,36		
	> 8	II			0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,3		
		III	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,16	0,18	0,2		
Зенкерование		I II III	–			0,4 0,3 0,25	0,45 0,32 0,27	0,5 0,35 0,3	0,6 0,4 0,35	0,65 0,45 0,4	0,7 0,5 0,45	0,8 0,6 0,5	0,9 0,7 0,6
Развертывание		I II	–			0,5 0,35	0,6 0,45	0,7 0,5	0,9 0,6	1, 0 0,7	1, 1 0,8	1,3 1,0	1,5 1,1
Цекование при разности диаметров, мм	5	–	–			–		0,2	0,25	0,28	0,3	0,35	0,4
	10									0,25	0,27	0,3	0,32
	20											0,2	0,25
	30		–										0,12
Зенкование						–	0,06	0,08	0,1	0,13	0,15	0,18	0,25
При обработке отверстий в чугунных деталях													
Сверление при отношении $\frac{L_{рез}}{d}$	≤ 8 $4 – 8$	I	0,06 0,05	0,12 0,1	0,18 0,15	0,24 0,2	0,3 0,25	0,35 0,3	0,45 0,35	0,5 0,4	0,55 0,45	0,6 0,5	
	≤ 8 ≤ 8	II III	0,04 0,03	0,08 0,06	0,1 0,08	0,12 0,09	0,16 0,12	0,18 0,15	0,22 0,16	0,25 0,18	0,3 0,22		
Зенкерование		I II III				0,4 0,3 0,25	0,45 0,35 0,28	0,5 0,4 0,3	0,55 0,45 0,35	0,6 0,5 0,4	0,7 0,55 0,45	0,8 0,6 0,5	0,9 0,65 0,55
Развертывание		I II					1,0 0,6	1,1 0,7	1,2 0,8	1,3 0,9	1,5 1,0	1,8 1,2	2,1 1,4
Цекование Зенкование							0,23 0,1	0,25 0,15	0,78 0,2	0,30 0,25	0,33 0,3	0,35 0,35	0,4 0,4

Окончание табл. 2.6

Вид обработки		Группа подач	d, мм										
			2,5	4	6	10	12	16	20	25	32	40	60
При обработке отверстий в деталях из алюминиевых сплавов													
Сверление, при отношении $\frac{L_{рез}}{d}$	≤ 3	I	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	1,0	
	$4 \div 8$	II	0,08	0,25	0,27	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,75	
	< 8	III	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	
Зенкерование		I						0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7
		II					–	0,5	0,6	0,9	1,0	1,1	1,3
		III						0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9
Развертывание		I					0,6	07	08	09	1 0	1,1	1,3
		II					0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,7	0,9

* При *HB* < 229 для стали и *HB* 200 для чугуна табличную подачу на оборот инструмента принимать с коэффициентом 1,2, а при *HB* > 229 для стали и *HB* > 240 для чугуна – 0,8. При зенкеровании и развертывании глухих отверстий принимать S_o не более 0,5 мм / об. Для отверстий с точностью по 7-му квалитету и *Ra* = 1,6 мкм подачи уменьшать на 50% по сравнению с указанными в таблице. Для твердосплавных разверток подачу принимать с коэффициентом 0,7.

Таблица 2.7

Скорость резания *V*, м/мин при обработке отверстий в стальных деталях

S_O, мм /об, до	Сверление						
	d, мм, не более						
	2,4	4	6	8	10	12	16
0,06	17/39	22/54	26/68	30/75	33/86	36/98	42/115
0,1		17/44	20/56	23/62	26/74	28/82	32/96
0,15			18/48	20/52	22/60	24/72	27/80
0,2			15/42	17/46	18/50	20/56	23/64
0,3				14/37	16/42	17/46	19/51
0,4						14/37	16/42

окончание табл. 2.7

S_o, мм /об, до	Сверление				Зенкерование			Цекование и зенкование
	d, мм, не более							
	20	25	32	40	20	40	> 40	
0,06	-	-	-	-	-	-		22/54
0,1	38/112				46/116			22/52
0,15 0,2	30/92 25/72	33/98 27/78	35/105 30/84	40/110 33/92	38/92 33/78	38/92	43/104	20/50 18/48
0,3 0,4 0,6	21/56 18/46 14/37	23/62 19/52 15/40	25/68 21/56 17/45	28/74 22/62 19/50	26/68 23/60 20/54	30/78 26/68 22/60	35/88 30/78 24/65	17/45 16/42 14/40
0,8 1,0	–		–	15/40 –	16/45	19/52 17/45	21/58 19/50	–

Примечание. В числителе приведены скорости резания при обработке инструментом из быстрорежущей стали, в знаменателе – из твердого сплава.

Поправочные коэффициенты на скорость резания

Таблица 2.8

Коэффициент k_{MV} в зависимости от характеристики обрабатываемого материала

Марка обрабатываемой стали		30, 35, 40			45, 50			30Х, 35Х, 40Х			30ХГТ	35ХГС	
НВ		207	229	259	229	269	302	207	255	332	197	241	321
Материал рабочей части режущего инструмента	Быстрорежущая сталь	1,3	1,1	0,9	1.0	0,9	0,7	1,0	0,8	0,6	0,7	0,6	0,5
	Твердый сплав	1,2	1,0				0,8		0,9	0,7	0,95	0,8	0,7

Таблица 2.9

Коэффициент k_{TV} в зависимости от периода стойкости инструмента

Инструмент	Материал рабочей части	Период стойкости *T*, мин

	режущего инструмента	≤ 15	30	60	100	150	200	250	300	400
Сверла, зенкеры, цековки	Быстрорежущая сталь	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9		0,8	0,75	0,65
Сверла, зенкеры,	Твердый сплав	1,6	1,35	1,15		0,85				

Таблица 2.10

Коэффициент k_{lV} в зависимости от глубины обработки

Инструмент	Отношение длины резания к диаметру					
	≤ 3	4	5	6	8	10
Сверла	1	0,85	0,75	0,7	0,8	0,5
Зенкеры	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7

* При сверлении инструментом с двойной заточкой табличные значения скорости резания увеличивать на 10 – 15 %.

Таблица 2.11

Скорость резания *V*, м/мин при обработке отверстий в чугунных деталях

S_O, мм /об, не более	Сверление											Зенкерование			Цекование и зенкование
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	20	40	> 40	
0,06	21	24	27	30	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	23
0,1	–	21	23	25	26	28	30	31	33			45			23
0,15		17	19	20	22	23	25	26	28	30	32	39	43	41 36	22
0,2			17	18	19	20	22	23	24	26	28 25	35 31	38	32	21
0,3			15	16	17	18	20	21	22	24	22	27	24	27	20
0,4					15	16	17	18	19	21	20	23	30	24	19
0,6		–	–	–			15	16	17	18	16	21	25		18
0,8					–	–				15			23		
								–							–

Примечание. При сверлении и зенкеровании твердосплавным инструментом скорости резания увеличивать в 2,5 раза, при цековании – в 2 раза.

Поправочные коэффициенты на скорость резания

Таблица 2.12

Коэффициент k_{MV} в зависимости от характеристики обрабатываемого металла

HB	143 – 207	163 – 229	170 – 241	Св. 241
k_{MV}	1,15	1,0	0,9	0,8

Таблица 2.13

Коэффициент k_{Tv} в зависимости от периода стойкости инструмента T_M

Инструмент	Материал рабочей части режущего инструмента	T_M, мин								
		30	60	100	150	200	250	300	400	600
Сверла и зенкеры	Быстро-режущая сталь	1,2	1,1	1,0	0,95	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7
	Твердый сплав	1,65	1,25		0,85	0,75	0,7	0,65	0,55	0,5
Цековки и зенкеры	Быстро-режущая сталь	1,4	1,15		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65
	Твердый сплав	1,5	1,2		0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,55

Таблица 2.14

Коэффициент k_{lV} в зависимости от глубины обработки

Инструмент	Отношение длины резания к диаметру					
	≤ 3	4	5	6	8	10
Сверла и зенкеры	1	0,85 0,9	0,75 0,85	0,7 0,8	0,8 0,75	0,5 0,7

Рекомендуемые режимы резания при рассверливании деталей из стали, алюминиевых сплавов и чугуна

Таблица 2.15

Подача S_O, мм /об

Диаметр рассвер-	Диаметр просвер-свер-	Материал деталей	
		Сталь и алюминиевые сплавы	Чугуны
		Группа подач	

ливания, мм	ленного отвер-	I	II	III	I	II	III
30	10	0,4 - 0,65	0,3 - 0,4	0,2 - 0,3	0,5 - 0,65	0,4 - 0,5	0,25 - 0,35
	15				0,6 - 0,7		
40	20	0,45 - 0,7	0,35-0,45	0,3 - 0,4	0,65 - 0,75	0,45 - 0,55	0,35 - 0,45
	15		0,3 -0,4	0,2 -0,3	0,6 -0,7	0,35 -0,45	0,25 - 0,35
50	20	0,5 - 0,75	0,35-0,45	0,3- 0,4	0,65 - 0,75	0,4 - 0,55	0,35 - 0,45
	30	0,6 - 0,8	0,4 - 0,5		0,6 - 0,7	0,45 - 0,6	
	20	0,4 - 0,65	0,35-0,45			0,4 - 0,5	
	30	0,5 - 0,7	0,4-0,5			0,45 - 0,55	
	40	0,6 - 0,8	0,45-0,55	0,4 -0,5	0,7 - 0,8	0,5 - 0,6	0,45 - 0,6
60	30	0,45-0,65	0,4-0,5		0,6 - 0,7	0,45 - 0,6	0,35 - 0,45
	40	0,5 - 0,7	0,45-0,55	0,3 - 0,4	0,8 - 0,9	0,55 - 0,65	0,4 - 0,5
	50			0,4 - 0,5	0,9 - 1,0		0,5 - 0,6

I группа подач применяется при рассверливании отверстий в жестких деталях с точностью до 12-го квалитета; II группа – соответственно в нежёстких деталях под последующую обработку несколькими инструментами; III группа – под последующую обработку одним зенкером или одной разверткой

Таблица 2.16

Скорость резания *V*, м/мин.

Диаметр рассверливания *D*, мм	Диаметр просверленного отверстия *d*, мм	Материал деталей												
		Сталь				Серый чугун						Алюминиевые сплавы		
		S_O, мм/об, не более												
		0,4	0,5	0,6	0,8	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,3	0,5	0,8
30	10	30	26	24	20	37	32	29	24	22		132	78	60
	15	31	27	25	22	39	33	30	25	23		140	81	65
	20	33	30	27	23	41	35	31	27	24		160	90	70

окончание табл. 2.16

Диаметр рассверливания *D*, мм	Диаметр просверленного отверстия *d*, мм	Материал деталей												
		Сталь				Серый чугун						Алюминиевые сплавы		
		S_O, мм/об, не более												
		0,4	0,5	0,6	0,8	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,3	0,5	0,8

40	15 20 30	27 30 35	24 27 31	22 25 28	19 21 24	–	32 34 36	30 31 32	25 26 27	22 23 25	–	95 105 120	72 80 93	57 63 72
50	20 30 40	27 29 33	24 26 30	22 23 27	19 20 23		31 32 34	27 29 31	23 24 26	21 22 24		90 100 112	72 78 90	57 60 70
60	30 40 50	78 30 33	27 31	71 24 25	19 21 24		– –	28 29 31	24 25 26	21 22 24	20 21	95 105 120	75 82 95	57 63 72

Примечание. При рассверливании отверстий твердосплавными сверлами скорость резания увеличивать в 2 раза.

Поправочные коэффициенты на скорость резания

Таблица 2.17

Коэффициент k_{TV} в зависимости от стойкости инструмента

Материал инструмента	Период стойкости $T_м$, мин										
	30.	60	100	150	200	250	300	400	600	800	1000.
Быстрорежущая сталь	1,2	1,1	1,0	0,95	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5
Твердый сплав	1,65	1,25		0,85	0,75	0,7	0,65	0,55	0,5	0,45	0,4

Таблица 2.18

Коэффициент k_{MV} в зависимости от характеристики обрабатываемого металла

HB	143 – 207	163 – 229	170 – 241	> 241
k_{MV}	1,15	1,0	0,9	0,8

Таблица 2.19

Скорость резания при развертывании отверстий в стальных деталях

Квалитет	Параметр шероховатости, *Ra*, мкм	*V*, м /мин
7 - 8	1,6 3,2	2 – 4 4 – 6
9 - 10	3,2 6,3	4 – 8 9 – 16

Таблица 2.20

Поправочный коэффициент k_{MV} на скорость резания в зависимости от обрабатываемого металла

Сталь углеродистая				Сталь легированная	
30, 40, 45		A12, A20	15, 20	нормализованная	улучшенная
нормализованная	улучшенная				
1,0	0,85	1,15	0,9	0,85	0,7

Таблица 2.21

Режимы резания при развертывании отверстий в чугунных деталях

Квалитет	Параметры шероховатости поверхности *Ra*, мкм	*V**, м/мин	Квалитет	Параметры шероховатости поверхности *Ra*, мкм	*V* *, м/мин
7 – 8	1,6 3,2	7 – 9 9 – 11	9 – 10	3,2 6,3	12 – 14 14 – 16

* Для твердосплавных разверток принимать скорость резания 30 — 40 м/мин.

Таблица 2.22

Поправочный коэффициент k_{MV} на скорость резания в зависимости от обрабатываемого металла

Сталь углеродистая				Сталь легированная	
30, 40, 45		A12, A20	15, 20	нормализованная	улучшенная
нормализованная	улучшенная				
1,0	0,85	1,15	0,9	0,85	0,7

Таблица 2.23

Режимы резания при развертывании отверстий в чугунных деталях

Квалитет	Параметры шероховатости поверхности *Ra*, мкм	*V**, м/мин	Квалитет	Параметры шероховатости поверхности *Ra*, мкм	*V* *, м/мин

7 – 8	1,6 3,2	7 – 9 9 – 11	9 – 10	3,2 6,3	12 – 14 14 – 16

* Для твердосплавных разверток принимать скорость резания 30 – 40 м/мин.

2.4.2.Протягивание – процесс обработки металлов резанием на протяжных станках многолезвийным режущим инструментом – протяжкой. Применение протягивания целесообразно при обработке больших партий деталей, т. е. в крупносерийном и массовом производстве (ввиду сложности изготовления и высокой стоимости протяжек).

В зависимости от порядка срезания припуска при протягивании различают следующие виды резания: а) профильное, при котором все режущие зубья протяжки снимают припуск, но не участвуют в окончательном формировании поверхности, последний же зуб придаёт ей окончательную форму; б) генераторное, при котором каждый режущий зуб протяжки, срезая припуск, одновременно участвует в построении поверхности; в) прогрессивно-групповое, применяемое при снятии относительно больших припусков, когда все зубья, распределённые по группам (2 – 3 зуба), снимают слой металла не сразу по всей ширине, а частями.

Существуют свободный и координатный методы протягивания. При свободном методе протяжка обеспечивает получение только размеров и формы поверхности; при координатном, – кроме того, точное расположение обработанной поверхности относительно базовой.

Припуск под протягивание составляет для отверстий в поковках и отливках 2 – 6 мм; для отверстий, полученных сверлением, зенкерованием или растачиванием, 0,2 – 0,5 мм. Скорость резания при протягивании сравнительно низка (2 – 15 м/мин), однако производительность протягивания высока, т. к. велика суммарная длина одновременно работающих режущих кромок. Точность обработки при протягивании – 3 – 2-й класс; шероховатость обработанной поверхности – 7 – 9-й класс. Особенность процесса резания при протягивании – постоянное накопление стружки во впадинах перед каждым зубом. Для лучшего размещения стружки и предотвращения заклинивания протяжки зубья часто снабжаются стружколомающими канавками.

Режим резания при протягивании. Определение режима резания сводится к назначению скорости резания, т.к. толщина “a” и ширина “b” срезаемого слоя обусловлены конструктивными особенностями протяжки

Элементами резания при протягивании являются периметр резания $\sum B$ – наибольшая суммарная длина лезвий всех одновременно режущих зубьев, мм, подача на один зуб S_z, мм, и скорость резания v, м/мин.

Периметр резания зависит от формы и размеров обрабатываемой поверхности и схемы резания и определяется уравнением $\sum B = Bz_l / z_c$, где B – периметр резания, мм, равный длине обрабатываемого контура заготовки или больше её величину $1/\cos\lambda$ при наклонном расположении зубьев под углом λ; z_c – число зубьев в секции протяжки при прогрессивной схеме резания (при профильной или генераторной схемах резания $z_c = 1$); z_l – наибольшее число одновременно режущих зубьев, определяемое из выражения $z_l = l/t$, где l – длина обрабатываемой поверхности, мм (за вычетом пазов или выточек, если таковые имеются); t - шаг режущих зубьев, мм. Вычисленное значение z_l округляют до ближайшего целого числа.

Подача при протягивании S_Z – размерный перепад между соседними режущими зубьями протяжки (рис.2.3) – является элементом конструкции протяжки.

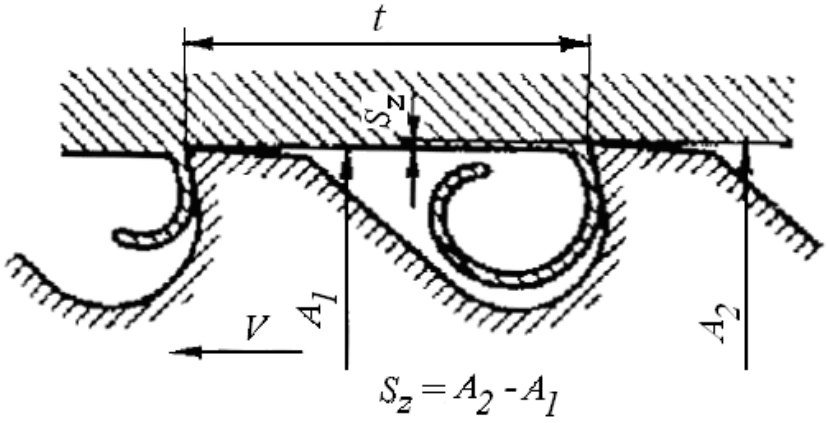


Рис.2.3 Схема срезания припуска при протягивании.

Скорость резания при протягивании – скорость относительного перемещения протяжки и заготовки в главном рабочем движении. Скорость резания, определяемую требованиями к точности обработки и параметрам шероховатости обработанной поверхности, выбирают по табл. 2.24 в зависимости от группы скорости. Устанавливаемой из табл. 2.25. При нормативной скорости резания заданный параметр шероховатости поверхности может быть достигнут при оптимальных значениях переднего и заднего углов, при наличии у протяжки чистовых и переходных зубьев.

Установленную нормативную скорость резания сравнивают с максимальной скоростью рабочего хода станка и скоростью резания,
м /мин допускаемой мощностью двигателя станка:

$$V = 61200\frac{N}{P_z}\eta,$$

где N – мощность двигателя станка, кВт;

P_z – сила резания при протягивании, Н;

η – КПД станка.

В качестве рабочей скорости принимают наибольшую из сравниваемых скоростей.

Сила резания, Н, при протягивании

$$P_z = P\sum B$$

где P – сила резания на 1 мм длинны лезвия, Н, зависящая от обрабатываемого материала и величины подачи S_Z, мм, на один зуб протяжки (табл.П2.2.7).

Таблица 2.24

Скорость резания, м /мин, для протяжек из быстрорежущей стали Р6М5

Группа скорости резания (см. табл.2.25)	Протяжки			
	цилиндрические	шлицевые	Шпоночные и для наружного протягивания	Всех типов
I	8/6	8/3	10/7	4
II	7/5	7/4.5	8/6	3
III	6/4	6/3.5	7/5	2.5
IV	4/3	4/2.5	4/3.5	2

Примечание: 1.В числителе приведены скорости резания при Ra = 3,2 ÷ 6,3 мкм и точности 8 – 9-го квалитетов, в знаменателе – при Ra = 1,6 мкм и точности 7-го квалитета; для протяжек всех типов – при Ra = 0,8 ÷ 0,4 мкм

2. При протягивании наружных поверхностей с допуском до 0,03 мм секциями протяжек с фасонным профилем скорости резания снижать до 4 – 5 м/мин.

3. Для протяжек из стали ХВГ табличные скорости резания снижать на 25 – 30 %.

Основное технологическое время для протягивания –

$$T_o = \left(\frac{L}{1000 \cdot V_{пр}} + \frac{L}{1000 \cdot V_{всп}} \right) \cdot i,$$

где $V_{ПР}$ – скорость протягивания; $V_{ВСП}$ – скорость вспомогательного хода протяжки; L – длина рабочего хода инструмента, мм.

Таблица 2.25

Группы скорости резания при протягивании стали и чугуна

Твердость *НВ*	Сталь						
	углеродистая и автоматная	марганцовистая и хромо-	хромистая	хромистая	хромокремнистая и	хромомарганцови-	хромокремнемар-

		ванадие-вая			крем-немар-ганцови-цови-стая	стая	ган-цовистая
До 156	IV	–	–	–		–	
Св. 156 до187	III	III	II		–	II	–
» 187 » 197	II		I	II		I	
» 197 » 229	I	II			II		II
» 229 » 269			II	III	III	II	
» 269 » 321	II	III	III		IV	IIII	III

Твердость *НВ*	Сталь						Чугун	
	никелевая	хромони никелевая	хромомарганцовомолибденовая	никель-молибденовая	хромомарганцовицистотитановая	хромоникель кельмолибденовая	серый	ковкий
До 156	–	–					–	
Св. 156 до187		III	–	–			I	I
» 187 » 197	IV			III	–	–		
» 197 » 229	III	II	I				II	
» 229 » 269	III		II	II	II	III		–
» 269 » 321	-	III	III	III	-	IV	-	

2.4.3.Фрезерование – процесс резания металлов и др. твёрдых материалов фрезой. Фрезерование применяется для обработки плоских и фасонных поверхностей (в т. ч. резьбовых поверхностей, зубчатых и червячных колёс) и осуществляется на фрезерных станках. Схема фрезерование цилиндрической фрезой показана на рис.2.4. Главное движение при фрезеровании – вращение инструмента, движение подачи – поступательное перемещение заготовки; скорость резания равна окружной скорости наиболее удалённых от оси фрезы точек её зубьев.

Существуют две возможные схемы фрезерования: против подачи (встречное фрезерование), когда в нижней точке контакта фрезы с обрабатываемой заготовкой векторы скорости резания и подачи противоположны (рис. 2.5, *а*), и по подаче (попутное фрезерование), когда эти век-

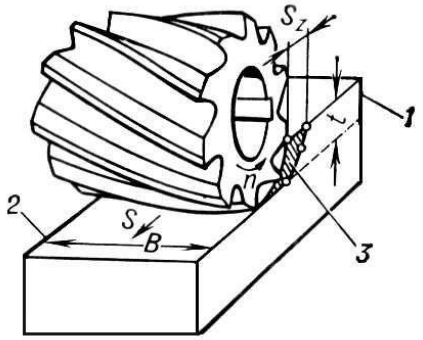


Рис. 2.4. Схема резания при фрезеровании цилиндрической фрезой:
1 – обрабатываемая поверхность;
2 – обработанная поверхность;
3 – поверхность резания.

торы совпадают (рис. 2.5, *б*). При черновом фрезеровании обычно применяется вторая схема, при чистовом фрезеровании – первая. Площадь поперечного сечения слоя металла, срезаемого зубом фрезы, меняется в каждый момент времени резания и, следовательно, меняются и действующие на зуб силы. Равномерное фрезерование может быть достигнуто при использовании фрез с винтовыми зубья ми, работа которых характеризуется примерным постоянством площади поперечного сечения срезаемого слоя металла. Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. Ее размеры определяются размерами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя. Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наименьшей величины, учитывая при этом жесткость - технологической системы, схему резания, форму и размеры обрабатываемой заготовки.

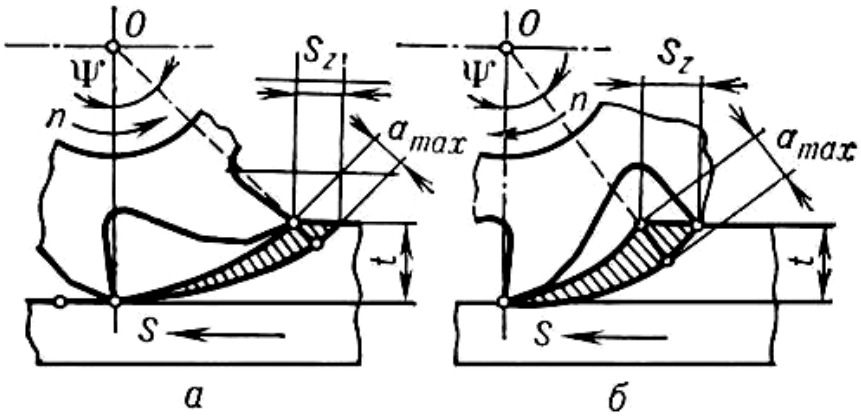


Рис. 2.5. Схемы фрезерования:
а – против подачи; *б* – по подаче
a_{max} – наибольшая толщина срезаемого слоя металла; Ψ – угол контакта фрезы.

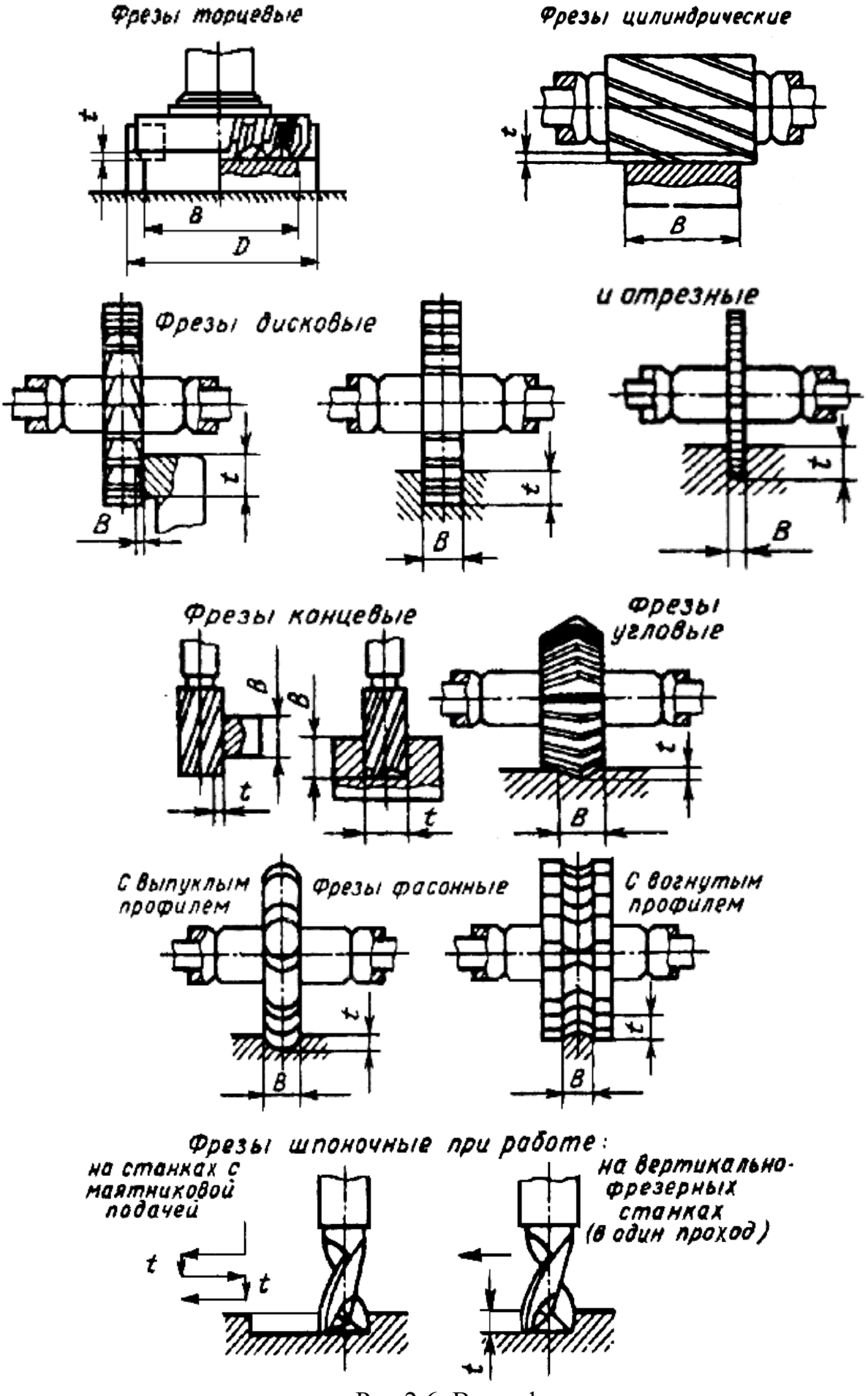


Рис.2.6. Виды фрез.

Таблица 2.26

Рекомендуемые значения габаритных размеров в мм и числа зубьев цельных фрез

Область применения	Вид фрезы										
	дисковая, трехсторонняя			цилиндрическая			торцевая			концевая	
	D	*d*	*z*	*D*	*d*	*z*	*D*	*d*	*z*	*d*	*z*
Обработка хрупких материалов и обработка с малыми глубинами	–	–	–	40	16	8–10	40	16	12	2–4	4
	50	16	14	50	22	8–10	50	22	14	6–8	5
	63	22	16	63	27	10–12	63	27	16	10–18	6
	80	27	18	80	32	10–14	80	27	18	20–30	8
	100	32	20	100	40	14–18	100	32	20	32–40	10
	125	32	22	125	50	16–20	125	40	22	50	12
	160	40	26	160	50	16–22	160	40	24	63	14
	200	40	30	–	–	–	–	–	–	–	–
Обработка сталей и обработка с увеличенными глубинами и подачами	–	–	–	40	16	6	40	16	8	2–6	3
	50	16	10	50	22	6	50	22	8	6–18	4
	63	22	10	63	27	8	63	27	10	20–30	5
	80	27	12	80	32	8	80	27	10	32–40	6
	100	32	14	100	40	10	100	32	12	50; 63	8
	125	32	16	125	50	10	125	40	14	–	–
	160	40	18	160	50	12	160	40	16	–	–
	200	40	20	–	–	–	200	50	20	–	–

При торцовом фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы D должен быть больше ширины фрезерования B, т. е. $D = (1{,}25 \div 1{,}5)\ B$, а при обработке стальных заготовок обязательным является их несимметричное расположение относительно фрезы: для заготовок из конструкционных углеродистых и легированных сталей - сдвиг их в направлении врезания зуба фрезы (рис. 2.7, *а*), чем обеспечивается начало резания при малой толщине срезаемого слоя; - для заготовок из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей - сдвиг заготовки в сторону выхода зуба фрезы из резания (рис. 2.7, *б*), чем обеспечивается выход зуба из резания с минимально возможной толщиной срезаемого слоя. Несоблюдение указанных правил приводит к значительному снижению стойкости инструмента.

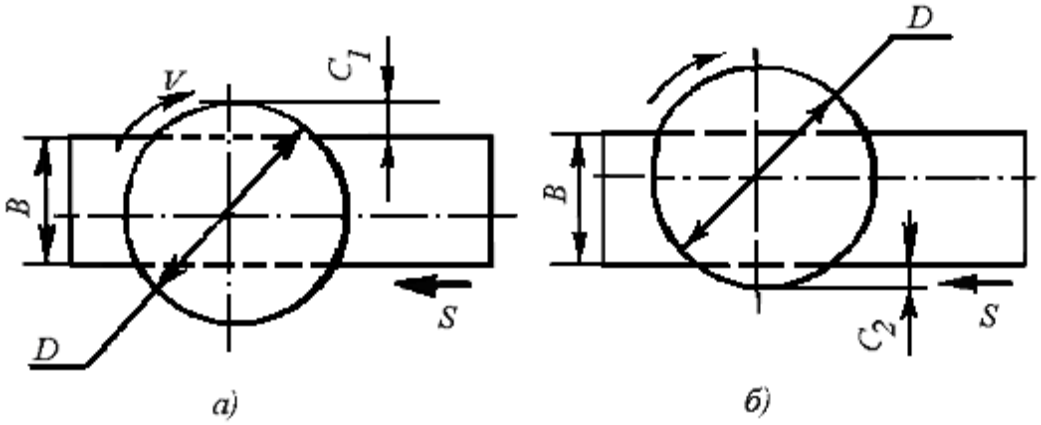


Рис. 2.7. Расположение стальной заготовкой при торцовом фрезеровании относительно фрезы:

а - врезание зуба фрезы при $c_1 = (0{,}03 \div 0{,}05)\ D$; *б* - выход зуба фрезы при $c_2 = 0$

Режим резания при фрезеровании.

Глубина фрезерования *t* и ширина фрезерования *B* – понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании. Во всех видах фрезерования, за исключением торцового, t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой; t измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании; B измеряют в направлении, параллельном оси фрезы.

Подача. При фрезеровании различают подачу на один зуб S_Z, подачу на один оборот фрезы S и подачу минутную S_M, мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$S_M = S\,n = S_Z \cdot z \cdot n$$

где n - частота вращения фрезы, об/мин; z - число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб S_Z, при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы S, по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб $S_Z = S/z$. Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в табл. 2.27, 2.28, 2.29.

Число зубьев сборных фрез меньше, чем у цельных, и принимается равным (в зависимости от диаметра d фрезы и обрабатываемого материала):

d, мм	< 40	50; 63	80	100 – 125	165	200	250	400
Сталь	3	4	5	6	8	8 – 10		12
Чугун	4	5	6	10	12	16	22	30

Скорость резания – окружная скорость фрезы, м /мин,

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v$$

Значения коэффициента C_V и показателей степени приведены в табл. П2.2.3, а периода стойкости T – в табл. 2.30.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{мv} K_{пv} K_{ив},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (см. табл. 1.7, 2.36,); $K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (см. табл.1.9); $K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента (см. табл.1.8).

Рекомендуемые значения скорости резания для различных фрез и условий резания приведены в табл.2.31, 2.32.

Основное технологическое время при фрезеровании:

$$T_о = \frac{L}{S_м} \cdot i, \quad \text{мин},$$

где L – общая длина прохода заготовки (в мм) относительно фрезы в направлении подачи, i – число проходов. Скорость резания, допускаемая при фрезеровании, зависит от типа фрезы, материала и геометрических параметров её режущей части и др. элементов, режима резания, состояния поверхностного слоя заготовки и т. п.

Таблица 2.27

Подачи при фрезеровании стальных заготовок шпоночными фрезами из быстрорежущей стали

Диаметр фрезы *D*, мм	Фрезерование на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей при глубине фрезерования на один двойной ход, составляющий часть глубины шпоночного паза		Фрезерование на вертикально-фрезерных станках за один проход	
			Осевое врезание на глубину шпоночного паза	Продольное движение при фрезеровании шпоночного паза
	Глубина фрезерования ***t***, мм	Подача на один зуб S_Z, мм		
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8		0,12	0,007	0,022
10		0,16	0,008	0,024
12		0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028
18		0,28	0,011	0,030
20		0,31	0,011	0,032
24		0,38	0,012	0,036
28	0,5	0,45	0,014	0,037
32		0,50	0,015	0,037
36		0,55	0,016	0,038
40		0,65	0,016	0,038

Примечание: Подачи даны для конструкционной стали с $\sigma_в \leq 750$ МПа; при обработке сталей более высокой прочности подачи снижают на 20 – 40%.

Таблица 2.28

Подача на зуб фрезы S_Z, мм/об, при обработке плоскостей

Твердость обрабатываемого материала *HB*	Обрабатываемый материал						
	Сталь			Чугун			Алюминиевые сплавы
	***t*,** мм						
	≤ 3	≤ 5	> 5	≤ 3	≤ 5	> 5	≤ 12
Торцовые фрезы из быстрорежущей стали							
≤ 229 230 – 287 287	0,2 - 0,3 0,5 - 0,25 0,2 – 0,2	0,15– 0,25 0,12– 0,2 0,1– 0,15	0,12 – 0,21 0,1– 0,15 0,07 – 0,1				0,25–0,3
Торцовые фрезы с пластинами из твердого сплава							
≤ 229 230 – 287 287	0,15- 0,2 0,1 - 0,15 0,08 - 0,1	0,1- 0,18 0,08 - 0,1 0,06 - 0,08	0,1 - 0,15 0,06 - 0,01 0,05 - 0,07	0,2 - 0,35 0,12 - 0,25 0,1 - 0,15	0,15-0,20 0,12-0,2 0,08-0,1	0,1 - 0,2 0,1- 0,15 0,06- 0,08	0,2– 0.3
Дисковые фрезы из быстрорежущей стали							
≤ 229 230 – 287 287	0,1- 0,25 0,12 - 0,2 0,1 - 0,15	0,12 - 0,2 0,1 - 0,15 0,08 -0,1	0,1 - 0,15 0,08 - 0,12 0,06 - 0,1				0,1– 0,15
Дисковые фрезы с пластинами из твердого сплава							
≤ 229 230 – 287 287	0,15-0,12 0,08 - 0,1 0,06-0,08	0,08 - 0,1 0,06 - 0,08 0,05 - 0,07	0,7 - 0,1 0,05 - 0,07 0,04 -0,06	0,15 - 0,25 0,12 - 0,2 0,08 - 0,15	0,12-0,20 0,1- 0,15 0,06 - 0,1	0,1- 0,15 0,08- 0,1 0,05- 0,08	0,15– 0,2
Цилиндрические крупнозубые фрезы из быстро режущей стали							
≤ 229 230 – 287 287	0,2 - 0,3 0,15 - 0,2 0,1 - 0,15	0,15 - 0,2 0,1 - 0,15 0,08 - 0,1	0,1 - 0,15 0,08 - 0,1 0,06 - 0,08				0,2– 0,25

Примечание. При чистовой обработке для достижения параметра шероховатости поверхности Ra = 3,2 мкм S_Z не должна превышать 0,1 мм. Бóльшие значения подач принимать для жестких систем деталь – станок – инструмент.

Таблица 2.29

Подачи на зуб S_Z, мм/зуб, при обработке пазов

B, мм	Твердость обрабатываемого материала	Обрабатываемый материал						
		Сталь			Чугун			Алюминиевый сплав
		t, мм						
	HB	≤ 3	< 5	> 5	< 3	< 5	> 5	< 12
Дисковые фрезы из быстрорежущей стали								
–	≤ 229 230-287 287	0,07 – 0,12 0,05 – 0,10 0,03 – 0,06			0,07 – 0,12 0,06 – 0,1 0,04 – 0,08			0,12 – 0,18
Дисковые фрезы с пластинами из твердого сплава								
–	≤ 229 230 – 287 287	0,06 – 0,10 0,04 – 0,08 0,03 – 0,06			0,07 – 0,12 0,06 – 0,1 0,04 – 0,08			0,1–0,12
Прорезные фрезы из быстрорежущей стали								
2 3 6	≤ 287	0,03-0,05 0,02-0,04 0,01-0,02	0,02-0,04 0,01-0,02 До 0,01	0,01–0,02 До 0,01 –	0,04-0,06 0,03-0,05 0,02-0,04	0,03-0,05 0,02-040, 01-0,02	0,02–0,04 0,01–0,02 До 0,01	0,04–0,06
Угловые фрезы с пластинами из твердого сплава для пазов типа «ласточкин хвост»								
50	230 – 287	–			0,12–0,18 0,01–0,15	0,1–0,15 0,04–0,1	0,08–0,01 0,01–0,05	–
Радиусные фрезы из быстрорежущей стали								
–	230 – 287	0,04–0,06	0,03–0,05	0,02–0,04	0,06 –0,08	0,04-0,06	0,03–0,05	

Примечания: 1. Большие значения подач принимать для жестких систем деталь – станок – инструмент.

2. При фрезеровании пазов дисковыми фрезами меньшие значения подач принимать при $t > 2B$, где B – ширина паза

Таблица 2.30

Средние значения периода стойкости *T* фрез

Фрезы	Стойкость *T*, мин, при диаметре фрезы, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцовые	–		120	180					240		300	400
Цилиндрические со вставными ножами и цельные с крупным зубом						180			240	–		
Цилиндрические цельные с мелким зубом	–		120		180			–				
Дисковые	–					120		150	180	240	–	
Концевые	80	90	120	180	–							
Прорезные и отрезные	–				60	75	120		150	–		
Фасонные и угловые	–		120			180	–					

Таблица 2.31

Скорость резания *V*, м/мин, при обработке деталей из стали

Материал рабочей части режущего инструмента	***t***, мм	S_Z						
		0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3
Торцовые фрезы								
Быстрорежущая сталь	1		70	65	60	50	45	40
	3		50	47	42	37	33	27
	6	–	42	40	36	30	25	22
Твердый сплав	1		440	400	360	300	280	230
	3		400	360	310	270	240	180
	6		350	310	290	240	210	150
Дисковые фрезы для обработки плоскостей								
Быстрорежущая сталь	1		70	65	60	50	45	40
	3		50	47	42	37	33	27
	6	–	42	40	36	30	25	22
Твердый сплав	1		400	380	330	290	250	230
	3		350	320	280	230	210	170
	6		320	300	260	200	180	150

Окончание табл. 2.31

Материал рабочей части режущего инструмента	t, мм	S_Z						
		0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3
Дисковые фрезы для обработки пазов								
Быстрорежущая сталь	5 10 20	60 50 38	55 45 35	50 40 33	40 30 25	30 25 20	25 20 18	–
Твердый сплав	5 10 20	420 350 280	340 310 250	310 280 220	280 220 180	220 160 140	140 120 100	-
Прорезные фрезы								
Быстрорежущая сталь	3 6 12 25	–	44 37 30 24	42 35 27 22	35 30 25 30	–	–	
Цилиндрические крупнозубые фрезы								
Быстрорежущая сталь	40* 60* >60*	—	44 42 40	42 40 38	38 34 30	34 30 26	22 20 18	20 18 16
Радиусные фрезы								
	20* >20*	–	40 38	36 32	32 28	–		

* Ширина фрезерования B, мм

Таблица 2.32

Скорость резания V, м/мин, при обработке деталей из чугуна и алюминиевых сплавов

Материал рабочей части режущего инструмента	t, мм	Чугун								Алюминиевые сплавы (весь диапазон подач)
		S_Z, мм/зуб								
		0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	
Торцовые фрезы										
Быстрорежущая сталь	1 3 6	–								320

Продолжение табл. 2.32

Материал рабочей части режущего инструмента	*t*, мм	Чугун								Алюминиевые сплавы (весь диапазон подач)
		S_Z, мм/зуб								
		0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	
Твердый сплав	1 3 6	—		175 150 130	155 130 110	130 120 90	120 110 80	110 100 70	100 90 60	900
Дисковые фрезы для обработки плоскостей										
Быстрорежущая сталь	1 3 6	–		75 70 67	67 63 58	56 50 47	50 45 40	40 36 32	32 28 26	300
Твердый сплав	1 3 6	–		160 140 130	130 120 110	110 100 90	90 80 70	80 70 60	60 55 50	700
Дисковые фрезы для обработки пазов										
Быстрорежущая сталь	5 10 20	85 60 45	70 50 40	65 45 35	55 40 30	45 35 25	40 30 20	30 25 18		100
Твердый сплав	5 10 20	200 160 140	180 140 120	160 120 100	140 110 90	110 100 80	110 90 70	100 80 60	–	500
Прорезные фрезы										
Быстрорежущая сталь	2 6 12 25		40 30 22 15	35 22 18 12	25 18 13 9	–				–
Цилиндрические крупнозубые фрезы										
Быстрорежущая сталь	40* 60* > 60*	–	42 40 38	36 34 32	34 32 30	30 25 20	25 20 18	22 18 16	–	–
Угловые фрезы для пазов типа «ласточкин хвост»										
Твердый сплав	50* >50*	–	–	96 88	82 76	76 68	70 62	64 56	–	–
Радиусные фрезы										
Быстрорежущая сталь	20* >20*		34 32	30 26	26 22	22 20	–	–	–	–

* Ширина фрезерования *B*, мм

Поправочные коэффициенты на скорость резания.

Таблица 2.33

Коэффициент $k_д$ в зависимости от отношения диаметра фрезы к глубине или ширине фрезерования

Материал рабочей части режущего инструмента	Отношение $\frac{D}{B}$ или $\frac{D}{t}$		Обрабатываемый материал	
			Сталь	Чугун
			$k_д$	
Торцовые фрезы				
Быстророрежущая сталь	$\frac{D}{B}$	1,25 2 5	1,0 1,1 1,25	—
Дисковые трехсторонние фрезы для обработки пазов				
Быстрорежущая сталь	$\frac{D}{B}$	3 10 20	1,0 1,2 1,3	1,0 1,1 1,2
Твердый сплав		4 6 9	1,1 1,2 1,3	1,0 1,15 1,25
Цилиндрические фрезы				
Быстрорежущая сталь и твердый сплав	$\frac{D}{t}$	10 20 30	1,0 1,2 1,3	0,8 1,0 1,2
Прорезные фрезы				
Быстрорежущая сталь	$\frac{D}{B}$	15 40 75	1,0 1,2 1 5	1,1 1,2 1 4
Угловые фрезы для пазов типа «ласточкин хвост»				
Твердый сплав	$\frac{D}{B}$	10 > 10	–	1,0 0,8

Таблица 2.34

Коэффициент k_{MV} зависимости от характеристики обрабатываемого материала

Материал рабочей части режущего инструмента	Обрабатываемый материал							
	Сталь							
	30;35;40		45		35Х		20Х	40Х
	НВ							
	229	269	229	264	207	255	179	269
Быстрорежущая сталь	1,1	0,8	1,0	0,8	1,0	0,7	1,3	0,7
Твердый сплав	1,0	0,9		0,9		0,9	1,2	0,8

Материал рабочей части режущего инструмента	Обрабатываемый материал									
	Сталь				Чугун					
	35ХГС	18ХГТ		30ХГТ	Поверхность без корки			Поверхность с коркой		
	НВ									
	241	321	187	197	229	241	295	229	241	295
Быстрорежущая сталь	0,6	0,5	1,1	0,7	-	-	-	-	-	-
Твердый сплав	0,8	0,7	1,0	0,9	1,0	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6

Таблица 2.35

Коэффициент k_{TV} в зависимости от стойкости инструмента

Материал рабочей части режущего	Обрабатываемый материал										
	Сталь						Чугун				
	Период стойкости $T_м$, мин										
	150	200	400	600	1000	1500	150	200	400	600	1000
Торцовые, дисковые и прорезные фрезы											
Быстрорежущая сталь	0,9	0,85	0,75	0,7	0,6	0,55					
Твердый сплав	0,85	0,80	0,65	–				0,8	0,7	0,6	0,55
Цилиндрические фрезы											
Быстрорежущая сталь	0,85	0,8	–				0,9	–			
Угловые фрезы для пазов											
Твердый сплав							–	0,75	0,65	0,55	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.1

Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали – 25 мм. Мощность двигателя $N_{дв}$ = 2,8 кВт; КПД станка – 0,8. Частота вращения шпинделя, мин $^{-1}$: 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000;. Подача, мм /об.: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка P_{max} = 900 кГс = 9000 Н.

Вертикально-сверлильный станок 2Н135

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали – 35 мм. Мощность двигателя $N_{дв}$ = 4,5 кВт; КПД станка – 0,8. Частота вращения шпинделя, мин $^{-1}$: 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400. Подача, мм /об: 0,1; 0,14;0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка. P_{max} = 1500 кГс = 15000 Н.

Вертикально-фрезерный станок 6Т13

Площадь рабочей поверхности стола 400×1600 мм. Мощность двигателя $N_{дв}$ = 11 кВт; КПД станка – 0,8. Частота вращения шпинделя, мин $^{-1}$: 16; 20; 25; 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1250; 1600. Скорости продольного и поперечного движения подачи стола, мм /мин: 4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,5; 66,6; 93,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400. Максимальная сила резания, допустимая механизмом движения подачи, Н: продольного – 20000, поперечного – 12000, вертикального – 8000.

Вертикально-фрезерный станок 6Т12

Площадь рабочей поверхности стола 320 × 1250 мм. Мощность двигателя $N_{дв}$ = 7,5 кВт; КПД станка – 0,8. Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$: 16; 20; 25; 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1250; 1600. Скорости продольного и поперечного движения подачи стола, мм /мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1250. Скорость вертикального движения подачи стола, мм /мин: 4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,5; 66,6; 93,3; 105; 133,3;

166,6; 210; 266,6; 333,3; 400. Максимальная сила резания, допустимая механизмом движения подачи, Н: продольного – 15000, поперечного – 12000, вертикального – 5000.

Горизонтально-фрезерный станок 6Т82Г

Площадь рабочей поверхности стола, мощность, частота вращения, скорость движения подачи и допускаемая сила резания такие же, как у станка 6Т12

Поперечно-строгальный станок 7305

Наибольшая длина хода ползуна 500 мм. Число двойных ходов ползуна в мин $^{-1}$: 13,2; 19; 26,5; 37,5; 53; 75; 106; 150. Горизонтальная подача стола, мм /дв. ход ползуна: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8; 5,0. Вертикальная подача суппорта, мм /дв. ход ползуна: 0,16; 0,33; 0,5; 0,66; 0,83; 1,0. Мощность двигателя $N_{дв}$ = 5,5 кВт; КПД станка – 0,65.

Таблица П2.1.2

Протяжные станки

Модель станка	Номинальная тяговая сила, тс	Кол-во плунжеров	Длина рабочего хода ползуна, мм	Скорость рабочего хода, м /мин		Скорость обратного хода, м /мин	Мощность электродвигателя, кВт
				наибольшая	наименьшая		
Горизонтально-протяжные станки							
7523	10	1	1250	11,5	1,5	20	18,5
7534	25	1	1600	13	1,5	20	37
Вертикально-протяжные станки							
7623	10	1	1250	11,4	1,2	20	8,5
7634	25	1	1250	13	1,2	20	37

Таблица П2.1.1

Зависимость скоростей рабочего хода и допускаемых сил на ползуне от длины обрабатываемой поверхности и числа двойных ходов ползуна в 1 мин

Длина рабочего хода ползуна, мм.	Отношение скоростей рабочего и холостого ходов ползуна.	Число двойных ходов в 1 мин.					
		13,2		19		26,5	
		$V_{р.х.}$	P	$V_{р.х.}$	P	$V_{р.х.}$	P
50	0,956	1,24	147,67	1,86	98,47	2,54	72,00
100	0,914	2,42	76,30	3,63	50,88	4,97	37,20
150	0,875	3,55	52,46	5,36	34,98	7,29	25,58
200	0,836	4,63	40,61	6,93	27,08	9,5	19,80
250	0,799	5,66	33,47	8,48	22,32	11,6	16,32
300	0,764	6,65	28,69	10,0	19,13	13,7	13,99
350	0,728	7,59	25,27	11,4	16,85	15,6	12,32
400	0,694	8,49	22,77	12,7	15,18	17,5	11,10
450	0,662	9,4	20,77	14,0	13,85	19,2	10,13
500	0,630	10,2	19,20	15,3	12,80	20,9	9,36
		37,5		53		75	
50	0,956	3,62	50,67	5,05	36,27	7,6	24,20
100	0,914	7,06	26,18	9,09	18,74	14,8	18,50
150	0,875	10,4	18,00	15,5	12,89	21,7	8,60
200	0,836	13,6	13,94	18,9	9,98	28,3	6,65
250	0,799	16,5	11,49	23,1	8,22	34,6	5,49
300	0,764	19,4	9,85	27,1	7,05	40,6	4,70
350	0,728	22,2	8,67	31,0	6,21	47,2	4,14
400	0,694	24,8	7,81	34,6	5,59		
450	0,662	27,3	7,13	38,2	5,10		
500	0,630	29,5	6,59	42,4	4,72		
		106		150			
50	0,956	10,4	17,69	14,7	12,45		
100	0,914	20,2	9,14	28,8	6,43		
150	0,875	29,7	6,28	42,6	4,42		
200	0,836	38,7	4,87	Запрещается работа на режимах, лежащих ниже линии			
250	0,799	47,5	4,01				
300	0,764						
350	0,728						
400	0,694						
450	0,662						
500	0,630						

Примечание. При работе на режимах, ограниченных верхней линией, сила на ползуне не должна превышать 17,66 кН. $V_{Р.Х.}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.2

Таблица П2.2.1

Значения коэффициента C_V и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Обрабатываемый материал:	Материал режущей части инструмента	Подача S, мм /об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			C_V	q	y	m	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_в$ = 750 МПа	Р6М5	≤ 0,2 > 0,2	7,0 9,8	0,40	0,70 0,50	0,20	Есть
Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т, *НВ* 141		–	3,5	0,50	0,45	0,12	
Чугун серый, *НВ* 190		≤ 0,3 > 0,3	14,7 17,1	0,25	0,55 0,40	0,125	Нет
	ВК8	–	34,2	0,45	0,30	0,20	
Чугун ковкий, *НВ* 150	Р6М5	≤ 0,3 > 0,3	21,8 25,3	0,25	0,55 0,40	0,125	Есть
	ВК8	–	40,4	0,45	0,3	0,20	Нет
Медные гетерогенные сплавы средней твердости (*НВ* 100 – 140)	Р6М5	≤ 0,3 > 0,3	28,1 32,6	0,25	0,55 0,40	0,125	Есть
Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_в$ = 100 ÷ 200 МПа, *НВ* ≤ 65; дюралюминий, *НВ* ≤ 100		≤ 0,3 > 0,3	36,3 40,7	0,25	0,55 0,40	0,125	

Примечание: Для сверл из быстрорежущей стали рассчитанные по приведенным данным скорости резания действительны при двойной заточке и подточенной перемычке, При одинарной заточке сверл из быстрорежущей стали рассчитанную скорость резания следует уменьшать, умножая ее на коэффициент
K_{3V} = 0,75.

Таблица П2.2.2

Значения коэффициента C_V и показателей степени в формуле скорости резания при рассверливании, зенкеровании и развертывании

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					Охлаждение
			C_V	q	x	y	m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_в$ = 750 МПа	Рассверливание	Р6М5 ВК8	16,2 10,8	0,4 0,6	0,2	0,5 0,3	0,2 0,25.	Есть
	Зенкерование	Р6М5 Т15К6	16,3 18,0	0,3 0,6		0,5 0,3	0,3 0,25	
	Развертывание	Р6М5 Т15К6	10,5 100,6	0,3 0,3	0,2 0	0,65 0,65	0,4	
Конструкционная закаленная сталь, $\sigma_в$ = 600 – 1800 МПа, *HRC* 49 – 54	Зенкерование	Т15К6	10,0	0,6	0,3	0,6	0,45	
	Развертывание		14,0	0,4	0,75	1,05	0,85	
Серый чугун, *НВ* 190	Рассверливание	Р6М5 ВК8	23,4 56,9	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	Нет
	Зенкерование	Р6М5 ВК8	18,8 105,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	
	Развертывание	Р6М5 ВК8	15,6 109,0	0,2 0,2	0.10	0,5 0,5	0,3 0,45	
Ковкий чугун, *НВ* 150	Рассверливание	Р6М5 ВК8	34,7 77,4	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	Есть
	Зенкерование	Р6М5 ВК8	27,9 143,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4. 0,45	0,125 0,4	Есть
	Развертывание	Р6М5 ВК8	23,2 148,0	0,2 0,2		0,5 0,5	0,3 0,45	Есть Нет

Таблица П2.2.3

Значения коэффициента C_V и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части	Операция	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания						
			B	t	S_Z	C_V	q	x	y	u	p	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_в$ = 750 МПа**.**												
Торцовые	Т15К6*[1]	Фрезерование плоскостей				332	0.2	0.1	0,4	0.2	0	0,2
	Р6М5 *[2]		–	–	≤0,1 >0,1	64,7 41	0.25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2
Цилиндрические	Т15К6*[1]		≤35 >35	≤2 >2 ≤2 >2	–	390 443 616 700	0,17 0,17	0,19 0,38 0,19 0,38	0,28 0,28	–0,05 0,08	0,1 0,1	0,33 0,33
	Р6М5 *[2]		–	–	<0,1 >0,1	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дисковые со вставными ножами	Т15К6*[1]	Фрезерование плоскостей и уступов	–		<0,12 ≥0,12	1340 740	0.2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35
		Фрезерование пазов	–	–	<0,06 >0,06	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,35
Дисковые со вставными ножами	Р6М5 *[2]	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	–	–	< 0,1 >0,1	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
Дисковые цельные	Р6М5 *[2]		–	–	–	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевые с коронками	Т15К6*[1]		–	–	–	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Концевые с напаянными пластинами			–	–	–	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Концевые цельные	Р6М5*[2]		–	–		46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33

Продолжение табл. П2.2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Прорезные и отрезные	Р6М5*[2]	Прорезание пазов и отрезание	–	–	–	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Фасонные с выпуклым профилем	Р6М5*[2]	Фасонное фрезерование	–	–	–	53	0,45	0.3	0,2	0,1	0,1	0,33
Угловые и фасонные с вогнутым профилем		Фрезерование угловых канавок и фасонное				44	0,45	0.3	0,2	0,1	0,1	0,33
Шпоночные двухперые	Р6М5*[2]	Фрезерование шпоночных пазов	–		–	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26

Обработка серого чугуна, НВ 190

Торцовые	Р6М5*[1]	Фрезерование плоскостей	–	–	–	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
			–	–	–	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилиндрические	ВК6*[1]		–	<2,5 ≥2,5	≤0,2 >0,2 ≤0,2 >0,2	923 588 1180 750	0,37 0,37	0,13 0,40	0,19 0,47 0,19 0,47	0,23 0,23	0,14 0,14	0,42 0,42
	Р6М5*[1]			–	≤0,15 >0,15	57,6 27	0,7	0,5	0,2 0,6	0,3	0,3	0,25
Дисковые со вставными ножами	Р6М5*[1]	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	–	–	–	85	0,2	0,5	0,4	0.1	0,1	0,15
Дисковые цельные	Р6М5*[1]		–	–	–	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Концевые	Р6М5*[1]	Фрезерование плоскостей и уступов	–	–	–	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
Прорезные и отрезные	Р6М5*[1]	Прорезание пазов и отрезание	–	–	–	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15

Окончание табл.П2.2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Обработка ковкого чугуна, НВ 150												
Торцовые	ВК6*[1]	Фрезерование плоскостей	–	–	≤0,18 >0,18	994 695	0,22	0,17	0,1 0,32	0,22	0	0,33
	Р6М5*[2]		–	–	≤0,1 >0,1	90,5 57,4	0,25	0,1	0,2 0.4	0,15	0,1	0,2
Цилиндрические	Р6М5*[2]		–	–	≤0,1 >0,1	77 49,5	0,45	0,3	0.2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дисковые со вставными ножами	Р6М5*[2]	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	–	–	<0,1 >0,1	105,8 68	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0.2
Дисковые цельные	Р6М5*[2]		–	–	–	95,8	0,25 0,45	0,3 0,3	0,2 0,2	0,1 0,1	0,1	0,2
Концевые	Р6М5 *[2]	Фрезерование плоскостей и уступов	–	–	–	68,5					0,1	0,33
Прорезные и отрезные	Р6М5 *[2]	Прорезание пазов и отрезание	–	–	–	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

*[1] Без охлаждения.
*[2] С охлаждением.

Примечание: Скорость резания для торцовых фрез, рассчитанная по табличным данным действительна при главном угле в плане φ = 60°. При других величинах этого угла значения скоростей следует умножать на коэффициенты: при φ =15°– на 1,6; при φ = 30° – на 1,25; при φ = 45° – на 1,1; при φ = 75° – на 0,93;при φ = 90° – на 0,87.

Таблица П2.2.4

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при работе сверлами, зенкерами и развертками

Вид работы		Диаметр инструмента D									
		3	5	10	15	20	25	30	40	50	60 и более
		Врезание l_1 + перебег l_2									
Сверление напроход при заточке сверл	одинарной	2	2,5	5	6	8	10	12	15	18	23
	двойной	–	–	6	8	10	15	17	18	22	27
Сверление в упор		1,5	2	4	6	7	9	11	14	17	21
Рассверливание при глубине резания	5	–	–	–	4		5			6	
	10	–	–	–	–	7	8			9	
	15	–	–	–	–	–	–	11		12	
	20	–	–	–	–	–	–	–	14	15	
	30	–	–	–	–	–	–	–	–	18	
Зенкерование напроход при глубине резания	1	–	–	–	3			4		5	
	3	–	–	–	5			6		7	
	5	–	–	–	–	7		8		9	
	10	–	–	–	–	–	12	13		14	15
Зенкерование в упор		–	–	–	2			3		4	
Развертывание цилиндрических отверстий	напроход	–	8	9	15	18	19		24	25	26
	в упор	–	2	3				4			5
Центрование отверстий		1–2	2	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица П2.2.5

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при работе концевыми фрезами

Диаметр фрезы D	Глубина резания t									
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	10
12	4	5	6	7	8	9	–	–	–	–
14										
16	5	6	7	8	9	10	11	–	–	–
18								–	–	–
20			8	9	10	11	12	–	–	–
22					11	12	13	14	–	–
25				10	12	13	13	15	–	–
28	6	7	9	11	13	14	15	16	17	–
30				12	14	15	16	17	18	–
35			10	13	15	16	17	18	19	–
40	7	8	11	14	16	17	18	19	20	21
45	8	9	13	15	17	18	19	20	21	22
50	8	11	14	16	18	19	20	21	22	24

Примечание. При чистовой обработке величину врезания и перебега для дисковых фрез следует брать вдвое больше приведенной в таблице

Таблица П2.2.6

Обработка фрезами цилиндрическими, дисковыми, прорезными и фасонными

Глубина резания, мм	Диаметр фрезы, мм							
	25	32	40	50	63	80	100	125
	Врезание и перебег, мм							
1	6,5	7	8,5	9	10	11	13	15
5	12	13	15	17	20	22	25	28
10	–	16	19	22	26	29	33	38
14	–	–	–	24	29	33	38	43
15	–	–	–	25	29	34	39	44
18	–	–	–	–	31	36	42	47

Примечание. При чистовой обработке в целях обеспечения чистой поверхности при выходе фрезы величину врезания и перебега для дисковых фрез следует **удвоить**

Таблица 2.2.7

Сила резания *P*, Н, приходящаяся на 1 мм длины лезвия зуба протяжки

Подача	Обрабатываемый материал		
	Углеродистая сталь	Легированная сталь	Чугун

на один зуб S_Z, мм	*HB* ≤ 197	*HB* 198 - 229	*HB* > 229	*HB* ≤ 197	*HB* 198 - 229	*HB* > 229	серый		ковкий
							HB ≤ 180	*HB* > 180	
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75	63
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89	73
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115	94
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134	109
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166	134
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200	164
0,10	247	273	325	328	354	390	207	236	192
0,12	285	315	375	378	407	450	243	268	220
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303	250
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336	276
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370	302
0,2	427	473	562	576	620	685	360	402	326
0,2	456	503	600	620	667	738	385	427	349
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465	376
0,30	564	615	730	785	845	933	476	522	431

Примечание. Значение силы резания приведены для нормальных условий эксплуатации: а) передние и задние углы зубьев оптимальные; б) величина износа не превышает допускаемую.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обработка металлов резанием: Справочник технолога./А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А. А. Панова.– М.: Машиностроение . 1988. – 736 с.: ил.

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. - М.:Машиностроение, 1986, 496 с., ил.

Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. - М.:Машиностроение-1, 2001. - 944 с., ил..

3. Альбом «Металлорежущие инструменты». – М.: 1979. Кучер А. М., Киватицкий М. М., Покровский А. А. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1965.

3.РАБОТА. ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

3.1. Общие сведения.

Шлифование является одним из производительных методов обработки различных поверхностей. Парк станков для абразивной обработки достигает 20% общего станочного парка.

Обработка осуществляется абразивным инструментом (шлифовальные круги, бруски, сегменты, шкурки и т. п.), абразивные зерна которых являются режущими элементами. Абразивные зерна в инструменте закреплены связующим компонентом – связкой с обязательным наличием пор (рис.3.1).

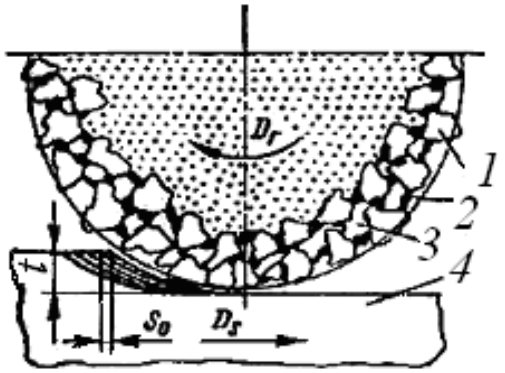


Рис. 3.1. Схема срезания припуска при шлифовании и конструктивные особенности абразивного инструмента: *1* – зерна; *2* – связка; *3* – поры,*4* – заготовка

3.2.Схемы обработки при шлифовании.

В современном машиностроении шлифованию подвергают различные поверхности деталей машин: плоские, цилиндрические, фасонные, внутренние, наружные и т. п. Существуют различные схемы шлифования этих поверхностей. Для всех способов шлифования главным движением резания является вращательное движение шлифовального круга $D_г$, а движение подачи D_s совершает заготовка.

Обработка заготовок на круглошлифовальных станках. На круглошлифовальных станках обрабатывают наружные поверхности заготовок тел вращения с прямолинейными образующими. При наружном круглом шлифовании возвратно-поступательное продольное движение (рис.3.2) подачи осуществляется столом с закрепленной на нем заготовкой. Круговое движение подачи заготовки производится передней бабкой шлифовального станка, а поперечное движение подачи шлифовальным кругом осуществляется на каждый ход стола или двойной ход стола вне зоны обработки.

В зависимости от направления поступательного движения подачи различают еще несколько видов круглого шлифования: глубинное; врезное шлифование и шлифование уступами (рис.3.3). Глубинное шлифование может производиться по схеме с продольным движении. При глубинном шлифовании с продольным движением подачи применяют круг с конусной *1* (режущая часть круга) и калибрующей *2* частями (рис.3.3, *а*).

Режущую часть шлифовального круга иногда выполняют ступенчатой, калибрующая часть может работать по схеме осциллирующего шлифования

.

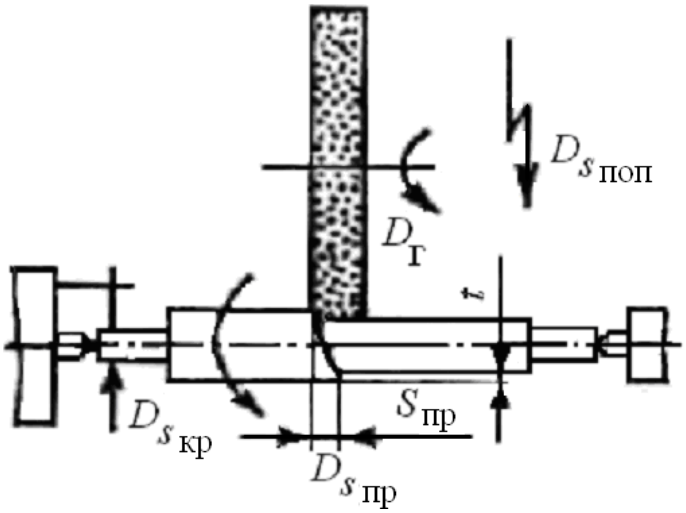


Рис. 3.2. Схема наружного круглого шлифования

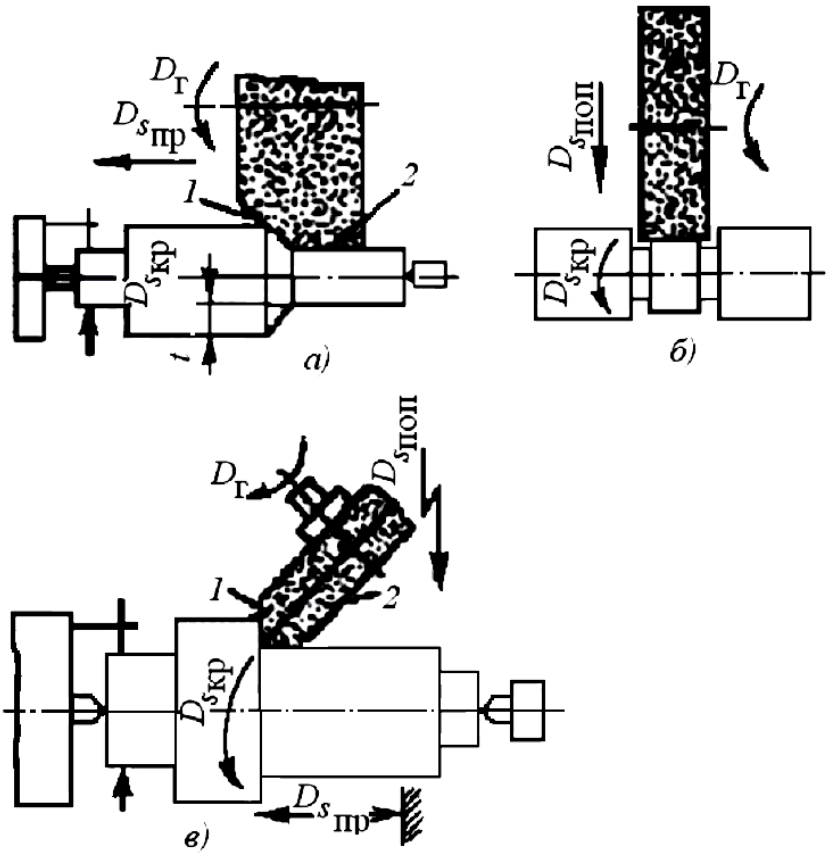


Рис. 3.3. Схемы наружного шлифования в центрах:
а - глубинное; *б* - врезное; *в* - шлифование двух взаимно перпендикулярных поверхностей.

При глубинном шлифовании снимается чаще всего припуск большой величины (0,1 – 0,8 мм), а иногда и более за один-два продольных хода.

В массовом и серийном производстве много деталей обрабатывают врезным шлифованием (рис.3.3, *б*). При врезном шлифовании обрабатывают шейки коленчатых валов, плунжеры, фасонные поверхности, кольцевые канавки и т. п. Движение подачи при врезном шлифовании обеспечивается только в одном направлении – перпендикулярно оси вращения обрабатываемой заготовки до определенного размера.

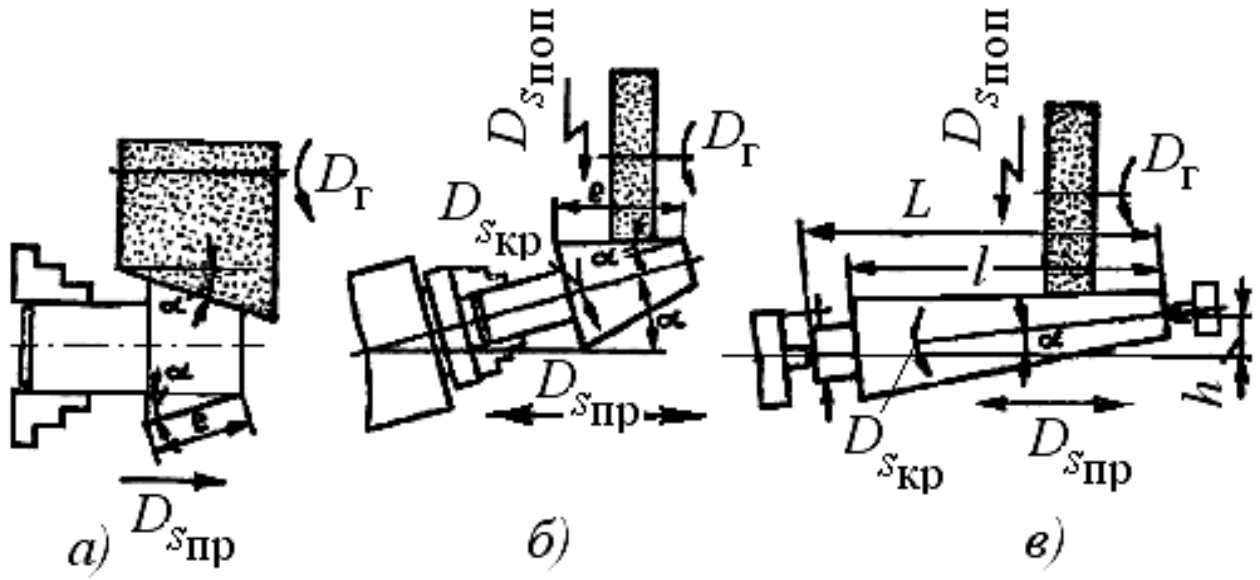
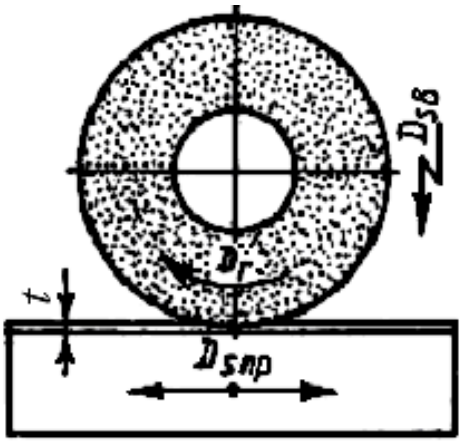


Рис. 3.4. Схемы обработки конических поверхностей
на круглошлифовальном станке.

Обработка заготовок на плоскошлифовальных станках. При плоском шлифовании периферией круга (рис.3.5) обеспечивается наиболее высокая точность обработки, лучшие показатели качества обработанной поверхности возможна обработка заготовок малой жесткости. При плоском шлифовании возвратно-поступательное продольное движение подачи ($D_{в\ пр.}$) и прерывистое движение поперечной подачи ($D_{s\ поп}$) совершает заготовка или шлифовальный круг.

Движение подачи круга на глубину резания осуществляется в крайнем положении стола по мере обработки всей плоскости. Если заготовка уже ширины круга, то вертикальное движение подачи осуществляется на каждый двойной ход заготовки

Рис. 3.5. Схема обработки заготовки на плоскошлифовальном станке периферией круга



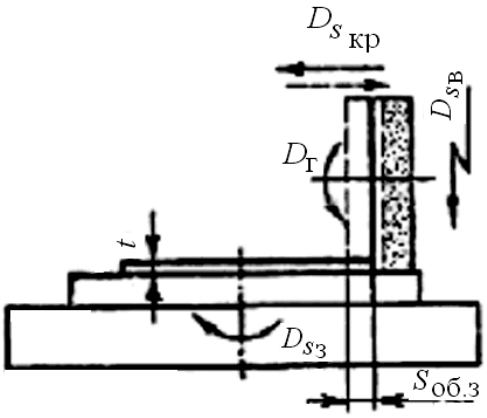


Рис.3.6. Схема обработки заготовок периферией круга на плоскошлифовальном станке с круглым столом

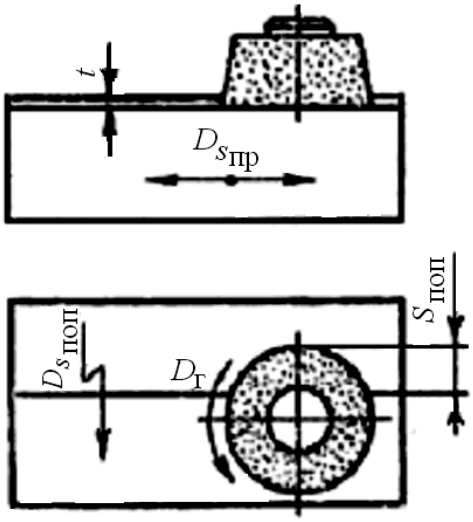


Рис. 3.7. Схема обработки на плоскошлифовальном станке торцом чашечного круга

Плоское шлифование торцом круга (рис.3.7) также может осуществляться на станках, подобных плоскошлифовальному с прямоугольным и круглым столом. Но в отличие от резания периферией круга при торцовом шлифовании одновременно участвует в резании намного больше режущих элементов-зерен (большая площадь контакта). В этой связи при торцовом шлифовании выделяется существенно больше теплоты и возможны прижог и коробление тонких заготовок. Чтобы уменьшить выделение теплоты, часто используют сегментные торцовые круги с меньшей площадью контакта.

Обработка заготовок на внутришлифовальных станках. Внутренним круглым шлифованием обрабатывают внутренние поверхности. Обработка производится следующими методами: шлифование с продольным движением подачи (рис.3.8, *а, б*), врезное шлифование с поперечным движением подачи, врезное шлифование с дополнительной осцилляцией круга (рис.3.8, *в*), шлифование с планетарным $D_{S\ пл.}$ движением круга (рис.3.8, *г*).

Бесцентровое круглое наружное шлифование. Сущность бесцентрового шлифования заключается в том, что заготовка в процессе обработки не закрепляется в центрах и других зажимных приспособлениях, а базируется на опорном ноже станка и ведущем круге (рис. 3.9). Таким образом, возможно шлифование большими партиями не только заготовок колец, гильз, но и заготовок, имеющих

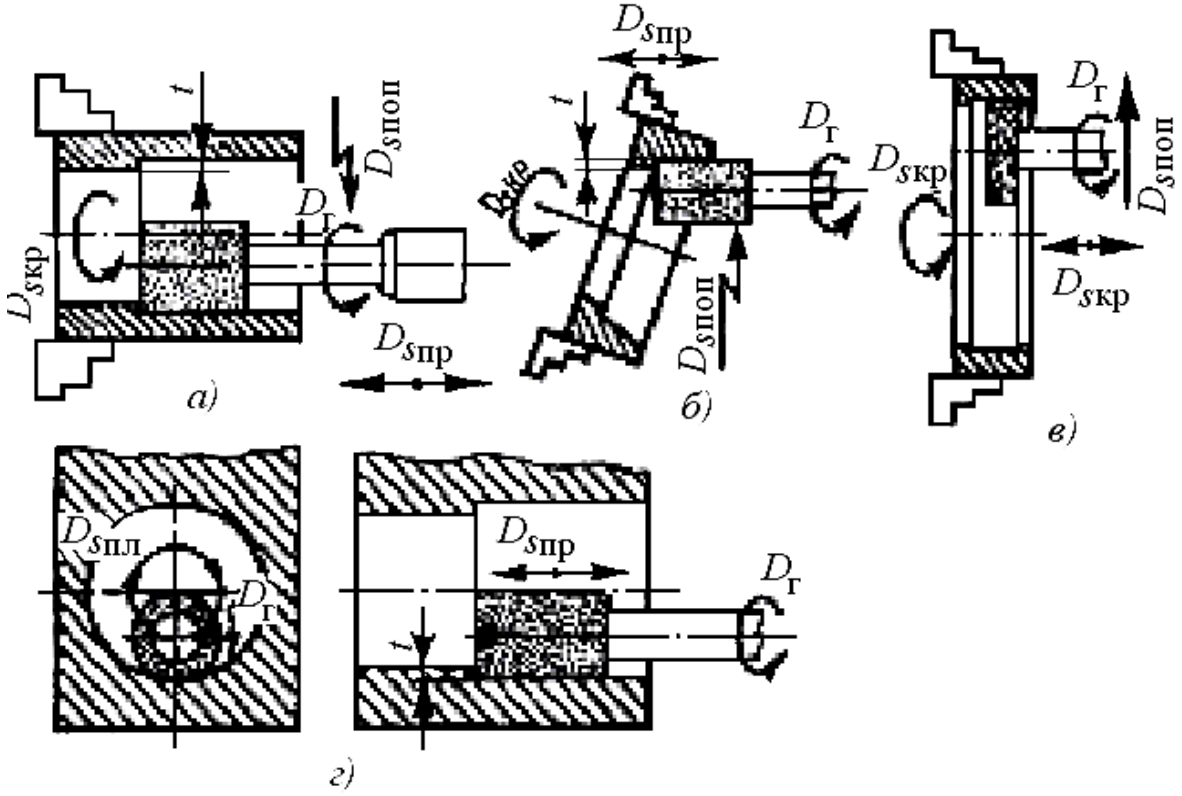


Рис.3.8. Схемы обработки заготовок на внутришлифовальных станках

большую длину и малый диаметр. Обработка заготовки (заготовок) *2* заключается в следующем. Шлифовальный *3* и ведущий *1* круги вращаются с разной частотой. Окружная скорость шлифовального круга в 50 – 60 раз выше окружной скорости ведущего круга. Конструктивно ведущий круг выполнен так же, как шлифовальный, но на основе вязких, вулканитовых связующих веществ, обеспечивающих контакт с заготовкой практически без скольжения.

Рассмотрим схему бесцентрового шлифования напроход (рис. 3.9). Меняя угол наклона ведущего круга α, можно изменять в значительной

степени угловую скорость и скорость поступательного движения заготовки. При α = 0 $V_{з\,пр.} = 0$ происходит врезное шлифование.

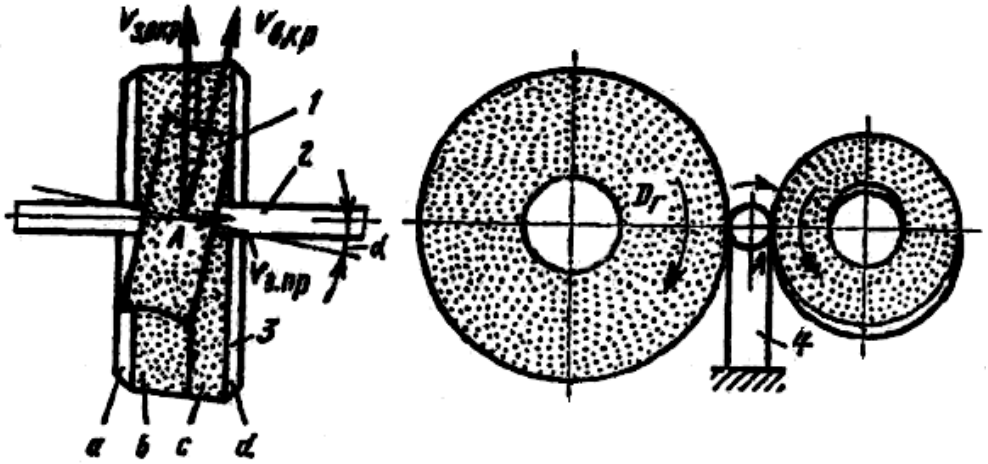


Рис. 3.9. Схема обработки на бесцентрово-шлифовальном станке.

3.2.Элементы режима резания при шлифовании.

Элементы срезаемого слоя при шлифовании относятся не к единичным режущим зернам, а к их совокупности – режущей поверхности абразивного инструмента. Основными элементами режима резания при шлифовании являются: окружная скорость круга $V_{кр}$, окружная скорость (перемещения) заготовки $V_з$, глубина резания t, подача S.

Элементы режима резания при плоском, круглом шлифовании показаны на рис.3.2, 3.5, 3,7; а при внутреннем шлифовании – на рис. 3.8.

Скоростью (м /с) резания при шлифовании $V_{кр}$ называют линейную скорость на наибольшей окружности шлифовального круга $V_{кр} = \pi D n$, где n – частота вращения, $с^{-1}$.

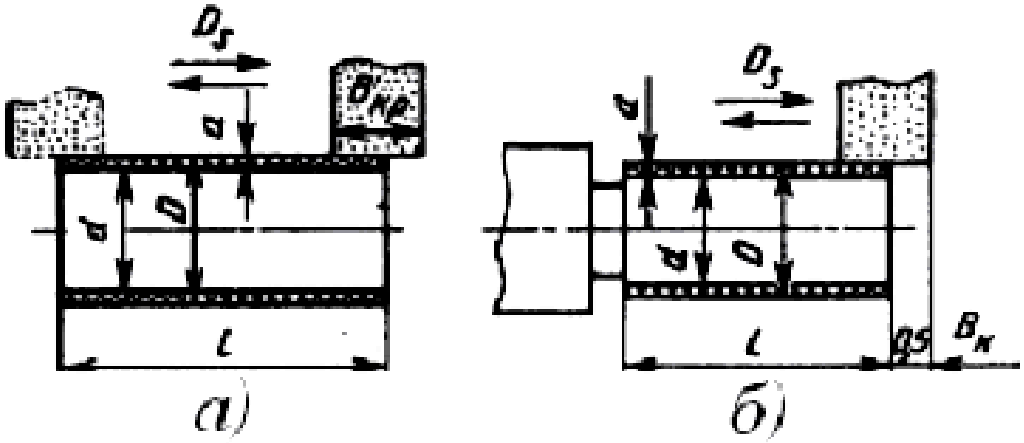
Скоростью перемещения заготовки при шлифовании называют: при плоском шлифовании – скорость перемещения стола, при круглом шлифовании – окружную скорость заготовки.

Поперечной подачей $S_{поп}$(при плоском шлифовании) и продольной подачей $S_{прод}$ (при круглом и внутреннем шлифовании) называют перемещение точки круга вдоль оси за один оборот, ход или двойной ход заготовки. Поперечную подачу измеряют в долях высоты круга H;
$S_{поп} = k \cdot H$, где k – коэффициент (табл.П3.1.9).

Глубиной резания при шлифовании называют слой металла между обработанной и обрабатываемой поверхностью, снимаемый за один рабочий ход.

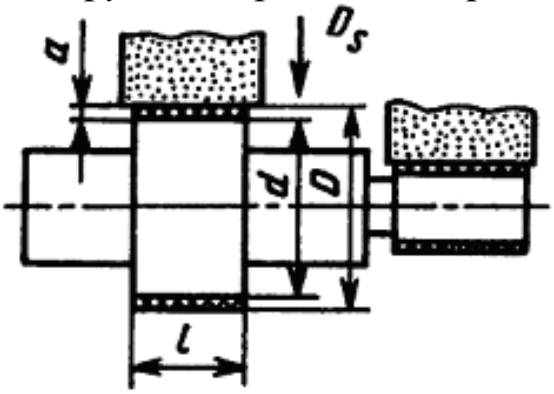
3.3.Определение основного времени при шлифовальных работах.

Наружное круглое шлифование методом продольной подачи напроход (а) и в упор (б).



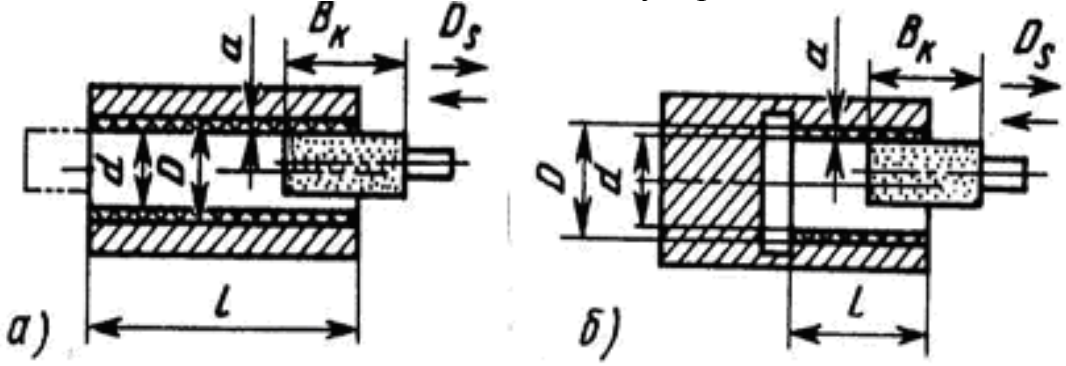
$$T_o = \frac{L}{S_{прод} \cdot n_д} \cdot i \cdot K; \quad i = \frac{a}{S_{2x}}$$

Наружное врезное шлифование



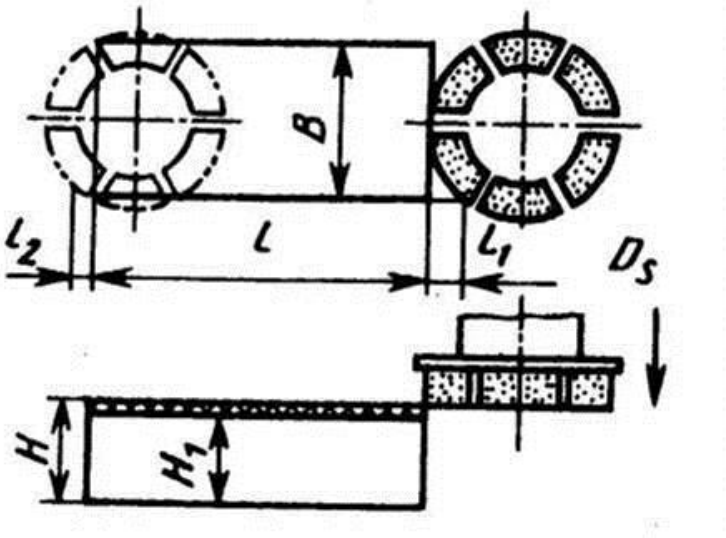
$$T_o = \frac{L}{n_д \cdot S_{рад}} \cdot K; \quad L = a = \frac{D-d}{2}.$$

Шлифование отверстий методом продольной подачи:
а – сквозных; *б* – в упор



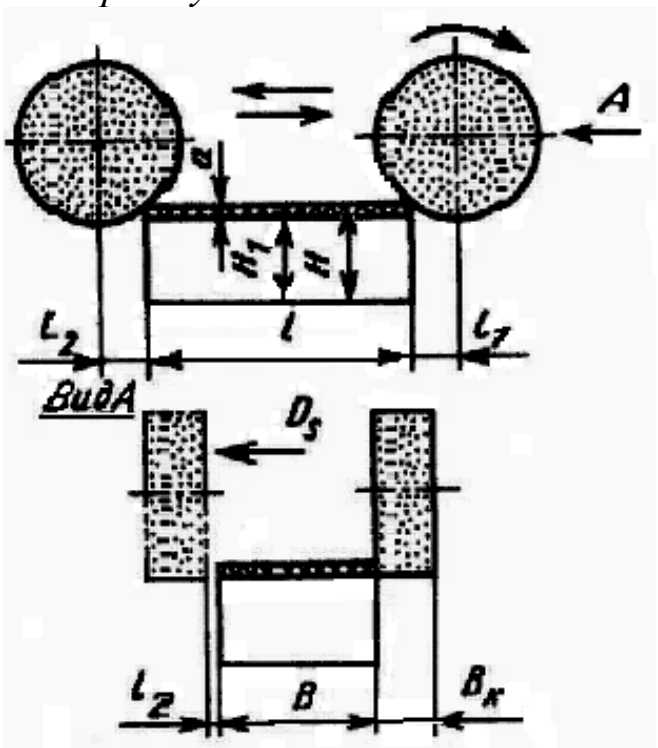
$$T_o = \frac{L}{S_{прод} \cdot n_д} \cdot i \cdot K; \qquad i = \frac{a}{S_{2x}}$$

Плоское шлифование торцом круга на станках с прямоугольным столом



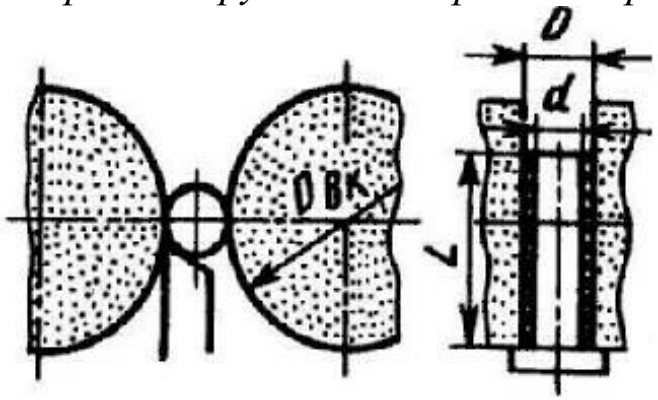
$$T_{\text{о}} = \frac{L \cdot K}{S_{\text{прод}} \cdot n_{2\text{х}}} \cdot i; \quad L = a = H - H_1$$

Плоское шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом



$$T_{\text{о}} = \frac{L \cdot K}{S_{\text{прод}} \cdot n_{2\text{х}} \cdot Q} \cdot i; \quad i = \frac{a}{S_{2\text{х}}}; \quad L = B + B_{\text{к}} + 10$$

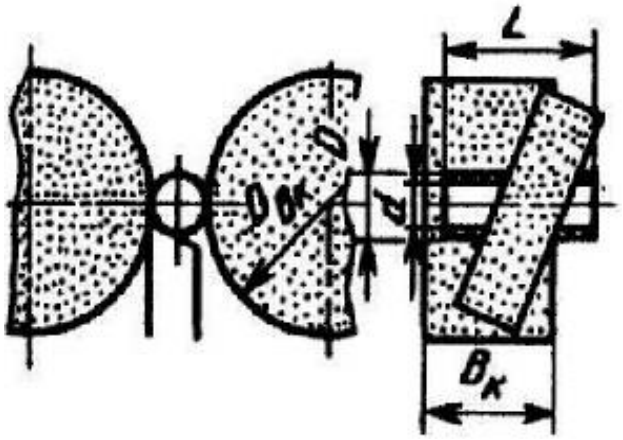
Бесцентровое наружное шлифование врезное



$$T_{\text{о}} = \frac{L}{n_{\text{д}} \cdot S_{\text{рад}}} \cdot K; \quad n_{\text{д}} = \frac{n_{\text{вк}} \cdot D_{\text{вк}}}{D}; \quad L = a = \frac{D-d}{2},$$

где $D_{\text{вк}}$ – диаметр ведущего круга

методом продольной подачи



$$T_{\text{о}} = \frac{L \cdot i}{S_{\text{м}}}.$$

3.4.Абразивные материалы.

Рабочими элементами любого абразивного инструмента являются классифицированные частицы абразивного материала, твердость которых выше твердости обрабатываемого материала. В качестве абразивного материала широко используются электрокорунды, карбид кремния, алмаз, кубический нитрид бора (эльбор). Алмазно-абразивной обработке подвергают самые различные поверхности и материалы. Наиболее широкое применение в машиностроении находят круги из электрокорунда и карбида кремния (рис. 22.12) по ГОСТ 2424 – 83, алмазные круги по ГОСТ 16167 – 80, 16172 – 80Е и др., а также эльборовые круги по ГОСТ 17123 – 79Е.

Электрокорунды (кристаллическая окись алюминия $A1_2O_3$) получают из естественных бокситов с незначительными примесями некоторых материалов. Выпускают следующие разновидности электрокорундов: нормальный (13А – 16А), белый (22А – 25А), хромистый (32А – 34А), титанистый (37А), монокорунд (43А – 45А), циркониевый (38А). По мере возрастания номера индекса растет процентное содержание окиси алюминия и увеличивается режущая способность. Легируя глинозем в процессе плавки титаном, цирконием, хромом, получают абразивные материалы с требуемыми свойствами.

Карбид кремния (карборунд) содержит 97 – 99 % SiC и незначительные примеси других элементов. Выпускают две разновидности карбида кремния: черный (53С, 54С) и зеленый (63С, 64С). Зеленый карбид кремния более хрупок, чем черный, и применяется для обработки чугуна, твердых сплавов цветных металлов, камня. Черный карбид кремния более прочен и применяется в аналогичных случаях, но более тяжелых условиях обработки.

Правильно подобранный круг работает в частичном режиме самозатачивания, т. е. изношенные зерна частично скалываются или вырываются из режущей поверхности круга, образуя или обнажая новые режущие кромки. Поэтому правильный выбор шлифовального круга имеет большое значение

3.5.Выполнение работы.

3.5.1.Цель работы.

Научиться выбирать шлифовальные круги в зависимости от материала детали и требований, предъявляемых к ней, изучить шлифовальный станок.

3.5.2.Задание по работе.

Изучить шлифовальный станок. По полученному заданию выбрать схему шлифования и круг. Ознакомиться с работой станка.

3.5.3.Ход работы.

Начертить схему обработки детали на шлифовальном станке, указав стрелками движение резания, движение подачи и вспомогательного движения.

Выбрать станок для шлифования заданной детали по техническим характеристикам станка [1].

Выбрать тип круга по области применения (табл. П3.1.1).

Основные размеры круга принимаются по техническим характеристикам станка [1].

Выбрать примерную характеристику круга в зависимости от материала детали и ее шероховатости (табл. П3.1.2).

В выбранной примерной характеристике отсутствуют ряд параметров круга, предусмотренных стандартом, поэтому ее необходимо дополнить.

Все параметры, входящие в характеристику круга необходимо расшифровать, указав:

а) абразивный материал – условное обозначение и область применения (табл. П3.1.3), получение абразивного материала, микротвердость, теплоустойчивость (табл. П3.1.4);

б) зернистость инструмента. Уточняется в зависимости от условий обработки (табл.П3.1.5), обозначается по ГОСТ 3647 – 80. Уточняется размер зерна основной фракции и выбирается индекс обозначения содержания зерна в основной фракции (процент). В зависимости от выбранного по условиям обработки процентного содержания основной фракции, номер зернистости в полной характеристике круга дополняется буквенным индексом – В, П, Н, Д;

в) твердость инструмента – параметр, характеризующий способность инструмента сопротивляться нарушению сцепления между зернами и связкой при сохранении характеристик инструмента в пределах установленных норм (табл. П3.1.6);

г) структура абразивного инструмента в примерной характеристике не приведена, поэтому в соответствии с требованиями ГОСТ 2424 – 83 ее необходимо выбрать по таблице П3.1.7 и привести к полной характеристике. Номер структуры обозначает соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте;

д) связка абразивного круга в примерной характеристике не указана, поэтому для полной характеристики ее необходимо выбрать по табл.П3.1.8 в соответствии с примерной характеристикой предназначена для закрепления абразивных зерен и наполнителя и является веществом или совокупностью веществ;

е) в полной характеристике абразивного круга указывается окружная скорость круга. Скорость ограничивается прочностью инструмента, принимается по табл.П3.1.8;

ж) класс точности инструмента. В зависимости от требований к зерновому составу, предельных отклонениям поверхностей, их взаимному расположению, наличию сколов, трещин и раковин абразивные круги выпускаются трех классов точности: АА, А и Б. В зависимости от требуе-

мого класса точности необходимо учитывать, что для кругов класса Б используют шлифовальные материалы со всеми индексами – В, П, Н, Д; для кругов класса точности А – только с индексами В, П, Н; для кругов класса точности АА – только с индексами В и П. Номинальные размеры инструмента и их предельные отклонения указаны в ГОСТ 2424 – 84 [5].

з) класс неуравновешенности инструмента. Во многом определяет производительность обработки, качество поверхности детали, стойкость шлифовального круга – один из показателей качества круга.

Согласно ГОСТ 3060 – К установлены четыре класса неуравновешенности кругов, обозначаемые цифрами 1, 2, 3 и 4.

Для кругов класса АА класс неуравновешенности должен быть первым, для кругов класса А – первым или вторым, для кругов точности Б – первым, вторым или третьим. Цифра класса неуравновешенности указывается в полной характеристике.

и) все выбранные параметры составляют полную характеристику абразивного круга.

к) По таблицам [1] или П3.1.9 определяются режимы резания.

л) По полученным данным изображают эскиз круга с предельными отклонениями (табл.)**9999999999**

Пример:

ПП 100 × 50 × 20 24А 10П С2 7 К5 35 м/с А 1кл. ГОСТ 2424 - 83

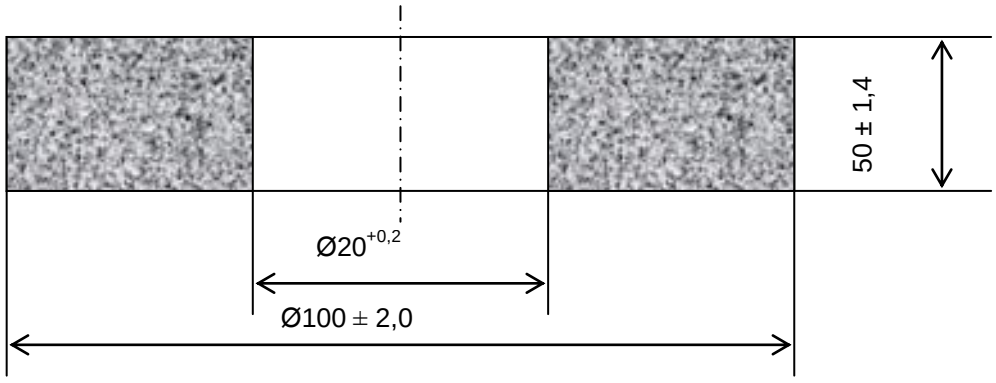


Рис. 3.10

Круг шлифовальный: тип ПП, D = 100, H =50, d = 20, белого электрокорунда марки 24А, зернистости 10П, степень твердости С2, структура 7, связка керамическая К5, рабочая скорость 35 м/с, класс точности А, класс неуравновешенности 1.

3.5.4.Отчетность по работе.

Отчет выполняется на бланке. Все рисунки и подписи к ним выполняются аккуратно карандашом

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.1

Таблица ПЗ.1.1

Применение основных типов абразивных кругов [1, 2]

Вид круга	Тип	Область применения
Плоский прямого профиля	ПП	Круглое наружное при $D < 1000$ мм. Внутреннее при $D \leqslant 150$ мм. Бесцентровое при $D \leqslant 600$мм. Плоское периферией круга. Заточка инструментов, резьбо-, шлице- и зубошлифование.
Плоский с выточкой	ПВ	Круглое внутреннее цилиндрическое шлифование шейки и торца при внутреннем шлифовании.
Плоский с конической выточкой	ПВК	Круглое шлифование шейки и торца вала.
Плоский с двухсторонней конической выточкой	ПВДК	
Плоский с двусторонней выточкой	ПВД	Круглое, плоское шлифование. Ведущий круг для бесцентрового шлифования.
Плоский с запрессованными крепежными элементами	ПН	Обдирочное шлифование.
Плоский с двусторонним коническим профилем	2П	Заточка многолезвийных инструментов, шлифование зубьев шестерен, резьбошлифование
Плоский с коническим профилем	3П	
Кольцо	К	Плоское шлифование
Чашечный цилиндрический	ЧЦ	Заточка инструмента, плоское шлифование направляющих станин станков
Чашечный конический	ЧК	
Тарельчатый	Т	Заточка и доводка передних граней зубьев фрез, заточка червячных фрез

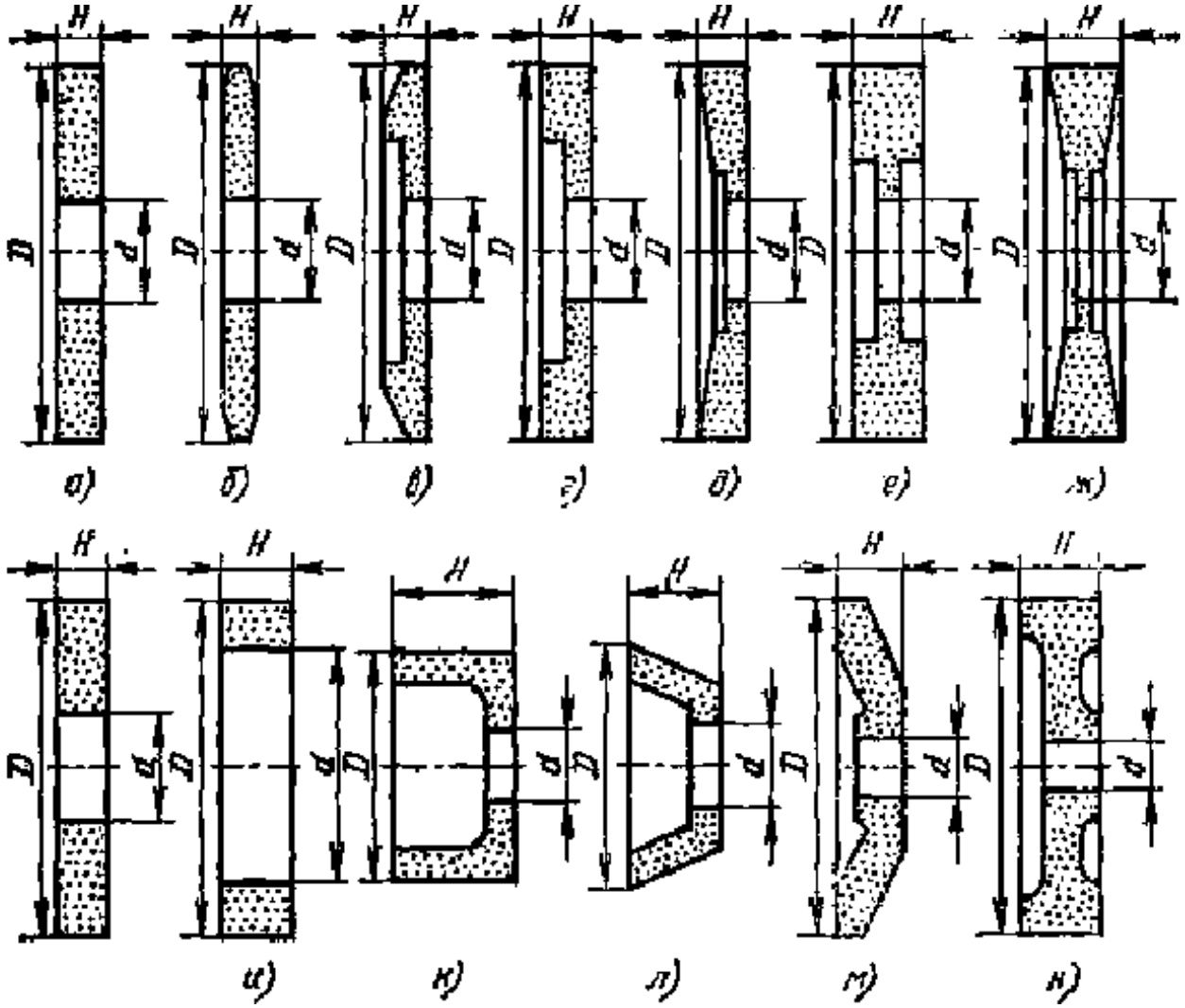


Рис.3.11. Форма сечений шлифовальных кругов по ГОСТ 2424 – 83:

а – с прямым профилем (ПП); *б* – с двусторонним коническим профилем (2П); *в* – с коническим профилем (ЗП); *г* – с выточкой (ПВ); *д* – с конической выточкой (ПВК); *е* – с двусторонней выточкой (ПВД); *ж* – с двусторонней конической выточкой (ПВДК); *з* – специальный (ПН); *и* – кольцевой (К); *к* – чашечный цилиндрический (ЧЦ); *л* – чашечный конический (ЧК); *м* – тарельчатый (Т); *н* – с двусторонней выточкой и ступицей (ПВДС).

Выбор примерной характеристики

Вид шлифования	Шероховатость, мкм	Конструкционная сталь	
		незакаленная	закаленная
Круглое наружное	3,2 - 5,0 1,6 - 2,5 0,8 - 1,25 0,4 - 0,63	15А 40-50 СМ2-С1К 15А 32-40 С1-С2К 15А, 23А 32-40 С1СТ1К 23А, 16-25 С2СТ1К	15А 40-50 СМ1-СМ2К 15А 32-40 СМ2-С1К 15А, 23А 32-40 СМ2С1К 23А 16-25 С1-С2К
Круглое внутреннее	3,2 - 5,0 1,6 - 2,5 0,8 - 1,25 0,4 - 0,63	15А 40-50 СМ2-С1К 15А 32-40 С1-С2К 15А, 23А 25 С2К 15А, 23А 16 С2К	15А 40-50 СМ2К 15А 32-40 СМ2-С1К 15А, 23А 25 С1К 15А, 23А 16 С2К
Плоское периферией круга	3,2 - 5,0 1,6 - 2,5 0,8 - 1,25 0,4 - 0,63	15А 50 СМ2К 15А 40 СМ2К 15А 25 С1К 15А 16 С1К	15А 50 М3-СМ1К 15А 40 М3-СМ1К 15А 25 СМ1-СМ2К 15А 16 СМ1-СМ2К
Плоское торцом круга	3,2 - 5,0 1,6 - 2,5 0,8 - 1,25 0,4 - 0,63	15А 50 СМ1Б 15А 40 СМ1Б 15А 25 СМ2Б 15А 25 СМ2Б	15А 50 СМ1-СМ2Б 15А 40 М2-СМ1Б 15А 25 М3-СМ1Б 15А 25 М3-СМ1Б
Бесцентро-вое	3,2 - 5,0 1,6 - 2,5 0,8 - 1,25 0,4 - 0,63	15А 50 С2К 15А 40 СТ1К 15А, 23А 32 СТ1К 23А 16-25 СТ2К	15А 50 СМ2-С1К 15А 40 СМ2-С2К 15А, 23А 32 СМ1-С1К 23А 16-25 С1-СТ1К

Таблица П3.1.2

абразивных кругов

Быстрорежущая закаленная сталь	Чугун и бронза	Твердый сплав
23А 40-50 СМ1К 23А 32-40 СМ1К 44А, 23А 32-40 СМ2К 44А, 23А 16-25 СМ2К	53С 40-50 СМ1К 53С 32-40 СМ1К 15А, 53С 32-40 СМ2К 15А, 53С 16-25 СМ2К	63С 40-50 СМ1К 63С 32-40 СМ1К 63С 32-40 СМ2БК 63С 16-25 СМ2БК
23А 40-50 СМ2-С1К 23А 32-40 СМ2-С1К 44А,23А32-40СМ1-СМ2К 44А,23А16-25СМ1-СМ2К	53С 50 СМ1К 53С 40 СМ1К 53С, 15А 25 СМ2К 53С, 15А 16 С1К	63С 40-50 М3К 63С 32-40 М3К 63С 25-32 СМ1К 63С 16-25 СМ1К
23А 40-50 СМ2-С1К 23А 32-40 СМ2-С1К 23А 32-40 СМ1-СМ2К 23А 16-25 СМ1-СМ2К	53С, 15А 50 СМ2К 53С, 15А 40 СМ2К 53С, 15А 25 С1К 53С, 15А 16 С1К	63С 40-50 СМ1К 63С 32-40 СМ2К 63С 32-40 М3-СМ1К 63С 16-25 М3-СМ1К
15А 50-80 СМ1-СМ2Б 15А 40-50 СМ1-СМ2Б 15А 32-40 М3-СМ2Б 15А 25 М3-СМ2Б	53С, 15А 50 СМ2Б 53С, 15А 40 СМ2Б 53С, 15А 25 С1Б 53С, 15А 25 С1Б	63С 40-50 М3-СМ1Б 63С 32-40 М3-СМ1Б 63С 32-40 М2-М3Б 63С 16-25 М2-М3Б
23А 40-50 СМ1-СМ2К 23А 32-40 СМ1-СМ2К 44А,23А 32-40 М3-СМ1К 44А,23А 16-25 М3-СМ1К	53С 50 СМ2К 53С 40 СМ2К 53С, 15А 25 С1К 53С, 15А 16 С2К	63С 32-40 СМ1К 63С 32-40 СМ1К 63С 25 СМ1К 63С 16 М3-СМ1К

Таблица П3.1.3

Марки и область применения абразивных материалов [1]

Материал зерна, марка	Область применения
1	2
Электрокорунд нормальный 12А, 13А, 14А, 15А	Обдирочное шлифование стальных заготовок кругами на органических связках, обработка углеродистой и легированной стали, ковкого и высокопрочного чугуна, легированной бронзы, никелевых и алюминиевых сплавов. Шлифование стальных заготовок кругами на органических и неорганических связках. Предварительное шлифование с большим объемом съема и получистовое шлифование.
Электрокорунд белый 23А,22А, 24А,25А	То же. Шлифование закаленных стальных заготовок кругами на всех связках. Окончательное и профильное шлифование, резьбошлифование инструментальной и легированной конструкционной стали. Скоростное шлифование, доводка стальных закаленных заготовок. Шлифование труднообрабатываемых сталей и сплавов.
Электрокорунд хромистый 32А, 33А, 34А	Шлифование доводка и отделка изделий из углеродистой и конструкционной сталей в незакаленном и закаленном состояниях. Применяется для заточки режущего инструмента.
Электрокорунд титанистый 37А	Скоростное шлифование стальных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках. Предварительное шлифование с увеличенным съемом металла.
Электрокорунд циркониевый 38А	Обдирочное силовое шлифование стальных заготовок кругами на бакелитовой связке при высоких скоростях и подачах.
Микрокорунд 43А, 44А	Шлифование и заточка. Шлифование труднообрабатываемых сталей и сплавов инструментом на керамических связках, прецизионное шлифование деталей сложных профилей.
Электрокорунд хромотитанистый 91А, 92А, 93А, 94А	Шлифование на получистовых и чистовых режимах закаленных изделий из углеродистых, конструкционных, быстрорежущих и труднообрабатываемых сталей кругами на всех связках. Шлифование стальных закаленных и незакаленных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках.

Окончание табл.П.3.1.3

1	2
Карбид кремния черный 53С, 53С, 54С	Обработка заготовок из чугуна, цветных металлов, вольфрамовых твердых сплавов. Тяжелые обдирочные и заточные работы (53С). Обработка заготовок из чугуна, цветных металлов и вольфрамовых твердых сплавов.
Карбид кремния зеленый 62С,63С,64С	Обработка заготовок из чугуна, алюминия, меди инструментом на всех связках. Обработка титановых и титанотанталовых твердых сплавов инструментом на всех связках. Обработка заготовок из чугуна, алюминия, меди инструментом на всех связках. Скоростное шлифование заготовок из чугуна заготовок кругами на керамической связке. Чистовая заточка твердосплавного инструмента.

Таблица П3.1.4

Получение абразивного материала, микротвердость, теплоустойчивость

Абразивный материал	Получение	Микротвердость, кГс /мм	Теплоустойчивость, °С
Электрокорунд нормальный	в дуговых печах восстановительной плавки высокосортного углеродистого материала и железной стружки	1900 – 2000	1700 – 1800
Электрокорунд белый	расплавлением глинозема (чистой окиси алюминия) в дуговой печи	2000 – 2100	1700 – 1800
Электрокорунд хромистый	в дуговых печах плавки глинозема с добавкой окиси хрома (до 2%)	2000 – 2200	1700 – 1800
Электрокорунд циркониевый	в дуговых печах плавки глинозема и двуокиси циркония	2300 – 2400	1900 – 2000

Окончание табл.П3.1.4

Абразивный материал	Получение	Микротвердость, кГс/мм	Теплоустойчивость, °С
Электро-корунд титанистый	Сплав окиси алюминия с окисью титана	2200 – 2300	1700 – 1800
Моно-корунд	Сплавлением в электродуговых печах боксита с сернистым железом и восстановителем. После выщелачивания шлака материал распадается на монокристальные частицы	2300 – 2400	1700 – 1800
Карбид кремния черный	Сырье: жильный кварц, кварцевые пески, кварциты, нефтяной кокс, антрацит. В электрических печах сопротивления силицированием частиц углерода	3300 – 3600	1300 – 1400
Карбид кремния зеленый	– " –	3300 – 3600	1300 – 1400

Таблица П3.1.5

Зернистость абразивных материалов [1]

<table>
<tr><th rowspan="2">Зернистость по ГОСТ 3647 – 80</th><th rowspan="2">Размер основной фракции, мкм</th><th colspan="4">Индекс обозначения содержания основной фракции</th><th rowspan="2">Область применения</th></tr>
<tr><th>В</th><th>П</th><th>Н</th><th>Д</th></tr>
<tr><td>200
160</td><td>2500 – 2000
2000 – 1600</td><td rowspan="8">55</td><td rowspan="6">45</td><td rowspan="6">41</td><td>Обдирочное силовое шлифование</td></tr>
<tr><td>125
100
80</td><td>1600 – 1250
1250 – 1000
1000 – 800</td><td>Обдирочные операции; зачистка отливок, поковок и др. заготовок</td></tr>
<tr><td>63
56</td><td>800 – 630
630 – 500</td><td>Предварительное круглое нарезание, внутреннее, бесцентровое и плоское шлифование с шероховатостью поверхности Ra = 2,5 ÷ 0,63. Шлифование вязких материалов отреза, правка инструмента.</td></tr>
<tr><td>40
32</td><td>500 – 400
400 – 315</td><td>Предварительное и чистовое шлифование деталей с шероховатостью поверхности Ra = 2,5 ÷ 0,32. Заточка режущего инструмента</td></tr>
<tr><td>25
20
16
12
10</td><td>315 – 250
250 – 200
200 – 160
160 – 125
125 – 100</td><td>Чистовое шлифование до шероховатости Ra = 1,2 ÷ 0,16. Шлифование хрупких материалов</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Отделочное шлифование до шероховатости Ra = 0,63 ÷ 0,16. Предварительное хонингование.</td></tr>
<tr><td>8
6</td><td>100 – 80
80 – 63</td><td colspan="2" rowspan="2">40</td><td>Чистовое и тонкое шлифование деталей из твердых сплавов, металлов, стекла и других неметаллических материалов. Резьбошлифование, чистовое хонингование</td></tr>
<tr><td>5
4</td><td>63 – 50
50 – 40</td><td>Отделочное шлифование хрупких материалов, резьбошлифование</td></tr>
</table>

Таблица П3.1.6

Маркировка и применение инструмента в зависимости от вида обработки [1]

Область применения	Обозначение степени твердости по ГОСТу	Твердость круга
Правка абразивных инструментов, шлифование торцов шарикоподшипников	ЧТ2, ЧТ1 ВТ2, ВТ1	Чрезвычайно твердый, Весьма твердый
Обдирочные операции, ведущиеся вручную; отрезка; круглое наружное шлифование методом врезания ведущие круги бесцентрового шлифования; хонингование отверстий малого диаметра.	Т2, Т1, СТ3, СТ2	Твердый, Среднетвердый
Предварительное круглое наружное и бесцентровое шлифование сталей (преимущественно незакаленных) и чугуна. Хонингование и резьбошлифование кругами на бакелитовой связке; обработка прерывистых поверхностей.	СТ2, СТ1, С2	Средний
Плоское шлифование сегментами и кольцевыми кругами; резьбошлифование кругами на бакелитовой связке.	СТ1, С2, С1	Средний
Чистовое и комбинированное круглое, наружное, бесцентровое и внутреннее шлифование сталей, плоское шлифование периферией круга, резьбошлифование деталей с крупным шагом. Заточка режущих инструментов вручную или с механической подачей.	С2, С1, СМ2, СМ1	Средний
Плоское шлифование торцом круга. Обработка цветных металлов, закаленных сталей, чистовое шлифование.	СМ2, СМ1, М3, М2	Мягкий
Заточка и доводка режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, шлифование труднообрабатываемых специальных сплавов.	М3, М2, М1	Мягкий

Таблица П3.1.7

Структуры шлифовальных кругов в зависимости от вида обработки [1,2]

Номер структуры	Объемное содержание шлиф. материала, %	Область применения
1,2,3	60,58,56	Шлифование деталей с малым съемом материала кругами на бакелитовой и керамической связках.
3,4	56, 54	Отрезка, шлифование с большими подачами и переменной нагрузкой; шлифование твердых и хрупких материалов.
5,6	52,50	Круглое наружное бесцентровое плоское периферией круга; шлифование металлов с высоким сопротивлением разрыву.
7,8	48, 46	Шлифование вязких металлов с низким сопротивлением разрыву. Внутренне шлифование, заточка инструментов, плоское шлифование торцом круга.
9,10, 11,12	44,42,40,38	Скоростное шлифование. Профильное шлифование мелкозернистыми кругами. Шлифование резьбы. Шлифование и заточка инструмента, твердым сплавом
14,15, 16	36,34,32,30	Шлифование неметаллических материалов, металлов с низкой теплопроводностью (устранение отжигов и трещин).

Таблица П3.1.8

Связки абразивных инструментов и область их применения [2]

Маркировка связки	Область применения	Состав и особенности связки
Неорганические		
Керамическая		
К1-К6, К8, К10	Инструмент общего назначения для всех видов шлифования кроме отрезных и прорезных работ	Огнеупорная глина, полевой шпат, тальк, кварц, растворимое стекло Высокая водоупорность, Температурная и химическая стойкость, чувствительность к ударным и изгибающим нагрузкам.
К2, К3	Инструмент из карбида кремния для всех видов шлифования и заточки	

Продолжение табл.П3.1.8

Маркировка связки	Область применения	Состав и особенности связки
К1, К5, К8	Инструмент повышенной прочности – кромкостойкости для скоростного, профильного, врезного прецизионного шлифования.	Окружная скорость шлифования круга до 35 м /с.
Магнезиальная		
МГ	Сухое шлифование на заточных и зачистных операциях при обработке деталей прямого профиля не требующих выдерживания точных размеров	Каустический магнезит и хлористый магний (магнезиальный цемент). Чувствительность к влаге и холоду, уменьшенное выделение тепла в зоне резания. Круг плохо сохраняет рабочий профиль. Окружная скорость круга до 20 м /с.
Силикатовая		
С	Плоское сухое шлифование торцом круга; шлифование особо чувствительных к перегреву деталей, а также в случаях, когда круг имеет большую площадь контакта с деталью.	Растворимое стекло (силикат натрия), окись цинка, мел, пластичная глина. Малая сцепляемость с зернами способствует самозатачиваемости. Круги размягчаются при работе с охлаждающей жидкостью.
Органические		
Бакелитовая		
Б	Инструмент с повышенной режущей способностью для шлифования деталей, имеющих склонность к прижогам, зачистное и обдирочное шлифование, заточка и хонингование	Фенолформальдегидные смолы, фурфуры. Высокая прочность и упругость. Разрушается под действием 15%-ой щелочной охлаждающей жидкости. Не выдерживает температуру больше 250°С. Окружная скорость круга: 50 – 65 м /с – для кругов общего назначения, 80 – 100 м/с для отрезных, обдирочных работ, заточки режущих инструментов. Круги имеют упрочняющие элементы
Б1	Инструмент общего назначения. Для плоского, внутреннего шлифования, заточки, разрезных работ.	
Б2	Инструмент для торцешлифования сегментными кругами	

Окончание табл.П3.1.8

Маркировка связки	Область применения	Состав и особенности связки
Б3	Инструмент для резьбошлифовальных и отрезных работ, хонингования.	То же
БП2, БУ, Б156	Инструмент повышенной прочности для скоростного шлифования, зачистки литья и поковок, отрезных работ.	
Глифталевая		
ГФ	Чистовое и отделочное шлифование.	Глифталевая смола. Повышенная упругость по сравнению с бакелитовой связкой
Вулканитовая		
В,В1	Инструмент общего назначения, ведущие круги бесцентрового шлифования, отрезные работы, обработка фасонных поверхностей, хонингование незакаленной стали	Каучук и наполнители (окись магния, окись цинка, сажа и др. Высокая упругость. Разрушается при температуре выше 1500С. Непригодна для снятия больших припусков, так как имеет плотную структуру и склонна к засаливанию. Окружная скорость круга до 80 м/с
В2	Инструмент повышенной прочности для скоростного шлифования и резьбошлифования.	
В3,В5	Инструмент повышенной режущей способности для профильной обработки подшипников качения, чистового шлифования цилиндрических и некруглых поверхностей	

Технические требования на шлифовальные круги [5].

Предельные отклонения размеров кругов должны соответствовать указанным в табл. П3.1.9

Таблица П3.1.9

Наружный диаметр, мм

D	Предельные отклонения для классов точности	
	АА	А, Б
До 6	± 0,3	± 0,4
Св 6 » 30	± 0,5	± 0,8
» 30 » 50	± 0,8	± 1,2
»50 » 80	± 1,0	± 1,6
» 80 » 180	± 1,2	± 2,0
»180 » 260	± 1,5	± 2,7
» 260 » 500	± 2,0	± 4,0
» 500 » 800	± 2,5	± 5,0
» 800	± 3,0	± 6,0

Таблица П3.1.10

Высота, мм

T	Предельные отклонения для классов точности	
	АА	А, Б
До 3	± 0,10	± 0,3
Св 3 » 6	± 0,15	± 0,5
» 6 » 10	± 0,20	± 0,6
»10 » 16		± 0,9
» 16 » 40		± 1,2
» 40 » 100	± 1,5	± 1,4
» 100	± 2,0	± 2,0

Таблица П3.1.11

Диаметр посадочного отверстия(кроме кругов типов ПН и К), мм

H	Предельные отклонения для классов точности		
	АА	А	Б
До 10	+ 0,1	+ 0,2	+ 0,2
Св 10 » 18			
Св 18 » 50			+ 0,3
Св 50 » 80	+ 0,2		+ 0,4
Св 80 » 120			
Св 120 » 180		+ 0,3	+ 0,5
Св 180 » 260			
Св 260	+ 0,3	+ 0,4	+ 0,6

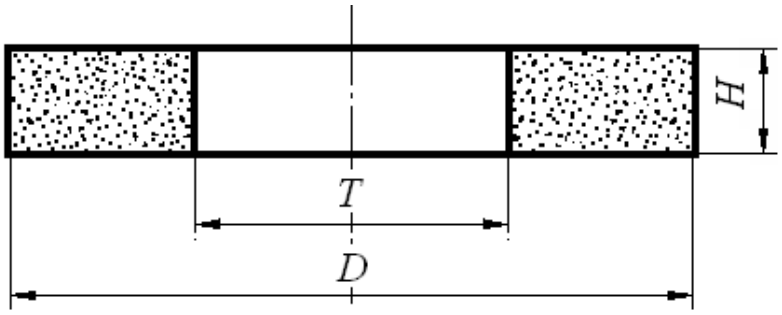


Рис..П3.1Размеры круга.

ТаблицаП3.1.12

мм

D	*T*	*H*	*D*	*T*	*H*
3	6,0; 8,0; 10,0	1,0	8	(6,0); (10,0); 16,0	4,0
4	1,0; 1,3; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0	1,6	10	3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0 16,0; 20,0	3,0
5	8,0	2,0		(6,0); (10,0); 135Q; 16,0	4,0
	2,0		13	3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10i,0; 13,0; 16,0; 20,0	
6	6,0; 8,0; 10,0	1,6.		10,0; 13,0; 16,6; 20,0	6,0
	2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0	2,0	16	3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0	
8	6,0; 8,0; 10,0; 13,0; (16,0)	3,0	20	4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0	

Продолжение табл. П3.1.12

D	*T*	*H*	*D*	*T*	*H*
20	(16,0); 25,0; 32,0	8,0	63	13,0	16,0
25	3,2; 4,0; 5,0; 6,0 8,0: 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0	6,0		6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0	20
	13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0	8,0	80	3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0	
	16,0; 20,0; 25,0; 32,0	10,0			
32	(6,0); 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0		100	4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0	13,0
	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0	6,0		4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0	20,0.
	6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0	13,0		4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0	32,0
40	6,0; 8,0; 10,0	6,0	125	4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0	32
	2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0'; 8,0; 10,0;	8,0; 10,0		(6,0); (8,0); (10,0); (13,0); (16,0); 20,0; (25,0); (32,0); (40,0); (50,0); (63,0);	20,0
	6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0	13,0		(6,0); (8,0); (10,0); (13,0); (16,0); (20,0); 25,0; 32,0; 40,0 50,0; 63,0; 80,0; 100,0	51,0
	32,0; 40,0; 50,0; 63,0	16,0	150	4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; (63,0)	20,0; 32,0
50	4,0; 5,0	10,0		6,0; 8,0; 10,0; 13,0 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0	51,0
	(6,0); (8,0); 10,0; 13,0; (16,0); (20,0); (25,0); (32,0); 40,0; (50,0)	13,0	175	5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0	32,0
	6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0	16,0		3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0;32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0	
63	3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0;	10,0	200	6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0 (32,0); (40,0); (50,0); (63,0); (80,0); (100,0)	51

Окончание табл. П3.1.12

D	*T*	*H*	*D*	*T*	*H*
200	4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25Д 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; (150,0); 160',0; 200,0	76,0	450	6,0; 8,05 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0	127,0
250	6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0	32,0 51,0		6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63; 80,0; 100,0	203,0
	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; (80,0); (100,0); (125,0)	76,0	500	10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; (150,0); 160,0; 200,0	203,0
	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63.0; 80,0; 100,0; 125,0; (150,0); 160,0	127,0		8,0; 10,0; 13,0; 16,0 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; (150,0); 160,0; 200,0; 250,0	305,0
300	6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; (150,0); 160,0; 200,0	32,0; 76,0	600	10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0*; 80,0*; 100,0*; 125,0; (150,0); 160,0; 200,0; 250,0*	
	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; (150,0); 160,0 200,0	127,0		10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 125,0; 160,0; 200,0	203,0
350	32,0; 40,0; 50',0;	76,0	750	16,0; 20,0; 25,0; 32,0 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; (150,0); 160,0; 200,0; (250,0)	305,0
	5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; (150,0); 160,0; 200,0	127,0; 203,0			
400	6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; (125,0); (150,0); 160',0; 200,0	127,0	900	25,0; 32,0; 40,0; 50,0*; 63,0*; 80,0*; 100,0*; 125,0	
	4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; (125,0); (150,0); 160,0; 200,0	203,0	1060	40,0*; 50,0*; 63,0*; 80,0*; 100,0*; 125,0*	

* Должны изготовляться на керамической связке классов точности АА или А.

Примечание. Размеры, заключенные в скобках, применять не рекомендуется

Таблица П3.1.10

Параметры резания при различных видах шлифования

Обрабатываемый материал	Характеристика процесса шлифования	Скорость круга $V_к$, м/с	Скорость заготовки $V_з$, м /мин	Глубина шлифования t,мм	Продольная подача S	Радиальная подача $S_р$, мм/об
Круглое наружное шлифование						
Конструкционные металлы и инструментальные стали	С продольной подачей на каждый ход: предварительное	30–35	12 – 25	0,01 – 0,025	(0,3 – 0,7)B	
	окончательное		15 –55	0,005 – 0,015	(0,2 – 0,4)B	
	С продольной подачей на двойной ход		20 – 30	0,015 – 0,05	(0,3 – 0,7)B	
	Врезное: предварительное		30 – 50	–	–	0,0025- – 0,075
	окончательное		20 – 40			0,001 – – 0,005
Круглое внутреннее шлифование						
Конструкционные металлы и инструментальные стали	На станках общего назначения: предварительное	30 – – 35	20 – 40	0,005 – 0,02	(0,4 – 0,7)B	–
	окончательное			0,0025– 0,01	(0,25 – 0,4)B	
	На полуавтоматических станках: предварительное		50 – 150	0,0025– 0,005	(0,4 – 0,75)B	
	окончательное			0,0015 – 0,0025	(0,25 – 0,4)B	

Продолжение табл.П3.1.10.

Обрабатываемый материал	Характеристика процесса шлифования	Скорость круга $V_к$, м /с	Скорость заготовки $V_з$, м/мин	Глубина шлифования t, мм	Продольная подача S	Радиальная подача $S_р$, мм/об
Круглое бесцентровое шлифование						
Конструкционные металлы и инструментальные стали	На проход: предварительное при $d \leq 20$мм	30 – – 35	20 – 120	0,02 – 0,05	0,5 – 3,8 м/мин	–
	предварительное при $d > 20$мм			0,05 – 0,2		
	окончательное		40 – 120	0,0025–0,01	1,2 – 2,0 м/мин	
	Врезное: предварительное		10 – 45	–	–	0,001– 0,005
	окончательное		10 – 30			
Плоское шлифование периферией круга						
Конструкционные металлы и инструментальные стали	На станках с круглым столом: предварительное	30 – – 35	20 – 60	0,005– 0,015	(0,3 – 0,6)B	
	окончательное		40 – 60	0,005– 0,01	(0,2 – 0,25)B	
	На станках с прямоугольным столом в серийном производстве: предварительное		8 – 30	0,015 – 0,04	(0,4 – 0,7)B	
	окончательное		15–20	0,005 – 0,015	(0,2 – 0,3)B	
	На станках с прямоугольным столом инструментального типа: предварительное		3 – 8	0,05 – 0,15	1,0 –2,0 мм/ход	
	окончательное			0,005 – 0,015	1,0 – 1,5 мм/ход	

Окончание табл.П3.1.10

.

Обрабатываемый материал	Характеристика процесса шлифования	Скорость круга $V_к$, м /с	Скорость заготовки $V_з$, м/мин	Глубина шлифования t, мм	Продольная подача S	Радиальная подача $S_р$, мм /об
Плоское шлифование торцом круга						
Конструкционные металлы и инструментальные стали	На станках с круглым столом: предварительное	25 – – 30	4 – 12	0,015 – 0,04	–	–
	окончательное		2 – 3	0,005 – 0,01		
	На станках с круглым столом с вертикальной подачей на каждый оборот стола: предварительное		10 – 40	0,015 – 0,03	–	
	окончательное			0,005		
	На станках с круглым столом одно-проходного шлифования с автоматической подачей заготовок: предварительное		2 – – 3	0,1 – 0,15	–	
	окончательное			0,005		

Примечания:1. B – толщина круга, мм.

2. Для расчета мощности при круглом шлифовании, если значение продольной подачи приведено в м /мин продольную подачу в мм /об заготовки по формуле, $S(\text{мм/мин}) = S(\text{м/мин}) \times \frac{\pi \cdot d}{1000 \cdot V_З}$

где d – диаметр заготовки, мм $V_з$ – окружная скорость заготовки, м/мин.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.2

Круглошлифовальный станок 3М131

Наибольший диаметр и длина шлифуемой поверхности: 200 ×700 мм. Мощность двигателя шлифовальной бабки $N_{дв}$ = 7,5 кВт; КПД станка – 0,8. Частота вращения обрабатываемой заготовки: 100 ÷ 600 мин$^{-1}$.Частота вращения круга, мин$^{-1}$: 40 ÷ 400 (регулируется бесступенчато). Скорость продольного хода стола 50 ÷ 5000 мм/мин (регулируется бесступенчато). Периодическая поперечная подача шлифовального круга 0,002 ÷ 0,1 мм/ход стола (регулируется бесступенчато). Непрерывная подача для врезного шлифования 0,1 – 4,5 мм /мин. Размеры шлифовального круга (нового): D_K = 600 мм; $B_К$ = 63 мм.

Внутришлифовальный станок ЗК228В

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия: 200 мм; наибольшая длина обрабатываемой поверхности: 200 мм. Мощность двигателя шлифовального шпинделя $N_{дв}$ = 5,5 кВт; КПД станка – 0,85. Частота вращения обрабатываемой заготовки: 100 ÷ 600 мин$^{-1}$ (регулируется бесступенчато). Частота вращения круга, мин$^{-1}$: 4500; 6000; 9000; 13000. Скорость продольного хода стола 50 ÷ 5000 мм/мин (регулируется бесступенчато). Периодическая поперечная подача шлифовальной бабки 1–7 м /мин (регулируется бесступенчато). Поперечная подача шлифовального круга, мм /ход: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006. Наибольшие размеры шлифовального круга: $D_К$ = 175 мм; $B_К$ = 63 мм.

Плоскошлифовальный станок ЗП722

Площадь рабочей поверхности стола 320×1250. Мощность двигателя шлифовального шпинделя $N_{дв}$ = 15 кВт; КПД станка – 0,85. Частота вращения шлифовального круга 1500 мин$^{-1}$. Скорость продольного хода стола 3 ÷ 45 м/мин (регулируется бесступенчато). Вертикальная подача круга, мм на реверс шлифовальной бабки: 0,004; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,08; 0,085; 0,09; 0,095; 0,1. Размеры шлифовального круга (нового): $D_К$ = 450 мм; $B_К$ = 80 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- М.: Машиностроение, 1986, 496 с., ил.
2. Справочник инструментальщика, М. Машиностроение, 1987. 846 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога./А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А. А. Панова.– М.: Машиностроение 1988. – 736 с.: ил.
4. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. М. 1977.
5. ГОСТ 2424-84 Круги шлифовальные.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985,

659 с., ил.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.РАБОТА. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ И ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ТОЧЕНИИ 1
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 12
Таблица П.1.7 15
Значение коэффициента C_V и показателей степени в формулах 15
скорости резания при обработке резцами 15
Таблица П1.8 16
Режимы резания при тонком точении и растачивании 16
ЛИТЕРАТУРА. 16
2.РАБОТА. ВЫБОР И ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА 17
2.1.Общие сведения. 17
2.2. Выполнение работы. 17
2.3. Оформление отчета 18
2.4. Характеристика методов обработки металлов. 19
Режим резания при сверлении. 21
Таблица 2.2 21
Качество отработанной поверхности отверстий 21
Таблица 2.3 22
Последовательность обработки отверстий с использованием 22
сверления, зенкерования и развёртывания 22
Таблица 2.4 24
Средние значения периода стойкости сверл, зенкеров и разверток 24
Рекомендуемые режимы резания при сверлении 25
деталей из стали, алюминиевых сплавов и чугуна 25
Таблица 2.5 25
Рекомендуемые группы подач при обработке отверстий 25

в зависимости от условий обработки 25
Таблица 2.6 26
Подачи S_O^*, мм /об, при обработке отверстий в деталях из стали, ... 26
Таблица 2.7 27
Скорость резания *V*, м/мин при обработке отверстий 27
в стальных деталях 27
Поправочные коэффициенты на скорость резания 28
Таблица 2.8 28
Коэффициент k_{MV} в зависимости от характеристики 28
обрабатываемого материала 28
Таблица 2.9 28
Коэффициент k_{TV} в зависимости от периода стойкости инструмента 28
Таблица 2.10 29
Коэффициент k_{lV} в зависимости от глубины обработки 29
Таблица 2.11 29
Скорость резания *V*, м/мин при обработке отверстий в чугунных деталях 29
Поправочные коэффициенты на скорость резания 29
Таблица 2.12 29
Коэффициент k_{MV} в зависимости от характеристики 29
обрабатываемого металла 29
Таблица 2.13 30
Коэффициент k_{Tv} в зависимости от периода стойкости инструмента T_M 30
Таблица 2.14 30
Коэффициент k_{lV} в зависимости от глубины обработки 30
Рекомендуемые режимы резания при рассверливании 30
деталей из стали, алюминиевых сплавов и чугуна 30
Таблица 2.15 30
Подача S_O, мм /об 30
Таблица 2.16 31
Скорость резания *V*, м/мин. 31
Поправочные коэффициенты на скорость резания 32
Таблица 2.17 32
Коэффициент k_{TV} в зависимости от стойкости инструмента 32
Таблица 2.18 32
Коэффициент k_{MV} в зависимости от характеристики 32
обрабатываемого металла 32
Таблица 2.19 32
Скорость резания при развертывании отверстий в стальных деталях 32
Таблица 2.20 33
Поправочный коэффициент k_{MV} на скорость резания в зависимости 33
от обрабатываемого металла 33
Таблица 2.21 33
Режимы резания при развертывании отверстий в чугунных деталях 33
Таблица 2.22 33
Поправочный коэффициент k_{MV} на скорость резания в зависимости 33

от обрабатываемого металла 33
Таблица 2.23 33
Режимы резания при развертывании отверстий в чугунных деталях 33
Таблица 2.24 36
Скорость резания, м /мин, для протяжек из быстрорежущей стали Р6М5 36
Таблица 2.25 36
Группы скорости резания при протягивании стали и чугуна 36
Таблица 2.26 40
Рекомендуемые значения габаритных размеров в мм и числа зубьев цельных фрез 40
Режим резания при фрезеровании. 41
Таблица 2.27 43
Подачи при фрезеровании стальных заготовок шпоночными 43
фрезами из быстрорежущей стали 43
Таблица 2.28 44
Подача на зуб фрезы S_Z, мм/об, при обработке плоскостей 44
Таблица 2.29 45
Подачи на зуб S_Z, мм/зуб, при обработке пазов 45
Таблица 2.30 46
Средние значения периода стойкости T фрез 46
Таблица 2.31 46
Скорость резания V, м/мин, при обработке деталей из стали 46
Таблица 2.32 47
Скорость резания V, м/мин, при обработке деталей из чугуна 47
и алюминиевых сплавов 47
Поправочные коэффициенты на скорость резания. 49
Таблица 2.33 49
Коэффициент $k_д$ в зависимости от отношения диаметра фрезы к глубине 49
или ширине фрезерования 49
Таблица 2.34 50
Коэффициент k_{MV} зависимости от характеристики 50
обрабатываемого материала 50
Таблица 2.35 50
Коэффициент k_{TV} в зависимости от стойкости инструмента 50
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.1 51
Таблица П2.1.2 52
Протяжные станки 52
Таблица П2.1.1 53
Зависимость скоростей рабочего хода и допускаемых сил на ползуне 53
от длины обрабатываемой поверхности и числа двойных ходов 53
ползуна в 1 мин 53
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.2 54
Таблица П2.2.2 55
Значения коэффициента C_V и показателей степени в формуле 55

скорости резания при рассверливании, зенкеровании и развертывании 55
Таблица П2.2.3 56
Значения коэффициента C_V и показателей степени в формуле 56
скорости резания при фрезеровании 56
Таблица П2.2.4 59
Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при работе 59
сверлами, зенкерами и развертками 59
Таблица П2.2.5 59
Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при работе 59
концевыми фрезами 59
Таблица П2.2.6 60
Обработка фрезами цилиндрическими, дисковыми, прорезными 60
и фасонными 60
Таблица 2.2.7 60
Сила резания *P*, Н, приходящаяся на 1 мм длины лезвия зуба протяжки 60
ЛИТЕРАТУРА 61
3.РАБОТА. ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА 61
3.1. Общие сведения. 61
3.2.Схемы обработки при шлифовании. 62
3.2.Элементы режима резания при шлифовании. 67
3.3.Определение основного времени при шлифовальных работах. 68
3.4.Абразивные материалы. 70
3.5.Выполнение работы. 71
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.1 74
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.2 93
ЛИТЕРАТУРА 94

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ
(часть 1)

Пособие по выполнению самостоятельных работ
по дисциплине

«ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»
для студентов очного и заочного обучения направления
150400 –«Технологические машины и оборудование»

25 листов



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Факультет ГХ

Глинникова Т.П.

Процессы формообразования и инструмент

Руководство по выполнению лабораторных работ

для студентов специальности 15.02.01–«Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)» очного обучения

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
методической комиссией
горно-механического факультета
«___» _____ 2019 г.
Председатель комиссии
_____В.П. Барановский

Глинникова Т.П.

ПРОЦЕССЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТ

Руководство по выполнению лабораторных работ

для студентов специальности
15.02.01–«Монтаж и техническая эксплуатация Промышленного оборудования (машиностроение)»
очного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.
ИЗУЧЕНИЕ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА

Станки токарной группы имеют самое большое распространение на машиностроительных заводах и в ремонтных цехах, по сравнению с другими группами металлорежущих станков.

Токарные станки предназначены главным образом для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезания резьбы и обработки торцовых поверхностей деталей типа тел вращения с помощью разнообразных резцов, сверл, зенкеров, разверток, метчиков и плашек.

Основные параметры токарных станков – наибольший диаметр заготовки, обрабатываемой над станиной, и наибольшее расстояние между центрами. Важным параметром станка является также наибольший диаметр заготовки, обрабатываемой над поперечными салазками суппорта.

Общий вид станка приведен на рис. 1. Все механизмы станка монтируют на станине 1. В передней (шпиндельной) бабке 18 устанавливают коробку скоростей, шпиндель и другие элементы. Коробка подач 9 передает движение от шпинделя к суппорту (на рисунке шпиндель не видно, так как на нем навинчен патрон 24). Суппорт включает в себя поперечные салазки 8 и верхние салазки 31, которые размещены на каретке суппорта, перемещающейся по направляющим 40 станины. В фартуке 4 вращение ходового винта 41 или вала 42 преобразуется в поступательное движение суппорта, несущего на верхних салазках резцедержатель 26. В пиноли задней бабки 36 может быть установлен центр для поддержки обрабатываемой заготовки или стержневой инструмент (сверло, развертка и т.п.) для обработки центрального отверстия в заготовке, закрепленной в патроне.

Основные органы управления (рукоятки и кнопки) универсального токарно-винторезного станка показаны на рис. 1.

Установка и закрепление на станках заготовок производится в

патроне, патроне и заднем центре, в центрах и на оправке.

Патроны предназначены для закрепления заготовок, которые могут выступать из него на длину, равную двум-трем их диаметрам. Более длинные заготовки устанавливают в патроне и заднем центре. Поддержка заготовки задним центром необходима и при тяжелых обдирочных работах. Установку в центрах используют для длинных заготовок типа валов в тех случаях, когда необходимо обеспечить соосность нескольких обрабатываемых наружных поверхностей с минимальными отклонениями, а также при обработке заготовок последовательно на различных станках с установкой на одни и те же технологические базы. Оправки применяют при обработке наружной поверхности заготовки при наличии в ней предварительно обработанного отверстия.

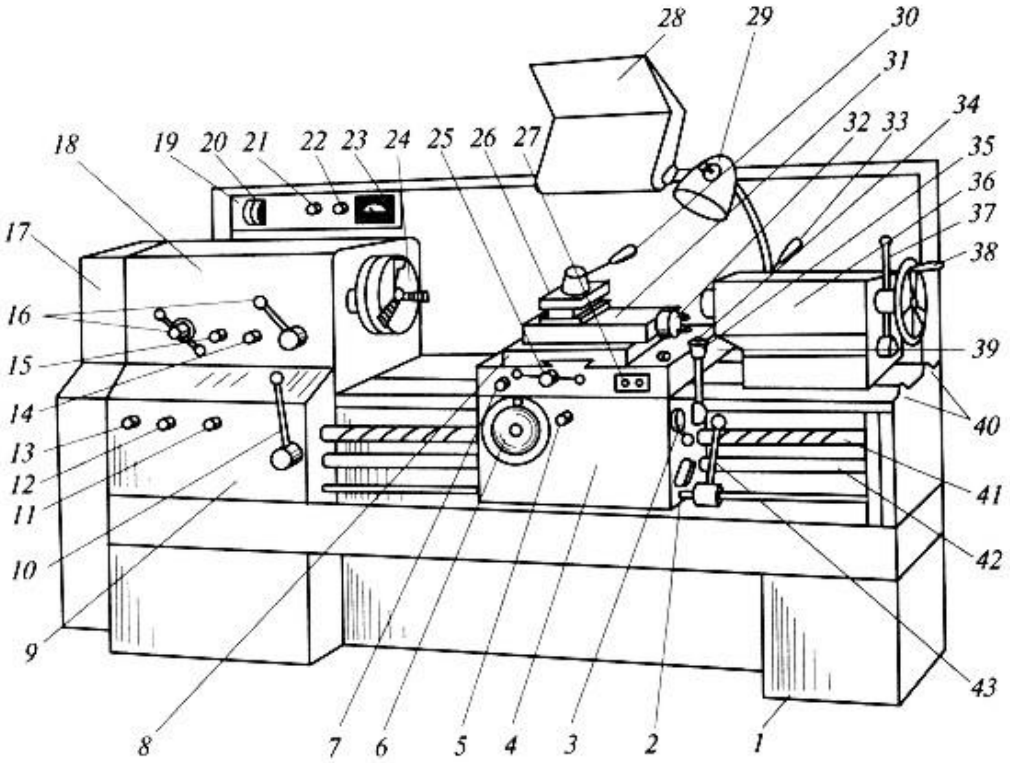


Рис. 1. Универсальный токарно-винторезный станок:

1 – станина; 2 – рукоятка включения и выключения подачи; 3 – рукоятка включения и выключения маточной гайки; 4 – фартук; 5 – рукоятка размыкания реечного колеса с рейкой; 6 – маховик ручного перемещения каретки; 7 – кнопка золотника смазки направляющих каретки и салазок суппорта; 8 – поперечные салазки суппорта; 9 – коробка подач; 10, 43 – рукоятки управления фрикционной муфтой в коробке скоростей (реверсируют вращение шпинделя), сблокированы между собой; 11 – рукоятка установки шага резьбы и отключения коробки подач при нарезании резьбы напрямую; 12 – рукоятка установки подачи и типа нарезаемой резьбы; 13 – рукоятка настройки величины подачи и шага резьбы; 14 – рукоятка настройки станка на нарезание правой и левой резьб; 15 – рукоятка установки нормального или увеличенного шага резьбы; 16 – рукоятки изменения частоты вращения шпинделя; 17– кожух ременной передачи главного привода; 18 – передняя бабка (с коробкой скоростей); 19 – электрический пульт; 20 – выключатель вводный автоматический; 21 – сигнальная лампа; 22 – выключатель подачи насоса охлаждающей жидкости; 23 – указатель нагрузки станка; 24 – патрон; 25 – рукоятка ручного перемещения поперечных салазок; 26 – резцедержатель; 27 – кнопочная станция включения и выключения электродвигателя главного привода; 28 – защитный щиток; 29 – выключатель местного освещения; 30 – рукоятка поворота и зажима резцедержателя; 31 – верхние салазки; 32 – рукоятка ручного перемещения верхних салазок суппорта; 33 – рукоятка зажима пиноли задней бабки; 34 – кнопка включения электродвигателя привода ускоренного перемещения каретки и поперечных салазок суппорта; 35 – рукоятка изменения направления перемещения каретки и поперечных салазок суппорта; 36 – задняя бабка; 37 – рукоятка закрепления задней бабки к станине; 38 – маховик ручного перемещения пиноли задней бабки; 39 – каретка суппорта; 40 – направляющие станины; 41– ходовой винт; 42 – ходовой вал.

Устройство задней бабки показано на рис. 2. В корпусе 1 при

вращении винта 5 маховиком 7 перемещается пиноль 4, закрепляемая рукояткой 3. В пиноли устанавливается центр 2 с коническим хвостовиком (или осевой инструмент). Задняя бабка перемещается по направляющим станка вручную или с помощью продольного суппорта.

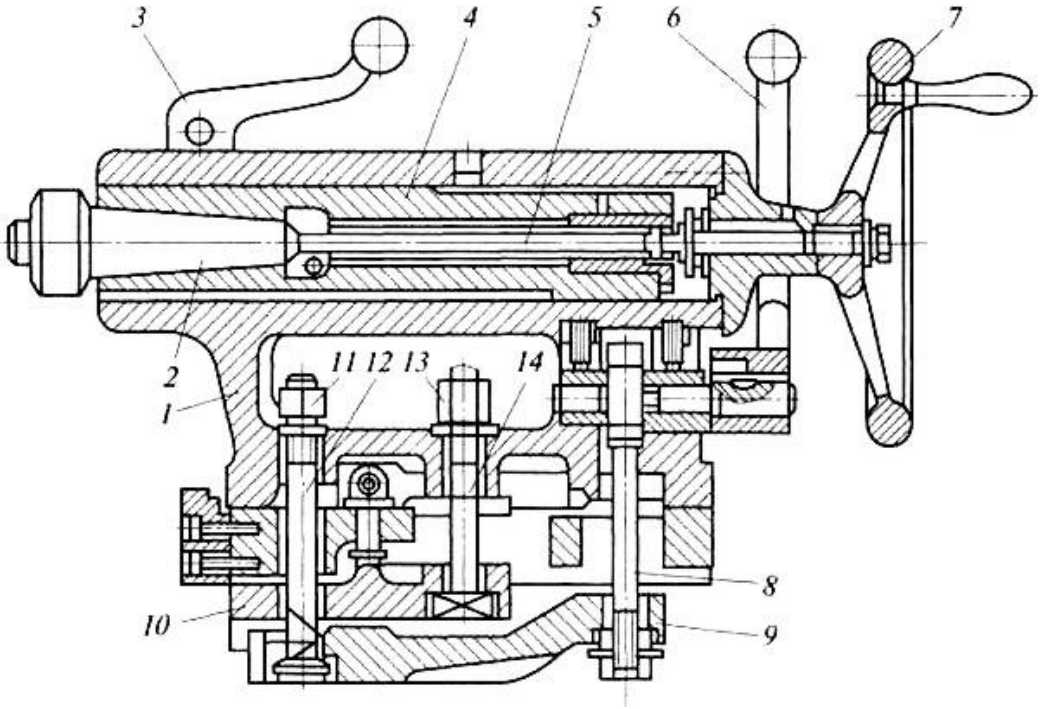


Рис. 2. Задняя бабка токарного станка:
1 – корпус; 2 – центр; 3,6 – рукоятки; 4 – пиноль; 5, 12 и 14 – винты; 7 – маховик; 8 – тяга; 9, 10 – рычаги; 77, 13 – гайки

В рабочем неподвижном положении задняя бабка фиксируется рукояткой 6, которая соединена с тягой 8 и рычагом 9. Сила прижима рычага 9 тягой 8 к станине регулируется гайкой 11 и винтом 12. Более жесткое крепление задней бабки производится с помощью гайки 13 и винта 14, который прижимает к станине рычаг 10.

При обработке заготовок длинных нежестких валов с соотношением длины к диаметру (L/D) > 15 для предотвращения их прогиба под действием сил резания, инерционных сил и сил тяжести используют неподвижные и подвижные люнеты.

Неподвижный люнет (рис. 3, а) монтируется на направляющие станины 1 с закреплением сухарем 2 и гайкой 3. Заготовка 10 устанав-

ливается между кулачками 6, перемещаемыми от винтов 8 стойки 4. Перед установкой верхнего кулачка необходимо открепить винт 77 и отвести крышку 7 относительно оси 5. После выставления кулачков их требуется зафиксировать винтами 9.

Подвижный люнет (рис. 3, б) монтируется на суппорте 14 станка с закреплением стойки 12 винтами 13. Люнет имеет два кулачка б, регулируемых винтами 8. В процессе обработки подвижный люнет перемещается вместе с резцом, что позволяет расположить кулачки люнета в непосредственной близости от зоны резания и тем самым почти исключить прогиб заготовки 10.

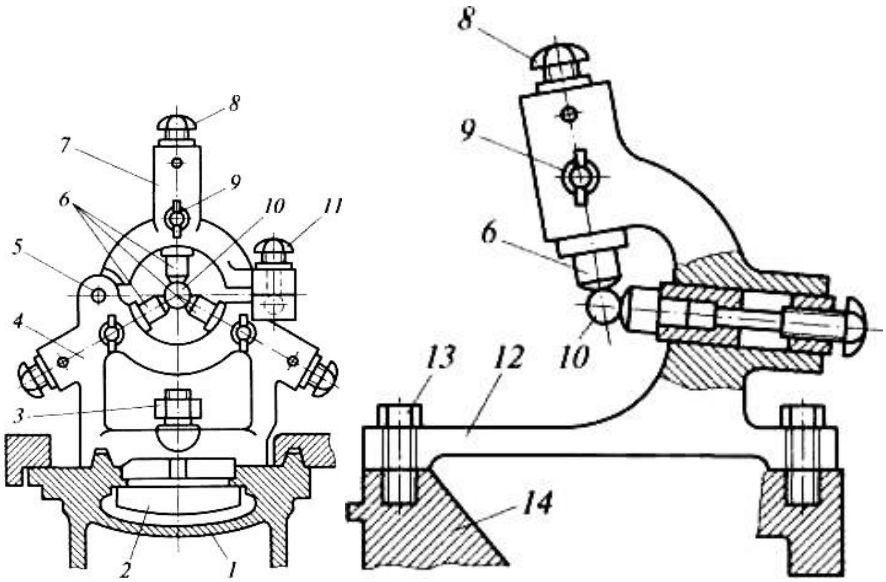


Рис. 3. Неподвижный (а) и подвижный (б) люнеты:
1 – станина; 2 – сухарь; 3 – гайка; 4, 12 – стойки, 5 – ось; 6 – кулачки; 7 – крышка; 8, 9, 11, 13 – винты; 10 – заготовка; 14 – суппорт

Цель работы

1. Ознакомиться с общим видом токарно-винторезного станка.
2. Изучить назначение всех кнопок и рукояток управления
3. Рассмотреть и изучить назначение основных узлов станка.
4. Познакомиться с режущим инструментом.
5. Познакомиться с оснасткой станка.

Оборудование

1. Токарно-винторезный станок.
2. Патроны – поводковый, самоцентрирующийся трехкулачковый, четырехкулачковый, токарные центры, люнеты.
3. Ключи для патрона и резцедержателя.
4. Резцы проходные и отрезные.
5. Заготовки для деталей.
6. Мерительный инструмент – штангенциркуль.
7. Плакат "Режущий инструмент и его применение".

Задание по работе

- Изучить устройство и управление токарно-винторезным станком.
- Изучить режущий инструмент и его применение.
- Составить отчет о проделанной работе.
- Ответить на 3 контрольных вопроса.

Выполнение работы

1. Изучить правила техники безопасности при работе на токарном станке.
2. Изучив рекомендованную литературу, рассмотреть основные части станка и объяснить их назначение.
3. Ознакомиться с режущим инструментом, его установкой и назначением.
4. Ознакомиться с оснасткой станка, ее установкой и назначением.
5. Составить отчет о проделанной работе (Отчет выполняется на специальном бланке).

Содержание отчета

На схеме станка обозначить основные узлы станка и рукоятки управления. Коротко описать назначение основных узлов станка.

Схема обработки детали (эскиз детали и резца в плане, с указанием углов резца в плане, направлений главных движений, материала режущей части).

Контрольные вопросы по работе

1. Перечислить основные узлы станка и их взаимное расположение.
2. Передняя бабка. Устройство и назначение.
3. Задняя бабка. Устройство и назначение.
4. Коробка подач. Устройство и назначение.
5. Фартук. Назначение рукояток.
6. Ходовой винт. Назначение.
7. Ходовой вал. Назначение.
8. Как вращательное движение ходового вала превращается в поступательное движение фартука?
9. Суппорт. Устройство и назначение.
10. Станина. Устройство.
11. Резец проходной отогнутый правый. Углы в плане, назначение.
12. Материал режущей части резца.
13. Резец проходной отогнутый левый. Углы в плане, назначение.
14. Резец проходной, прямой, правый. Углы в плане, назначение.
15. Резец подрезной, отогнутый, правый. Углы в плане, назначение.
16. Резец отрезной. Углы в плане, назначение.
17. Резец проходной, упорный, правый. Углы в плане, назначение.
18. Резец резьбовой. Углы в плане, назначение.
19. Резец расточной для сквозных отверстий. Углы в плане.
20. Резец расточной для глухих отверстий. Углы в плане.
21. Сверло центровочное. Назначение. Эскиз установки.
22. Зенкер. Назначение. Эскиз установки.
23. Развертка. Назначение. Эскиз установки.
24. Метчик машинный. Метчик ручной. Назначение и схема установки.
25. Плашка. Назначение.

26. Патрон трехкулачковый. Назначение.
27. Патрон четырехкулачковый. Назначение.
28. Установка детали в центрах.
29. Люнет подвижный. Назначение. Эскиз.
30. Люнет подвижный. Назначение. Эскиз.

Литература

1. Токарная обработка. Фещенко В. Н., М., Высшая школа, 1990 г.
2. Токарное дело. Денежный П. М. и др. М., Высшая школа, 1976 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.
НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА ДЛЯ ТОЧЕНИЯ НАРУЖНЫХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Станки токарной группы имеют самое большое распространение на машиностроительных заводах и в ремонтных цехах, по сравнению с другими группами металлорежущих станков.

На станках токарной группы обрабатываются детали, имеющие преимущественно форму тела вращения, при этом выполняются наиболее распространенные работы: обтачивание наружных и растачивание внутренних поверхностей, подрезание торцов, прорезание канавок, отрезание, сверление, зенкерование, развертывание, изготовление конусных и фасонных поверхностей, резьб.

Наладка станка на обработку конических поверхностей осуществляется следующим образом. Коническая поверхность может быть образована различными способами: широким резцом, проходным (расточным) резцом, установленным на повернутых верхних салазках суппорта, или на суппорте, соединенном с копирной (конусной) ли-

нейкой, а также проходным резцом со смещением задней бабки.

Широким резцом обрабатывают конусы небольшой длины (до 20...25 мм): фаски, фасонные канавки, дорожки качения внутренних колец конических роликовых подшипников. Резец / (рис. 4, а) устанавливают на суппорте 2, которому сообщается поперечное DSn или продольное DSnp движение подачи. Режущую кромку резца выставляют, например, по шаблону, под заданным углом а.

Наружные и внутренние конические поверхности можно обрабатывать резцом / при перемещении верхних салазок 3 суппорта, повернутых на угол а (рис. 4, б).

Возможна обработка конических поверхностей с использованием специального приспособления (копирной линейки). В этом случае необходимо отсоединить ходовой винт поперечной подачи от гайки и поперечные салазки соединить с ползушкой приспособления. Этот процесс переналадки занимает достаточно много времени, поэтому применяется в среднесерийном и крупносерийном производствах. Теперь если суппорту сообщить движение продольной подачи, то поперечные салазки, связанные с ползушкой, будут совершать сложное движение и в продольном, и в поперечном направлениях, а резец будет перемещаться под углом, равным углу установки конусной линейки, по которой скользит ползушка.

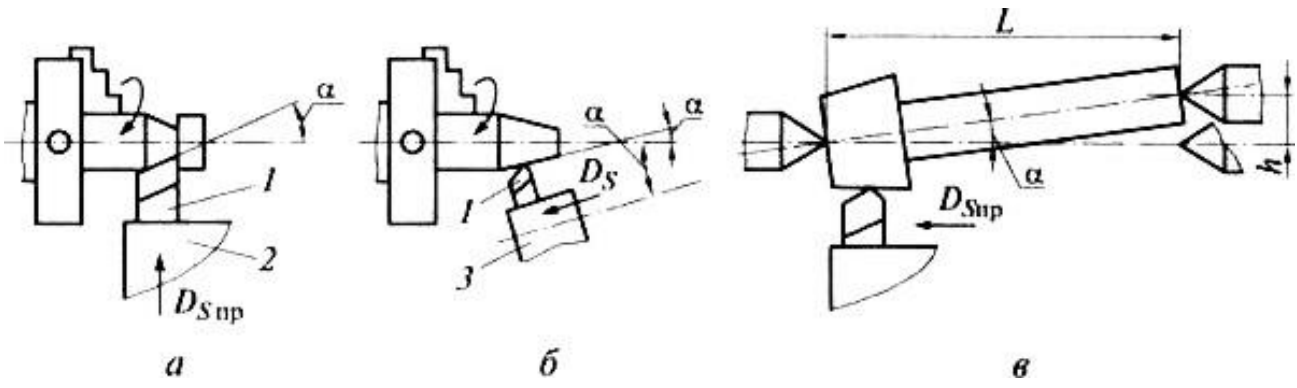


Рис. 4 Схемы обработки конусов: 1 – резец; 2 – суппорт; 3 – верхние салазки; а – угол обрабатываемого конуса.

Конические поверхности с углом, а < 4° на заготовках, базируе-

мых в центрах (рис. 4, в), обтачивают при смещении задней бабки. Обработку производят при продольном движении подачи резца. Необходимое смещение центра h - Lsin a. Значение h не должно превышать ±15 мм.

Обработку конических поверхностей на токарных станках выполняют различными способами: поворотом верхней части суппорта, смещением корпуса задней бабки, применением конусной (копировальной) линейки, широким резцом. Применение того или иного способа зависит от длины конической поверхности и угла уклона конуса.

Коническая поверхность характеризуется следующими параметрами (рис. 8.1): меньшим *d* и большим *D* диаметрами и расстоянием *l* между плоскостями, в которых расположены окружности с диаметрами *d* и *D*.

Угол α называют углом наклона конуса, а угол 2α — углом конуса. Отношение $K=(D — d)/l$ называют конусностью и обычно обозначают отношением, например 1 : 20 или 1 : 50, а в некоторых случаях десятичной дробью, например 0,05 і 0,02. Отношение У = $(D – d)/2l$= tg α называют уклоном.

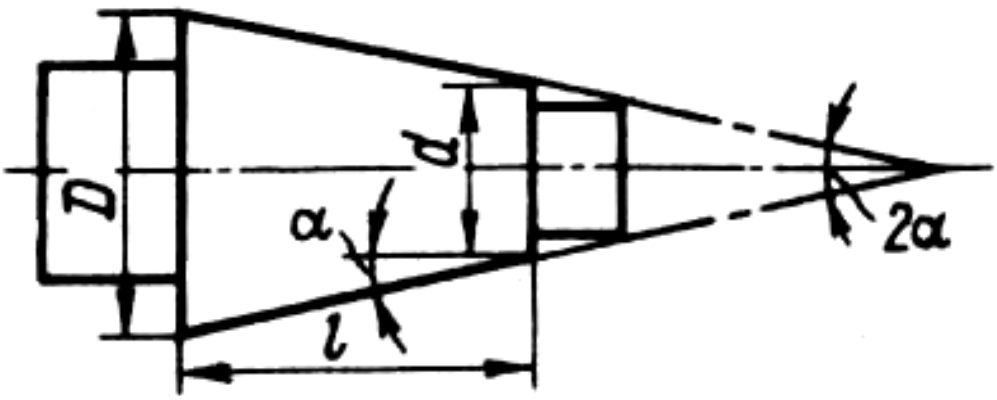


Рис. 8.1. Элементы конуса

При обработке валов часто встречаются переходы между обрабатываемыми поверхностями, которые имеют коническую форму. Если длина конуса не превыше 50 мм, то его обрабатывают широким резцом (рис. 8.2). При этом режущая кромка резца должна быть установ-

лена в плане относительно оси центров на угол соответствующий углу наклона конуса обрабатываемой детали. Резцу сообщают подачу в поперечном или продольном направлении.

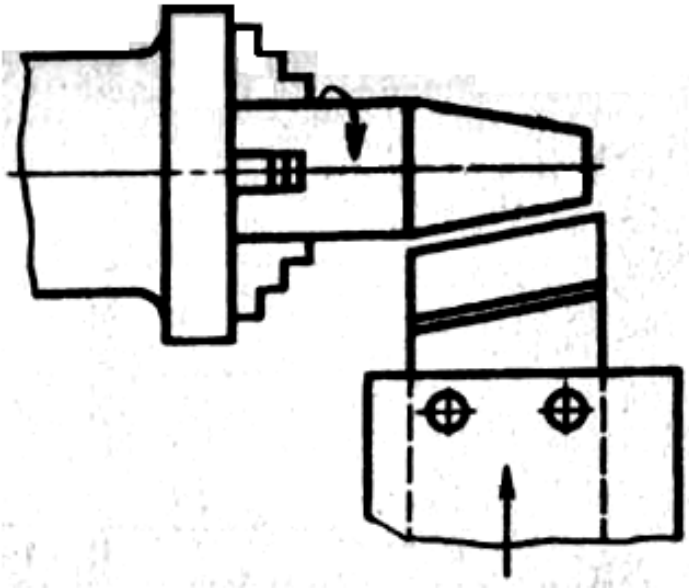


Рис. 4. Схема обработки наружного конуса широким резцом

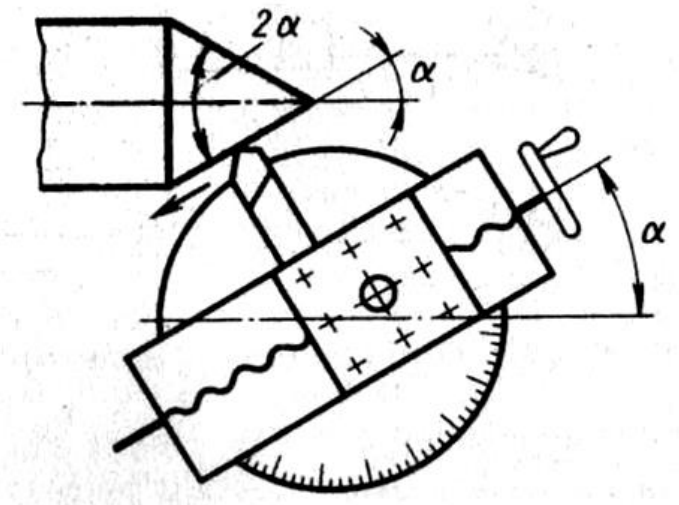


Рис. 1. Схема обработки наружного конуса способом поворота верхних салазок

Обработка наружного конуса способом поворота верхних салазок суппорта целесообразна в тех случаях, когда необходимо получить большой угол наклона конуса при сравнительно небольшой его длине. Наибольшая длина образующей конуса должна быть несколько меньше хода каретки верхнего суппорта.

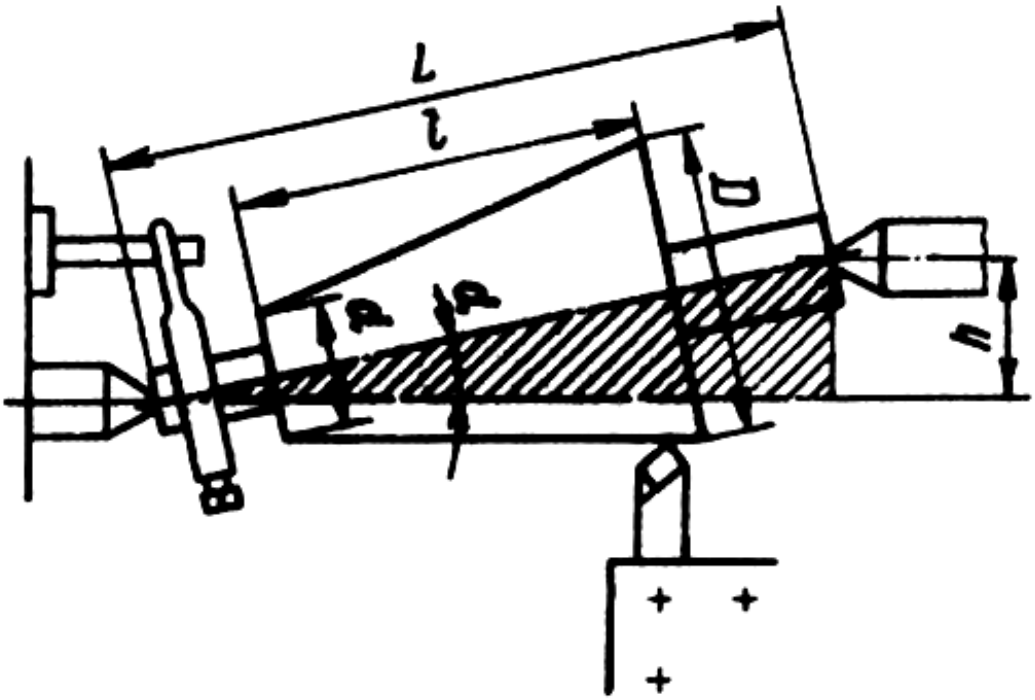


Рис. 2. Схема обработки наружного конуса способом смещения корпуса задней бабки

Обработка наружного конуса способом смещения корпуса задней бабки применяется для получения длинных конусов с малым углом наклона (8 … 10°). Для этого корпус задней бабки сдвигают в поперечном направлении от линии центров станка по направляющим её основания.

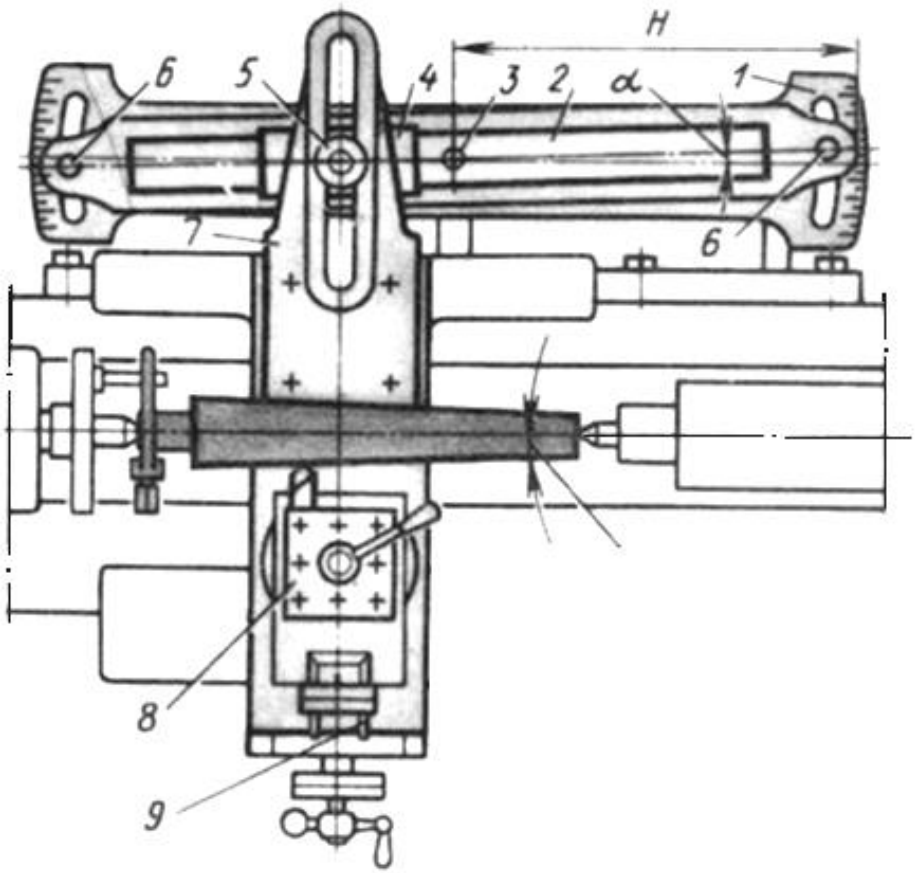


Рис. 3. Схема обработки наружного конуса с помощью копировальной линейки

Обработку конусов с помощью конусной копировальной линейки, закрепленной на станине токарного станка, применяют для получения конуса ($\propto = 0 \ldots 18°$) значительной длины. Резец, закрепленный в резцедержателе суппорта станка, получает одновременное перемещение в продольном и поперечном направлениях.

Обработку наружного конуса широким резцом применяют при необходимости получения короткого конуса с большим углом.

Цель работы

Изучить кинематическую схему и устройство токарно-винторезного станка, приспособления, предназначенные для расширения технологических возможностей станка, ознакомиться с инструментом, научиться правильно применять его при работе на станке.

Научиться настраивать станок на точение цилиндрических поверхностей, подрезание торца, отрезание. Освоить различные методы обработки наружных конических поверхностей на токарно-винторезном станке.

Задание по работе

1. Изучить устройство и кинематическую схему данной модели токарно-винторезного станка.

2. По кинематической схеме коробки скоростей данного станка определить число частот вращения, передаваемое на шпиндель станка, найти механизм перебора, определить во сколько раз механизм перебора понижает частоту вращения шпинделя.

3. Ознакомиться с эскизом изготавливаемой детали. Выбрать резцы для обработки данной детали. Установить верхние салазки суппорта в соответствии с рассчитанным углом, обточить конусную поверхность при заданном режиме.

Оформление отчета

Отчет оформляется после выполнения работы на станке. Отчет выполняется на бланке. В отчете указывается следующее:

1. Основные узлы и рукоятки управления станком на эскизе станка.

2. Назначение основных узлов.

3. Расположение механизма перебора (на схеме станка) и его передаточное отношение.

4. Указать количество частот вращения шпинделя.

5. На эскизе обрабатываемой детали указать какими резцами обрабатываются различные поверхности и привести необходимые расчеты (угол поворота верхних салазок, скорость резания и глубина резания).

6. На эскизе указать углы резца в плане, углы в сечении, материал режущей части.

Контрольные вопросы по работе

1. Сколько частот вращения у данной модели станка?
2. Устройство и назначение задней бабки.
3. Устройство и назначение суппорта.
4. Геометрия режущей части резца при точении конусов.
5. Какие существуют способы обработки конусов?

ЛИТЕРАТУРА

1. Токарная обработка. Фещенко В. Н. М., Высшая школа, 1990 г.
2. Токарное дело. Денежный П. М. и др. М., Высшая школа, 1976г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.
НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Нарезание наружной и внутренней треугольной крепежной резьбы метчиками и плашками на станках токарной группы и других станках - один из высокопроизводительных способов обработки.

На винторезном станке нарезают наружные и внутренние резьбы резцами различного профиля и шага: трапецеидальные, треугольные, прямоугольные и др. На заданный стандартный шаг резьбы станок настраивается рукоятками, на коробке подач в соответствии с таблицами, прикрепленными к станку. Для нарезания специальных резьб и резьб повышенной точности нужное передаточное отношение настраивается сменными зубчатыми колесами гитары.

Если для нарезания однозаходной резьбы станок настраивают на шаг резьбы Р, то для нарезания многозаходной резьбы станок необходимо настроить на ход резьбы Н = кР, где к – число заходов.

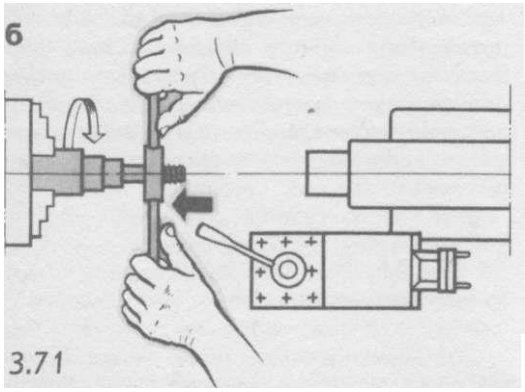
Многозаходные резьбы нарезают с помощью специальных устройств, обеспечивающих поворот заготовки вокруг своей оси на заданный угол, равный 360 град., при неподвижном ходовом винте.

Резьбу нарезают за один или несколько проходов инструмента.

Нарезание резьбы резцами производится на токарно-винторезных станках, имеющих ходовой винт с разъемной гайкой, гитару сменных колес, коробку подач и реверсивный механизм. На станке можно нарезать различные резьбы - наружные и внутренние, метрические и дюймовые, правые и левые, однозаходные и многозаходные, крепежные и грузовые; по форме профиля – треугольные, прямоугольные, трапецеидальные и др.

Перед нарезанием резьбы заготовку обтачивают (растачивают) до определенного диаметра, который при нарезании резьб метчиками и плашками, должен быть несколько меньше или больше наружного диаметра резьбы, что объясняется наличием упругих и пластических деформаций, возникающих в материале заготовки. Выбор диаметра заготовки производится по

таблицам.



Цель работы

Освоить нарезание метрической резьбы плашками, метчиками и резьбовыми резцами.

Задание по работе

С помощью метчика и плашки нарезать наружную и внутреннюю резьбу по заданному чертежу и рассчитать предельную частоту вращения шпинделя.

Нарезать метрическую наружную резьбу с помощью резьбового резца по заданному чертежу и рассчитать количество проходов при заданной глубине резания, определить скорость резания, при заданной частоте вращения шпинделя.

Выполнение работы

1. Нарезание наружной резьбы плашкой:

а) установить и закрепить заготовку в патроне станка;

б) установить рукоятки коробки скоростей в положение, соответствующее 450 об/мин (или ближайшее меньшее);

в) обточить заготовку под заданную резьбу (установить диаметр по таблице), обточить фаску;

г) проконтролировать полученный размер;

д) установить плашку в вороток, который вместе с плашкой прижимается пинолью задней бабки к заготовке, упирая одну из рукояток воротка в суппорт станка, установить рукоятки коробки скоростей в положение, соответствующее рассчитанной скорости резания (ближайшее меньшее);

е) включить станок и нарезать резьбу;

ж) нарезанную резьбу проконтролировать.

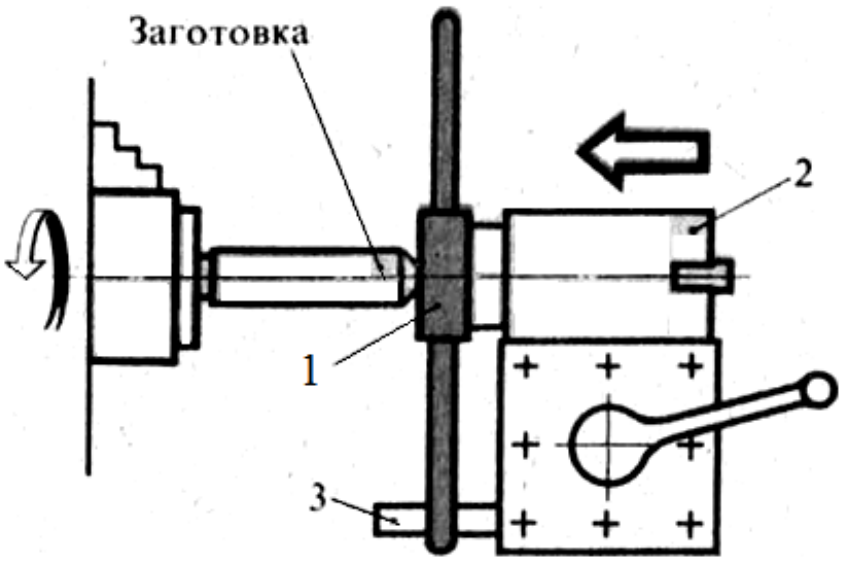


Рис. 5. Схема нарезания резьбы плашкой
1 – плашка, *2* – державка, *3* – упорная планка

2 . Нарезание внутренней резьбы метчиком:

а) установить и закрепить заготовку в патроне станка;

б) установить рукоятки коробки скоростей в положение, соответствующее рассчитанной скорости резания (ближайшая меньшая);

в) сверлить отверстие под заданную резьбу (определить диаметр по таблице);

г) установить хвостовик метчика в вороток с квадратным отверстием, ввести заборную часть метчика в отверстие заготовки перемещением пиноли задней бабки, нарезать резьбу вручную;

д) нарезанную резьбу проконтролировать.

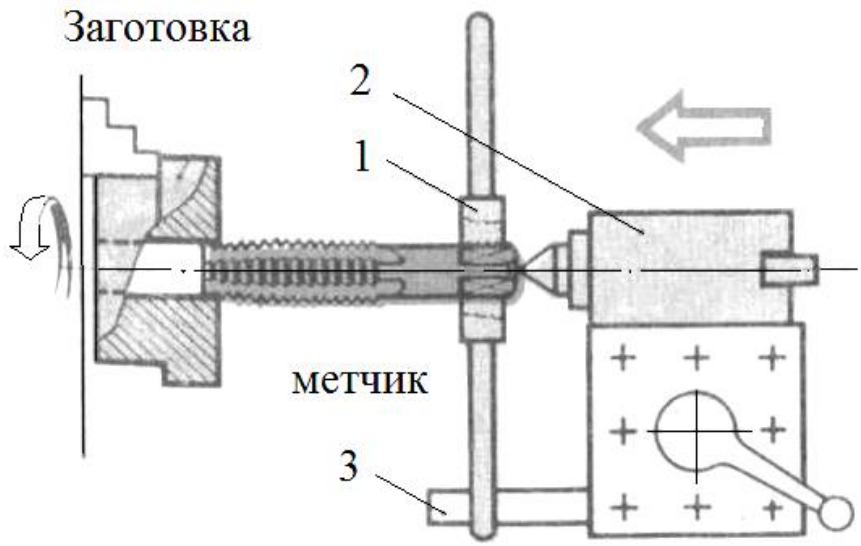


Рис. 6. Схема нарезания резьбы метчиком
1 – вороток, *2* – державка с центром *3* – упорная планка

3. Нарезание наружной метрической резьбы резцом:

а) установить и закрепить заготовку;

б) установить рукоятки коробки скоростей в положение, соответствующее рассчитанной скорости резания (или ближайшее меньшее);

в) обточить заготовку под требуемый размер резьбы, обточить фаску, проточить канавку для выхода резьбового резца;

г) настроить токарно-винторезный станок на заданный шаг нарезаемой резьбы;

д) рассчитать по заданной скорости резания частоту вращения шпинделя;

е) установить резец на требуемую глубину резания для первого прохода (0,3 … 0,5 мм) по лимбу поперечной подачи суппорта;

ж) сделать первый ход, включив станок и разъемную гайку ходового винта; при втором и последующих ходах глубину резания уменьшить на 0,3 … 0,1 мм, относительно глубины резания первого хода;

з) нарезанную резьбу проконтролировать.

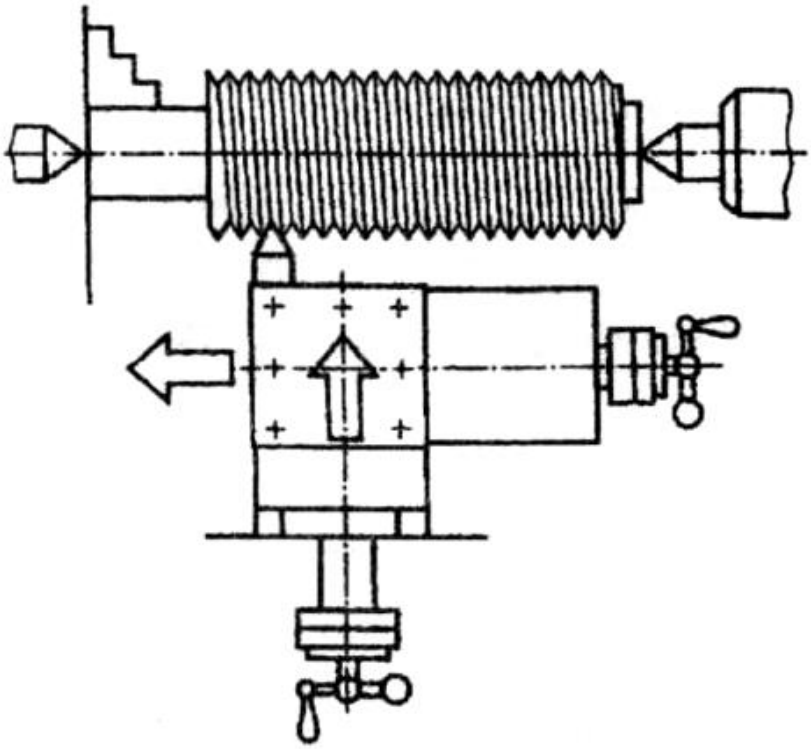


Рис. 7. Схема нарезания резьбы резцом

Оформление отчета

Отчет оформляется до выполнения работы на станке на бланке для работы № 1. В отчете указывается следующее:

а) эскизы обрабатываемых деталей (на картах эскизов);

б) на картах эскизов изобразить инструмент, которым обрабатывается поверхность под резьбу, диаметр заготовки, глубина резания, скорость резания, частота вращения шпинделя;

в) указать на картах эскизов инструмент, которым нарезается резьба, диаметр заготовки под резьбу, глубина резания, количество ходов и величина подачи при нарезании резьбы резцом, частота вращения шпинделя, скорость резания при нарезании резьбы;

г) на эскизах инструмента, использованного в работе, указать значения углов и материал режущей части;

д) представить готовую деталь.

Таблица

НАЗВАНИЕ

Диаметр резьбы	Шаг *P*	Диаметр стержня	
		Наибольший	Допуск
3,0	0,5	2,94	- 0,06
4,0	0,7	3,92	- 0,08
5,0	0,8	4,92	- 0,08
6,0	1,0	5,92	- 0,08
8,0	1,25	7,90	- 0,10
10,0	1,5	9,90	- 0,10
12,0	1,75	11,88	- 0,12
14,0	2,0	13,88	- 0,12
16,0	2,0	15.88	- 0,12

Скорость резания выбирают в зависимости от обрабатываемого сплава, материала, из которого изготовлен инструмент, диаметра и шага резьбы. При нарезании резьбы метчиками в заготовках из стали, рекомендуется скорость резания 12 м/мин, а из чугуна, бронзы и алюминия – 4…20 м/мин. При нарезании резьбы плашками рекомендуются следующие скорости резания: для стали – 3 ... 4 м/мин, для чугуна и бронзы – 2 … 3 м/мин, для латуни – 9 … 15 м/мин. Обработку ведут с охлаждением.

Контрольные вопросы по работе

1. Какой инструмент применяется для нарезания резьб?.
2. На каких станках нарезаются резьбы резцом?
3 Назначение ходового винта и разъемной гайки.
4. Геометрия резьбового резца.
5. Геометрия метчика. Назначение канавок на метчике.
6. Почему диаметр заготовки под резьбу меньше, чем диаметр резьбы?
7. Чем контролируются резьбы?

8. Какими элементами контролируется резьба?

ЛИТЕРАТУРА

1. Токарная обработка. Фещенко В. Н. М., Высшая школа, 1990 г.
2. Токарное дело. Денежный П. М. и др. М., Высшая школа, 1976 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.
ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

К современным машинам предъявляются высокие эксплуатационные и технико-экономические требования, для обеспечения необходимого качества обработки деталей машин. Для выполнения этих требований необходимо выбрать оптимальный режущий инструмент: его геометрию, материал режущей части и режим резания.

Цель работы

Изучить металлорежущий инструмент, область его применения, металлорежущие станки, на которых можно использовать данный инструмент. Задание по работе:

Получив режущий инструмент, определить по справочнику [1] к какому виду он относится, его основные размеры и геометрию, показать для изготовления каких элементов деталей он предназначен, из какого материала изготовлен, привести формулы для определения режимов резания.

Выполнение работы

1. Установить вид инструмента [1, 4] и его назначение [2, 3].

2. Выполнить эскиз инструмента с указанием размеров и геометрии режущей части.

3. Указать из какого материала может быть изготовлена режущая

часть данного инструмента, химический состав и механические свойства этого материала, а также максимально допустимые скорости резания [2], стр. 421 – 424.

4. Изобразить схему обработки заготовки данным инструментом с указанием всех движений и установки.

5. Выбрать станок, на котором можно производить обработку данным инструментом, по выбранной схеме. Марку станка расшифровать [2], стр. 426 - 429, [3], стр. 305-309.

6. Написать формулы для расчета режима резания и основного технологического времени при обработке данным инструментом выбранной поверхности [4], стр. 609 -619.

Отчет выполняется на бланке, эскиз и схема обработки выполняется карандашом по линейке.

Контрольные вопросы

1. В какой последовательности выбираются элементы режима резания?
2. Какая максимальная глубина резания возможна при резании данным инструментом?
3. Какие факторы определяют выбор величины элементов режима резания?
4. Какие требования предъявляются к инструментальным материалам?
5. Чем определяется максимально допустимая скорость резания?
6. Какие фрезы изготавливаются с затылованным зубом и почему?
7. Как определяется глубина резания при сверлении, рассверливании, зенкеровании и развертывании?

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Суворов, Г. С. Зайдлин, Г. М. Стискин. Металлорежущие инструменты. М, "Машиностроение", 1979 г.
2. А. И. ДальскиЙ и др. Технология металлорежущих материалов. М., "Машиностроение", 1977 г., 664 с.
3. П. Г. Петруха Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. М., "Машиностроение", 1974 г., 614 с.
4. А. П. Панов и др. Обработка металлов резание. Справочник технолога. М., "Машиностроение", 1988 г., 736 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ИЗУЧЕНИЕ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА ДЛЯ ТОЧЕНИЯ НАРУЖНЫХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ... 10
ЛИТЕРАТУРА 17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ 18
ЛИТЕРАТУРА 24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА 24
ЛИТЕРАТУРА 26

Учебное издание

Татьяна Петровна Глинникова

ПРОЦЕССЫ ФОМООБРАЗОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТ

Руководство по выполнению лабораторных работ
по дисциплине: "Процессы формообразования и инструмент"
для студентов специальности 150402 – "Горные машины и оборудование (ГМО)" направления 150400 – «Технологические машины и оборудование» очного и заочного обучения

2-е изд., исправл. и доп.

Редактор *А. А. Иванова*

Подписано в печать 12.02.2009 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 2. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

С. А. Волегов, Т.П. Глинникова

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

практикум

по выполнению самостоятельных работ для студентов направления бакалавриата: 15.03.01 «Машиностроение» и СПО специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»

очного и заочного обучения

Екатеринбург
2017

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«_19_» _января__ 2017 г.
Председатель комиссии
_____проф. В. П. Барановский

С. А. Волегов, Т. П. Глинникова

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

практикум
по выполнению самостоятельных работ
для студентов направления бакалавриата:
15.03.01 «Машиностроение» и СПО
специальности 15.02.01 - «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Руководство рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 05 марта 2016 г. (протокол № 6) и рекомендовано для переиздания в УГГУ.

Волегов С. А., Глинникова Т. П. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА: практикум по выполнению самостоятельных работ для студентов направления бакалавриата:15.03.01 «Машиностроение» и СПО специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)» очного и заочного обучения / Волегов С. А., Глинникова Т. П**.** Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – *** с.

Руководство составлено для проведения лабораторных работ по дисциплине "Технологическое оборудование машиностроительного производства". В руководстве изложены краткие сведения об устройстве токарно-винторезных станков и методах обработки на них. Рассмотрен выбор инструмента в зависимости от обрабатываемой поверхности.

Для студентов специальности для студентов направления бакалавриата: 15.03.01 «Машиностроение» очного и заочного обучения

© Волегов С. А., Глинникова Т. П., 2017
© Уральский государственный горный университет, 2017

РАБОТА №1
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Задание

Для поверхностей, заданных в исходных данных (табл. 1), обозначить на эскизе направляющую и образующую линии, определить обратимость поверхностей, предложить метод образования поверхностей (копирование, след, обкат, касание), назвать металлорежущий станок, на котором выбранный метод может быть реализован**.**

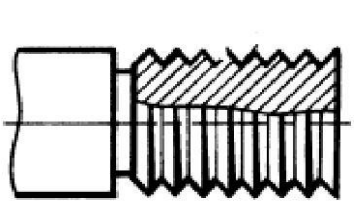
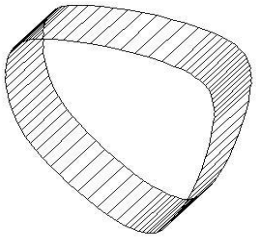
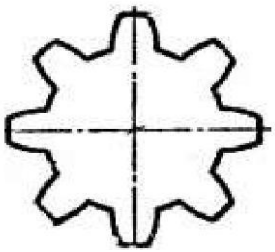
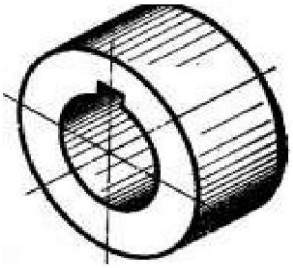
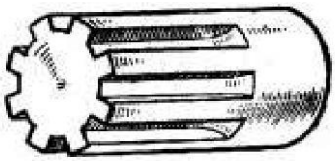
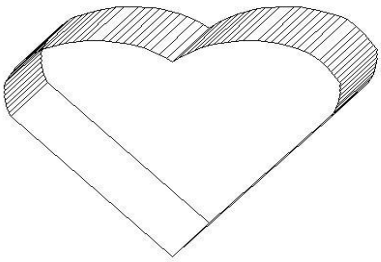
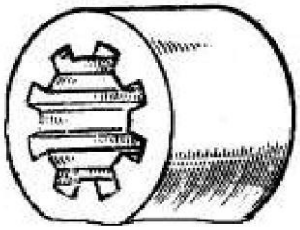
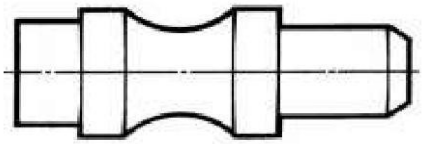
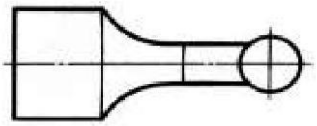
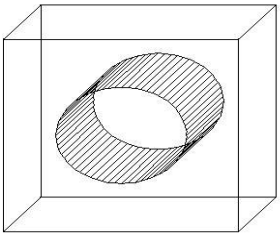
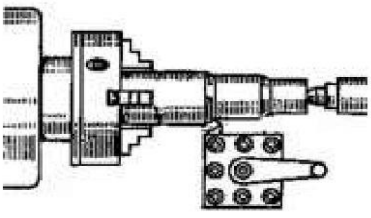
Теоретические сведения

Поверхности деталей машин, обрабатываемые на металлорежущих станках, могут быть геометрически представлены как результат согласованного движения двух производящих линий: образующей и направляющей. При обработке перемещение образующей линии по направляющей, образующее требуемую поверхность, обеспечивается относительным движением заготовки и инструмента. В отдельных случаях роль образующей линии выполняет профиль режущей кромки инструмента. Поверхности детали, образованные определенным способом согласования линий, могут быть обратимые (плоские, цилиндрические) и необратимые (винтовая, коническая). При образовании обратимых поверхностей образующая и направляющая линии могут менять свои функции, а при образовании необратимых – нет. Производящая линия может быть получена одним из следующих методов:

1. Метод копирования (производящая линия представляет собой копию режущей кромки инструмента, которая перемещается в направлении движения подачи).
2. Метод обката (производящая линия получается как огибающая несколько положений режущей кромки инструмента при ее обкате по начальной окружности).
3. Метод следа (производящая линия получается в результате движения режущей точки вдоль заданной траектории, т. е. является следом от движения режущей точки).

Таблица 1

Исходные данные для анализа поверхностей

Варианты	Наименование	Вид поверхности
1. 2.	Резьбовая поверхность, Наружный контур кулачка	 
3. 4.	Зуб колеса Шпоночный паз	 
5. 6.	Шлицевый вал Внутренний контур	 
7. 8.	Шлицевое отверстие Фасонный профиль	 
9. 10.	Фасонный профиль Отверстие	 
11. 12.	Внутренний зуб колеса Поверхность ступенчатого вала	 

4. Метод касания (производящая линия образуется как огибающая совокупность траекторий движения режущей точки). Отметим, что при методе следа контакт режущей кромки инструмента постоянный, а при методе касания – прерывистый.

РАБОТА №2
РАСЧЕТ МОДУЛЯ РЕЙКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ

Задание

Определить значение модуля рейки для получения заданной величины подачи суппорта токарного станка, который перемещается в продольном направлении с подачей *S*.

Исходные данные: $Z_ш$ − число зубьев приводной реечной шестерни; $i_р$ − передаточное отношение механизма реверса; $i_г$ − передаточное отношение гитары сменных колес; $i_{кп}$ − передаточное отношение коробки подач; $i_ф$ − передаточное отношение фартука. Исходные данные приведены в табл. 2.

Теоретические сведения

Зубчато-реечные передачи относятся к механизмам для преобразования вращательного движения в поступательное. Зубчато-реечные передачи состоят из двух основных элементов: зубчатой рейки и реечной шестерни (рис. 2). В токарных станках зубчато-реечная передача применяется для преобразования вращательного движения, передаваемого на реечную шестерню от коробки подач через ходовой вал и механизмы фартука, в поступательное движение суппорта станка. Реечная шестерня, закрепленная на валу фартука, входит в зацепление с зубчатой рейкой, закрепленной на станине, что и обеспечивает поступательное перемещение суппорта станка по продольным направляющим.

Основными параметрами зубчато-реечной передачи являются модуль рейки и число зубьев реечной шестерни. Для решения задачи следует составить уравнение кинематического баланса, связывающее

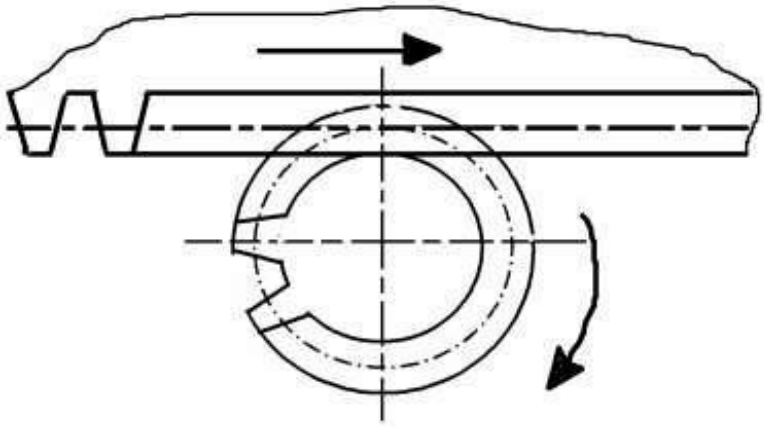


Рис. 2. Зубчато-реечная передача

Таблица 2

Исходные данные для расчета значения модуля рейки

Вариант	S мм/об	$i_р$	$i_г$	$i_{кп}$	$i_ф$	$Z_ш$
1	0,150	0,66	0,625	0,10	0,04	12
2	0,150	0,70	0,500	0,10	0,04	16
3	0,200	0,66	0,625	0,10	0,04	18
4	0,200	0,70	0,500	0,10	0,03	20
5	0,340	0,66	0,625	0,10	0,04	14
6	0,340	0,66	0,400	0,10	0,03	12
7	0,300	0,66	0,625	0,10	0,04	16
8	0,300	0,65	0,500	0,15	0,02	14
9	0,124	0,66	0,625	0,10	0,04	18
10	0,124	0,50	0,500	0.10	0,03	20
11	0,100	0,66	0,625	0,10	0,04	22
12	0,100	0,66	0,500	0,08	0,02	24
13	0,120	0,66	0,625	0,10	0,04	22
14	0,120	0,50	0,400	0,08	0,05	20
15	0,120	0,60	0,500	0,12	0,03	18
16	0,150	0,70	0,500	0,10	0,03	16
17	0,200	0,70	0,500	0,10	0,04	24
18	0,200	0,65	0,625	0,08	0,02	26
19	0,250	0,66	0,625	0,10	0,04	28
20	0,250	0,70	0,625	0,15	0,04	22

движение шпинделя и движение суппорта (за один оборот шпинделя суппорт перемещается на величину подачи). Следовательно,

$$1_{\text{об.шп}} \cdot C_{\text{кц}} \cdot i_v \cdot \pi \cdot m \cdot Z_{\text{ш}} = S ,$$

где $C_{\text{кц}}$ – постоянное передаточное отношение, характеризующее цепь; i_v − передаточное отношение регулирующего звена, m – модуль реечного колеса, мм; S – величина подачи, мм/об.

РАБОТА №3
РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ СМЕЩЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНУСА НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ

Цель работы

Изучить способы обработки конических поверхностей на токарно-винторезном станке модели 1616. Изучить приемы наладки станка на данный вид работы при различных способах точения.

Исходные данные (табл. 3**):** d_1 – меньший диаметр, мм; d_2 – диаметр основания, мм; l – высота конуса, мм; L – расстояние между центрами, мм.

Задание

Определить величину смещения центра задней бабки h при обработке на токарном станке конусного валика с параметрами, приведенными в исходных данных. Дать рекомендации по настройке станка для изготовления конических поверхностей.

Теоретические сведения.

Обработка конических поверхностей на токарных станках связана с образованием конуса (рис. 3). Основным параметром конической поверхности является конусность, которая определяется из выражения

$$K = \frac{D - d}{l} = 2\text{tg}\alpha,$$

где D – большой диаметр конуса, мм; d – малый диаметр конуса, мм;

l – расстояние между этими диаметрами, мм;α – угол при вершине конуса, °.

Таблица 3

Исходные данные для изготовления конического валика в миллиметрах

Вариант	Параметры				Вариант	Параметры			
	d	D	l	L		d_1	d_2	l	L
1	35	40	150	200	13	25	30	100	120
2	30	40	120	200	14	25	32	100	120
3	25	30	100	150	15	25	35	100	120
4	35	45	120	180	16	30	35	100	120
5	35	50	120	150	17	30	40	100	120
6	35	40	120	180	18	30	42	100	120
7	20	30	120	130	19	35	40	120	130
8	20	30	110	130	20	35	42	120	130
9	40	45	150	200	21	35	48	120	130
10	45	50	160	200	22	40	58	120	130
11	48	52	160	200	23	40	56	120	150
12	45	50	80	100	24	40	55	150	150

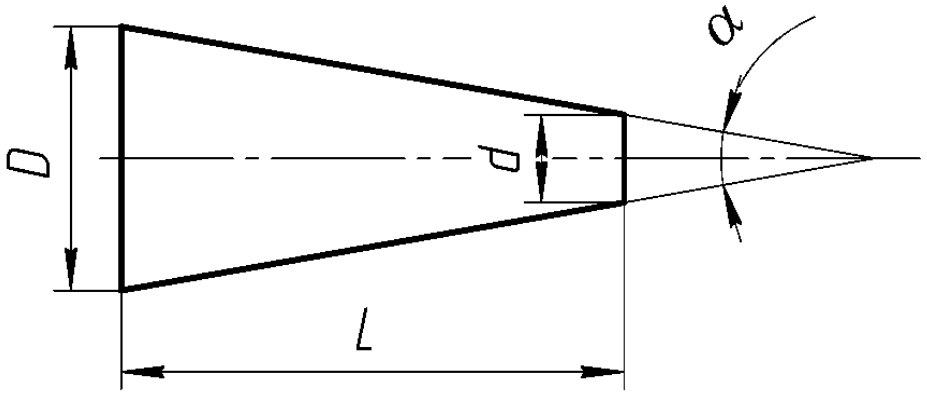


Рис. 3. Элементы конуса:
α – угол конуса; d – малый диаметр конуса; D – большой диаметр конуса;
l – длина конуса

Конусность обозначается

$$__1{:}\,x\,,$$

где 1 – условное обозначение половины разности диаметров мм;
x – величина, показывающая во сколько раз расстояние между этими диаметрами больше половины разности диаметров.

Например, для конусности $__1:20$, известном $D = 60$ мм и $d = 50$ мм, расстояние между этими диаметрами

$$L = \frac{D-d}{1} \cdot 20 = \frac{60-50}{1} \cdot 20 = 200\text{мм}.$$

ГОСТом предусмотрен ряд значений конусности в диапазоне $__1:500$ – $__1:3$.

Конусы с конусностью 1:20 называются "Метрические". В табл.4 представлен размерный ряд метрических конусов

Таблица 4

Конус метрический						
Обозначение	4	6	80	100	120	160
D, мм	4	6	80	100	120	160
d, мм	3	4,6	71,5	90	108,5	145,5
Конусность	1:20					

Предусмотрены (ГОСТ 15945-70) конусы с конусностью 7:24. В табл.5. представлен размерный ряд конусов 7:24

Таблица 5

Конус7:24		
Обозначение конусов	*D*, мм	*d*, мм
10	15,87	9,5
15	19,05	11,2
25	25,40	13,8
30	31,75	17,4
35	38,1	21,4
40	44,45	25,3
45	57,15	32,4
50	69,85	39,6
55	88,90	50,5
60	107,95	60,2
65	133,35	75,0
70	165,10	92,9
75	203,20	114,3

В станкостроительной и инструментальной промышленности широко применяются конусы "Морзе". Размеры этих конусов приведены в табл.6.

Таблица 6

Обозначение конуса	0	1	2	3	4	5	6
Конусность	1:19,212	1:20,047	1:20,020	1:19,922	1:19,254	1:19,002	1:19,180
D, мм	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348
d, мм	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,6

Способы точения конусов и наладка станка

На токарно-винторезном станке получить коническую поверхность можно следующими способами:

– фасонным резцом;
– поворотом резцовых салазок;
– смещением корпуса задней бабки;
– применением копировальной линейки.

Фасонным резцом точатся короткие конусы длиной не более 20 мм. Схема резания представлена на рис. 4.

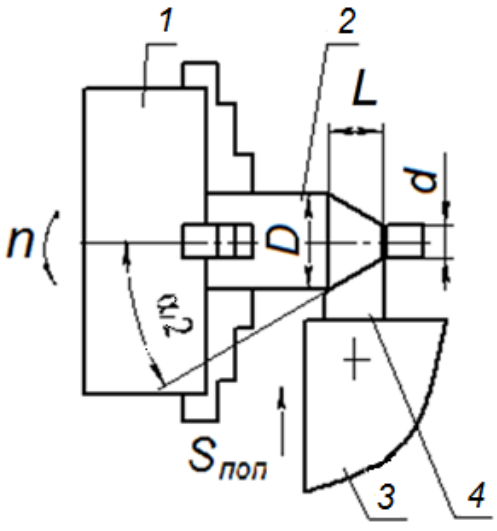


Рис. 4. Точение конуса фасонным резцом:
1 – трехкулачковый патрон; *2* – обтачиваемая заготовка; *3* – резцедержатель; *4* – фасонный резец; *n* – вращение шпинделя; $S_{поп}$ – поперечная подача.

Данный способ требует два формообразующих движения: главное – вращение шпинделя n; установочное – перемещение резцедержателя $S_{поп}$

При использовании этого метода надо установить фасонный резец в резцедержатель и перемещать суппорт в поперечном направлении до упора, который настраивается по требуемым размерам конической поверхности.

Преимущество способа: не требуется дополнительная настройка станка. Недостатки способа: небольшая (до 20 мм) длина конуса L.

Поворотом резцовых салазок точатся относительно длинные конуса, но не более 140 мм. Схема резания представлена на рис.5.

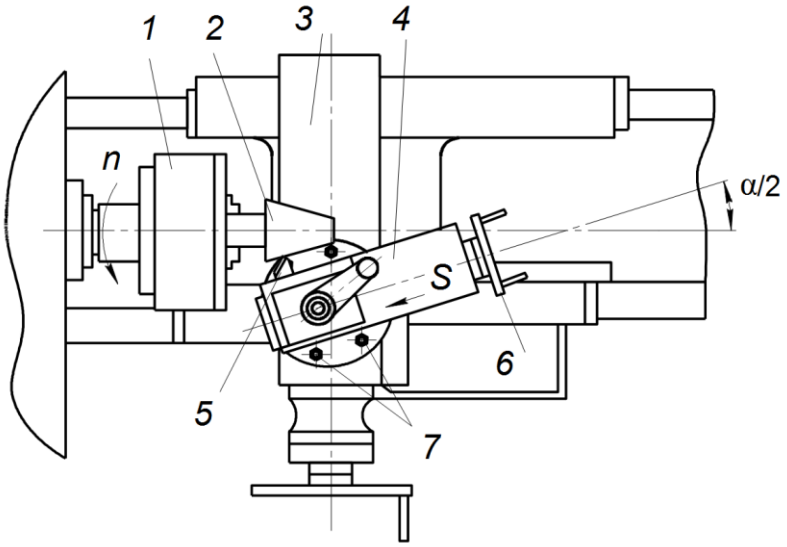


Рис. 5. Точение конуса поворотом резцовых салазок:
1 – трехкулачковый патрон; *2* – обтачиваемая заготовка;*3* – поперечный суппорт; *4* – резцовые салазки; *5* – проходной резец; *6* – маховичок перемещения резцовых салазок;*7* – гайки крепления резцовых салазок; *n* – вращение шпинделя; *S* – подача

Данный способ требует два формообразующих движения: главное – вращение шпинделя n; подачи – перемещение резцедержателя с резцовыми салазками S.

При использовании этого способа необходимо ослабить две гайки *7*, крепящие резцовые салазки (расположены по две гайки спереди и сзади резцедержателя), развернуть резцовые салазки на угол α/2, затянуть гайки. Вращая маховичок переместить резцовые салазки с резцом вдоль образующей конуса.

Преимущества способа: простая наладка; можно точить наружные и внутренние поверхности.

Недостатки способа – длина конуса ограничена ходом резцовых салазок.

Способом смещения корпуса задней бабки точатся длинные конические поверхности. Схема резания представлена на рис. 6.

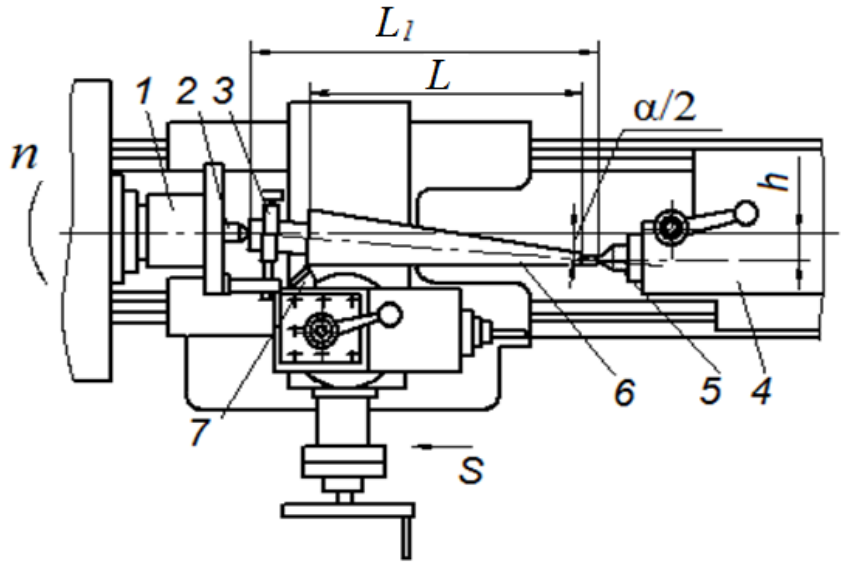


Рис. 6. Точение конуса способом перемещения задней бабки:
1 – поводковый патрон; *2* – передний конус; *3* – хомут; *4* – задняя бабка;*5* – задний центр; *6* – заготовка; *7* – проходной резец; *n* – вращение шпинделя; *S* – подача

Данный способ требует два формообразующих движения: главное – вращение шпинделя n; подачи – перемещение салазок S.

При точении конуса этим способом в поводковый или трехкулачковый патрон устанавливается передний центр. В отверстие пиноли задней бабки устанавливается задний центр. Вращением винта на основании корпуса задней бабки смещают этот корпус на величину h. Контроль перемещения ведут по индикатору, закрепленному в индикаторной стойке.

Величина смещения h определяется по формуле

$$h = \frac{L_1}{L} \cdot \frac{D - d}{2}.$$

На предварительно зацентрованную с двух сторон заготовку надевают и закрепляют хомут и устанавливают в центра.

Преимущества способа: можно точить длинные конуса.

Недостатки способа: достаточно сложная настройка, требующая приспособления; базирование заготовки в центрах при смещенной задней бабке грубое, что снижает точность обработки.

Применение копировальной линейки позволяет обтачивать длинные конуса в крупносерийном и массовом производствах. Схема резания представлена на рис. 7.

Данный способ требует три формообразующих движения: главное – вращение шпинделя n; продольной подачи S_2 – перемещение салазок; поперечной подачи S_1 – перемещение суппорта.

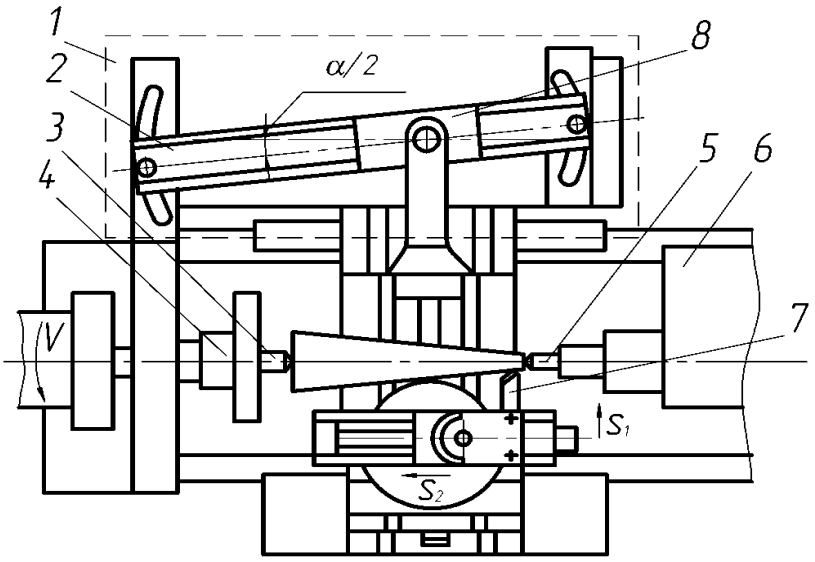


Рис. 7. Точение конусов с использованием копировальной линейки:
1 – копировальное приспособление; *2* – копировальная линейка;
3 – передний центр; *4* – поводковый патрон; *5* – задний центр; *6* – задняя бабка; *7* – резец проходной; *8* – ползун копировальной линейки

При использовании этого способа на станок с задней стороны к станине крепится копировальное приспособление. По направляющим копировальной линейки перемещается ползун, соединенный с суппортом станка. Заготовка устанавливается в центрах, резец крепится в резцедержателе. Копировальная линейка в корпусе приспособления поворачивается на угол α/2. При сообщении салазкам продольной подачи S_2 ползун копировальной линейки перемещается вдоль ее направляющих и сообщает резцедержателю с резцом поперечную подачу S_1. Таким образом, резец перемещается одновременно по двум координатам обтачивая коническую поверхность.

Преимущества способа: высокая точность обработки

Недостатки способа: требуется достаточно сложное приспособление.

Ход выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Визуально ознакомиться со станком. Определить местонахождение настроечных элементов, которые упоминаются в рассматриваемых ниже способах.

3. Для заданного варианта (табл. 7 и 8) рассчитать настроечные параметры для всех способов.
4. Нарисовать эскиз наладок для всех способов с указанием всех необходимых размеров.
5. Наладить станок на обработку конуса.
6. Составить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:
1. Описание назначения и области применения станка.
2. Рисунок общего вида с указанием основных узлов и элементов управления станком.
3. Эскизы наладок.
4. Расчет настроек станка.

Примечание: рисунки общего вида и наладок допускаются в виде ксерокопий.

Контрольные вопросы

1. Назовите параметры конической поверхности.
2. Дайте определение конусности. Взаимосвязь конусности с другими параметрами конической поверхности.
3. Обозначение конусности. Типы конусов.
4. Назовите способы точения конусов и опишите суть каждого из них.
5. Назовите настроечные параметры и действия для каждого метода

Задания к практической работе

Таблица 7

Исходные данные для изготовления конического валика в миллиметрах

	D	*d*	*K*
1.	110	30	0,5
2.	125	28	0,4
3.	130	32	0,45
4.	140	35	0,35
5.	100	40	0,3
6.	95	20	0,5
7.	80	25	0,45
8.	105	35	0,3
9.	115	38	0,35

Окончание табл.7

10.	135	40	0,4
11.	145	50	0,5
12.	85	40	0,45
13.	90	35	0,3
14.	70	20	0,35
15.	75	25	0,4
16.	120	33	0,5
17.	135	36	0,3
18.	130	42	0,4
19.	140	53	0,45
20.	115	32	0,35

Таблица 8

Исходные данные для изготовления конического валика в миллиметрах

	D	d	L_1	L
1	300	250	400	380
2	315	265	450	420
3	350	250	500	480
4	280	235	550	300
5	295	245	600	500
6	275	250	350	320
7	250	200	370	300
8	260	215	430	400
9	200	175	410	370
10	210	190	380	340
11	220	165	420	400
12	230	200	510	500
13	245	205	470	450
14	255	190	370	300
15	270	210	340	310
16	280	235	280	260
17	290	240	320	290
18	265	235	410	380
19	275	250	630	420
20	240	200	660	620

РАБОТА № 4
НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 1К62Д НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Цель работы: Изучение настроек станка при нарезании различных резьб резцом. Для этого необходимо изучить:

– основные типы резьб, нарезаемых на станке;
– органы настройки, используемые при нарезании резьб;
– кинематические цепи станка, используемые при нарезании резьб.

Назначение и область применения станка

Токарно-винторезный станок модели 1К62Д является универсальным и предназначен для различных токарных работ, обработки центральных отверстий, а также для нарезания резьб: метрической, дюймовой, модульной, питчевой и архимедовой спирали. Класс точности Н по ГОСТ 8-82.

Основные технические данные и характеристики

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	435
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	224
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Наибольшая длина хода каретки, мм	930
Число ступеней частот вращения шпинделя: прямого вращения	23
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин:	12,5 - 2000
Диапазон нарезаемых резьб:	
метрических, мм	0,5 - 192
модульных, мм	0,5 - 48
дюймовых, ниток на дюйм	24 - $1^{5}/_{8}$
питчевых, питч	96 - 1
архимедовой спирали, ступени	4

Устройство станка

На рис. 8 представлен общий вид станка с обозначением органов управления и основных узлов.

Основные узлы станка (рис. 8)

I – Шкаф управления; *II* – Бабка шпиндельная; *III* – Коробка подач; *IV* – Основание; *V* – Фартук; *VI* – Салазки; *VII* – Суппорт; *VIII* – Резцовый (поворотный) суппорт; *IX* – Станина; *X* – Бабка задняя.

Органы управления станком:

1. Рукоятка установки шага резьбы и величины подачи.
2. Рукоятка выбора типа резьбы и вида работ (резьба или подача).
3. Рукоятка установки частоты вращения шпинделя.
4. Рукоятка установки нормального или увеличенного шага резьбы и положения при делении многозаходных резьб.
5. Рукоятка установки правой и левой резьбы и подачи.
6. Рукоятка установки частоты вращения шпинделя.
7. Панель управления.
8. Вводной автоматический выключатель.
9. Сигнальная лампа.
10. Включатель насоса охлаждающей жидкости.
11. Амперметр.
12. Лимб жесткого упора.
13. Болты крепления жесткого упора.
14. Передвижной жёсткий упор.
15. Шпиндель.
16. Защитный кожух трехкулачкового патрона.
17. Рукоятка поворота и крепления резцедержателя.
18. Резцедержатель.
19. Зажим салазок
20. Рукоятка ручного перемещения резцовых салазок суппорта.
21. Трубка подвода СОЖ.
22. Кнопка ускоренного перемещения салазок и суппорта.
23. Рукоятка управления механическими перемещениями салазок и суппорта.
24. Рукоятка зажима пиноли задней бабки.
25. Рукоятка крепления задней бабки к станине.
26. Маховик перемещения пиноли задней бабки.
27. Рукоятка включения гайки ходового винта

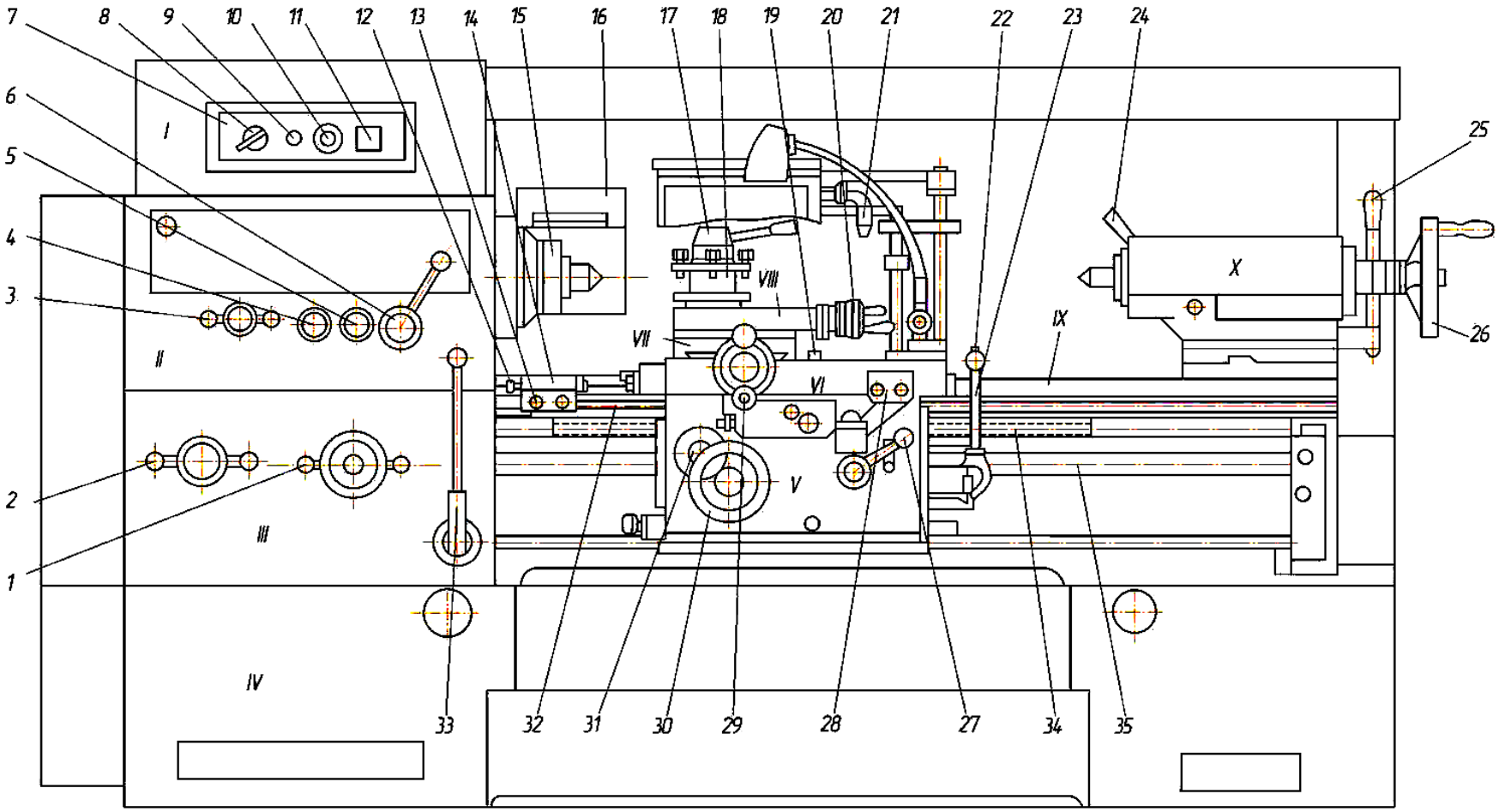


Рис. 8. Общий вид станка

28. Кнопки включения и выключения главного электродвигателя
29. Рукоятка перемещения суппорта.
30. Маховик ручного перемещения салазок.
31. Кнопка включения и выключения реечной шестерни.
32. Рейка продольной подачи.
33. Ручка включения правого или левого направления вращения шпинделя.
34. Ходовой винт.
35. Ходовой вал

Кинематические зависимости при нарезании различных резьб

На станке могут нарезаться резьбы метрические, дюймовые, модульные, питчевые и архимедова спираль. Данные резьбы отличаются способом задания шага и профилем. Первые четыре нарезаются при продольном перемещении салазок, а архимедова спираль – при поперечном перемещении суппорта на торцевой поверхности заготовки.

Основным параметром резьбы является ее шаг – это расстояние между двумя соседними одноименными точками профиля резьбы.

Чтобы получить резьбовую поверхность резцом на круглой цилиндрической заготовке, необходимо одновременно вращать заготовку и перемещать резец вдоль ее оси. Таким образом, за один оборот заготовки резец должен переместиться на величину шага.

Уравнение настройки в резьбонарезной кинематической цепи имеет вид:

$$1 \text{ об. шп.} \cdot c \cdot i_{уш} \cdot i_{Б7} \cdot i_{г} \cdot i_{кп} \cdot i_{хв} \cdot = T, \cdot$$

где 1 об. шп. – один оборот шпинделя;

c – константа резьбонарезной цепи;

$i_{уш}$ – передаточное отношение звена увеличения шага;

$i_{Б7}$ – передаточное отношение блока $Б_7$;

$i_{г}$ – передаточное отношение гитары сменных колес;

$i_{кп}$ – общее передаточное отношение коробки подач;

$t_{хв}$ – шаг ходового винта, мм;

T – шаг нарезаемой резьбы, мм.

Константа "c" представляет собой произведение постоянных передаточных отношений между валами кинематической цепи. Передаточное отношение звена увеличения шага может быть равным 8 или 32. Передаточное отношение гитары сменных колес для стандартных резьб

метрических и дюймовых – 45 – 50, для модульных и питчевых 64 – 97. Для специальных резьб значения могут быть другие.

Шаг нарезаемой резьбы задается по-разному, в зависимости от типа резьбы. Шаг метрической резьбы задается непосредственно в миллиметрах. Шаг дюймовой резьбы задается в нитках на дюйм "n" и измеряется в миллиметрах по формуле

$$T = \frac{25{,}4}{n}, \text{мм.}$$

Шаг модульной резьбы задается в модулях "m" и измеряется в миллиметрах по формуле

$$T = \pi \cdot m, \text{ мм.}$$

Шаг питчевой резьбы задается диаметральным питчем "P" и измеряется в миллиметрах по формуле

$$T = \frac{25{,}4\pi}{P}, \text{мм.}$$

Кинематика станка

Кинематическая структура станка состоит из одной сложной кинематической группы, создающей два формообразующих движения: главное и подачи.

Главное движение в станке – это вращение шпинделя. Кинематическая цепь главного движения (рис. 9) включает в себя электродвигатель, шпиндельную бабку с коробкой скоростей и шпинделем. Движение начинается от электродвигателя М1 и через клиноременную передачу передается на вал *I*. Прямое вращение передается на вал *II* через блок зубчатых колес Б1, а обратное через колеса 50, паразитный блок 24, 36, колесо 38. С вала *II* на вал *III* движение передается через колеса 29, 21, 38, и блок Б2. Далее движение может передаваться либо по короткой кинематической цепи сразу на вал *VI* (шпиндель) через колеса 65 или 30 и блок Б3, либо по длинной кинематической цепи через колеса 45 или 22 на блок Б4 на вал *IV*, через колеса 22–88 на вал *V*, колеса 30–60 на вал *VI* (шпиндель). Эта кинематическая цепь называется так же "Звено увеличение шага". При использовании этого звена вал *VII* может получать частоты вращения в восемь раз большие (1·4·2 = 8) при зацеплениях 45($Б_6$) – 45(вал *III*) – 45($Б_4$), 22–88, 30–60($Б_3$), либо в тридцать два раза большие (4·4·2 = 32) при зацеплениях 45($Б_6$)–45(вал *III*), 22(вал *III*)–88($Б_4$), 22–88, 30–60, чем при зацеплении колесо 60(вал *VI*–

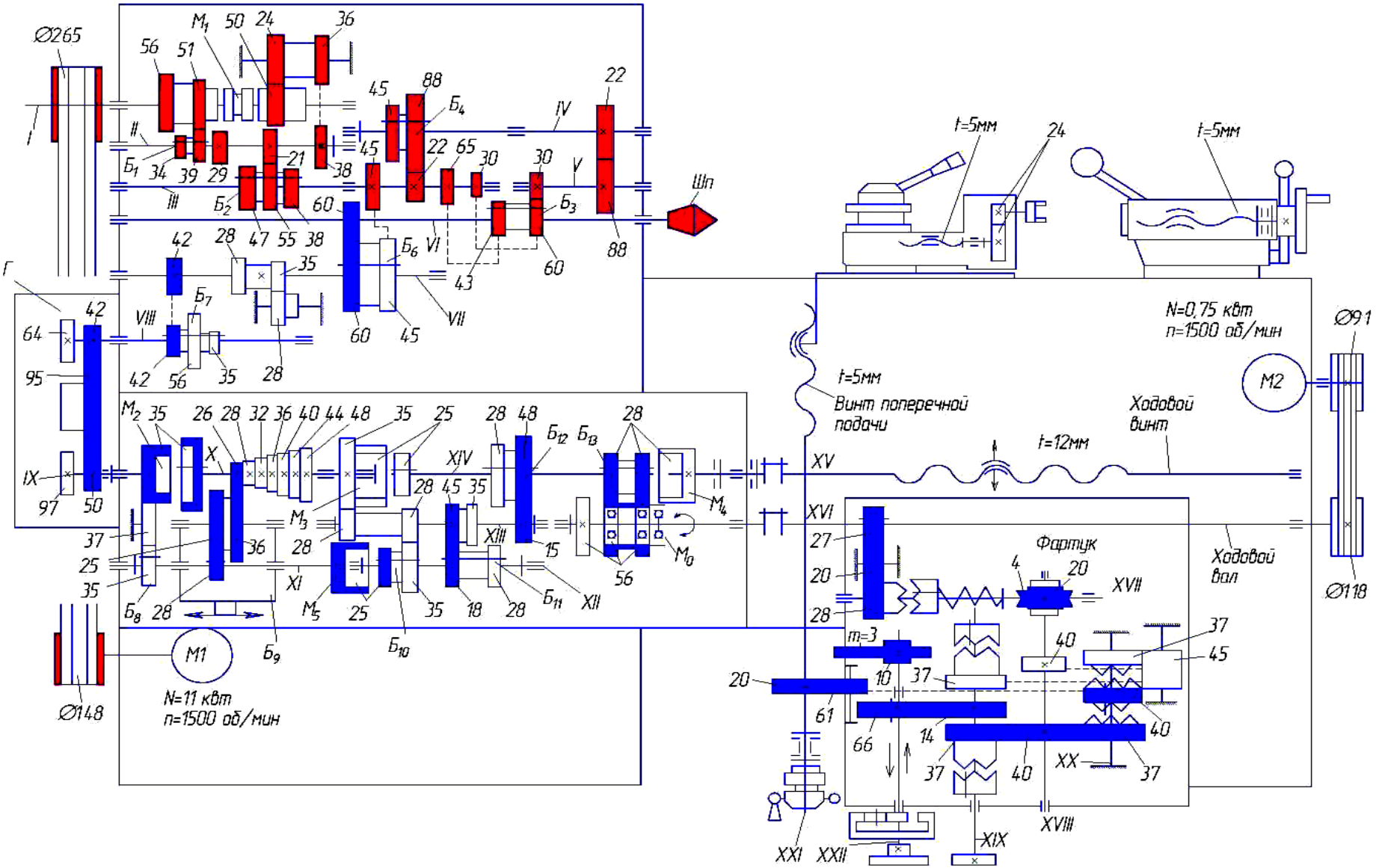


Рис. 9. Кинематическая схема станка

шпиндель) – 60($Б_6$).*Включение главного движения* осуществляется нажатием черной кнопки 28 (рис. 8). Правое вращение шпинделя включается наклоном до упора рукоятки 33 (рис. 8)вправо.

Левое вращение (реверс) включается поворотом этой же рукоятки против часовой стрелки до упора. Вертикальное положение рукоятки – останов шпинделя. Рукоятки *3* и *6* расположенные на корпусе шпиндельной бабки (рис. 8) служат для настойки главного движения на заданную частоту вращения шпинделя. Выключение главного движения осуществляется нажатием красной кнопки *28* (рис. 8). Положения рукояток, соответствующие той или иной частоте вращения шпинделя показаны в таблице, расположенной на корпусе шпиндельной бабки.

ВНИМАНИЕ!!! Переключение скоростей главного движения только при остановленном шпинделе, рукоятка *33* (рис. 8) находится в нейтральном положении).

Движение резьбонарезания в станке – это перемещение резца вдоль оси заготовки или в направлении перпендикулярном к оси заготовки (архимедова спираль). Кинематическая резьбонарезная цепь включает в себя звено увеличения шага (блок $Б_6$) для нарезания резьб с крупным шагом, механизм реверса (блок $Б_7$) для нарезания правых и левых резьб, гитару Г, коробку подач, ходовой винт, маточную гайку. Принцип передачи движения в коробке скоростей был рассмотрен выше. Тройной блок $Б_7$позволяет предавать вращение с передаточным отношением 0,5 (колеса 28 – 56) либо с отношением 1 (колеса 42–42). При помощи этого блока можно осуществить реверс движения (колеса 35–28–35). Гитара сменных колес позволяет настраиваться на тип резьбы и шаг при нарезании точных резьб. При данном резьбонарезании выходной вал гитары *IX* соединяется с ходовым винтом *XV* напрямую при включенных муфтах $М_2$, $М_3$ и $М_4$, расположенных в коробке подач. Шаг резьбы настраивается сменными колесами гитары, которые входят в комплект станка или поставляются по особому заказу.

Коробка подач. При помощи коробки подач настраиваются на шаг резьбы и ее тип. Метрическая резьба (кинематическая цепь рис. 10). При нарезании метрической резьбы устанавливаются колеса гитары 42–50. Включается муфта $М_2$, далее с вала *X* на вал *XI* через конус шестерен 26–48, колеса 36–25–28, включенную муфту $М_5$, на вал *XII*. С вала *XII* на вал *XIV* через блоки $Б_ц$ и $Б_{12}$ и при включенной муфте $М_4$ на ходовой винт с шагом t = 12 мм.

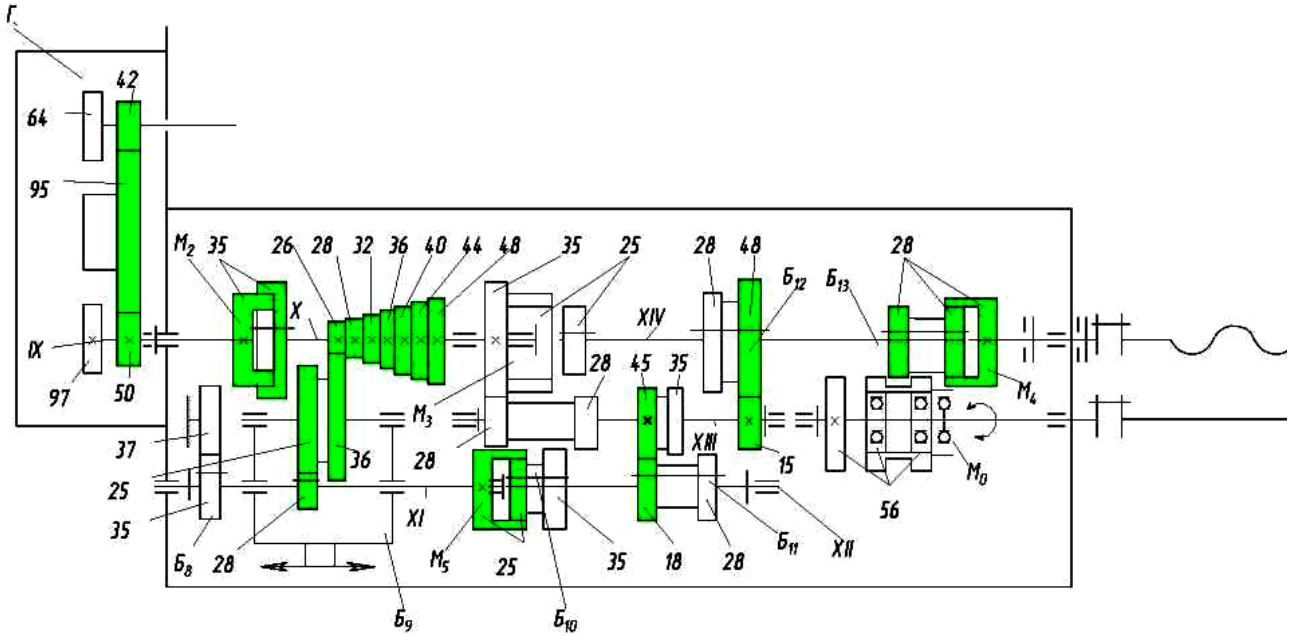


Рис. 10. Настройка для метрической резьбы

Дюймовая резьба (кинематическая цепь рис. 11) При нарезании дюймовой резьбы устанавливаются колеса гитары 42–50. Далее с вала *IX* при выключенной муфте $М_2$ движение передается на вал *XI* черезколеса 35–37–35, далее через колеса 28–25–36 накидного механизма конуса шестерен, конус шестерен 26–48. Далее при выключенной муфте $М_3$ с вала *X* на вал *XII* через колеса 35–28–28–35. Далее, с вала *XII* на вал *XIV* через блоки $Б_ц$ и $Б_{12}$ и при включенной муфте $М_4$ на ходовой винт с шагом t = 12 мм.

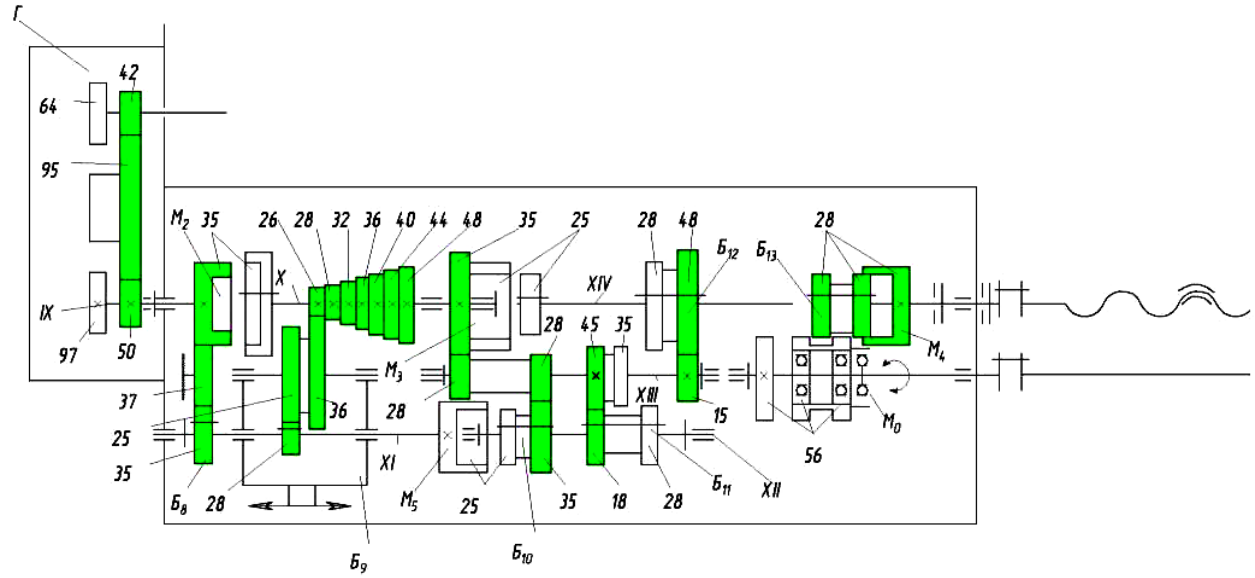


Рис. 11. Настройка для дюймовой резьбы

Модульная и питчевая резьбы нарезаются при настройке коробки подач соответственно метрической и дюймовой резьб, а колеса гитары настраиваются 64–97 (рисунки 12 и 13 соответственно).

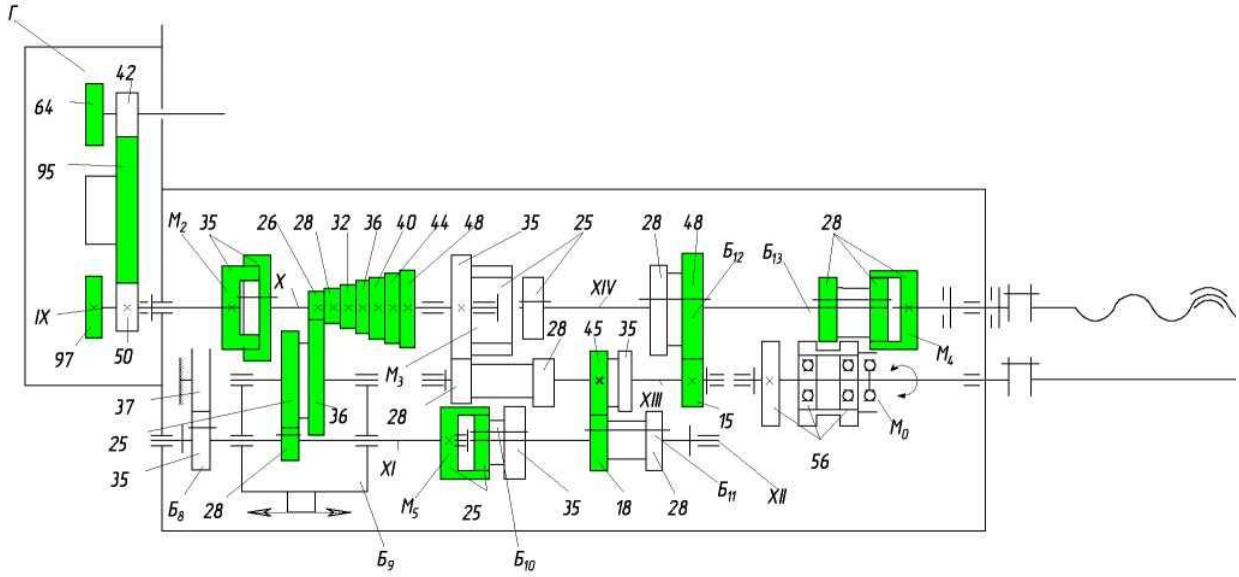


Рис. 12. Настройка для модульной резьбы

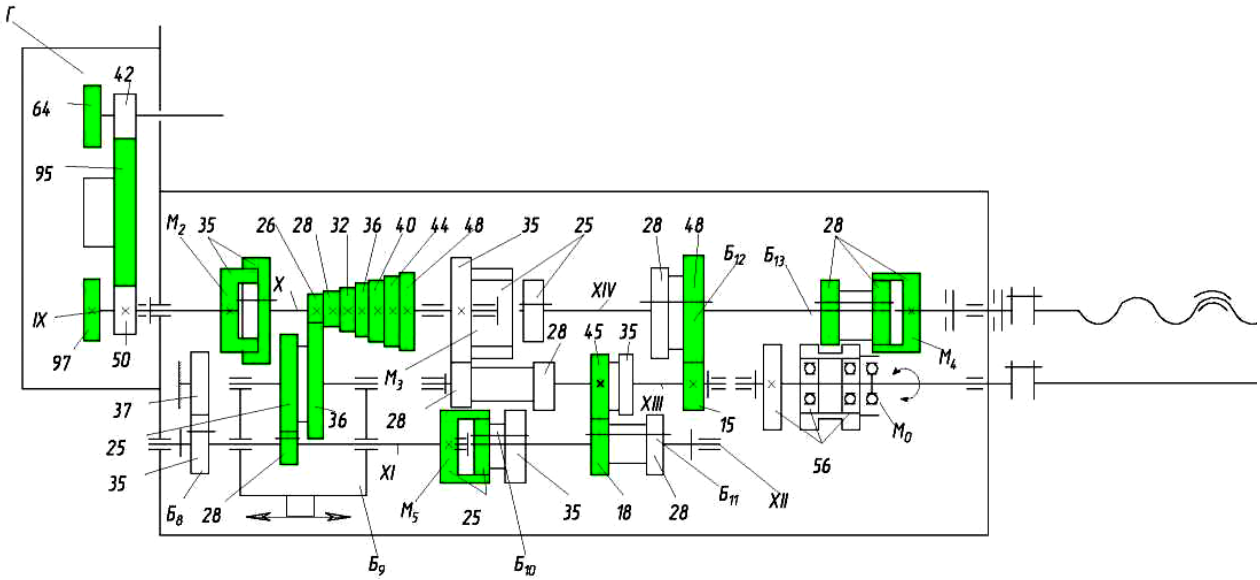


Рис. 13. Настройка для питчевой резьбы

Точные резьбы нарезаются по кинематической цепи, исключающей зубчатые передачи коробки подач, только через муфты (рис. 14). Настройка на требуемый шаг осуществляется гитарой сменных колес.

При установленных заготовке и резце нарезание резьбы осуществляется в следующей последовательности:

– в гитару устанавливаются соответствующие, нарезаемой резьбы колеса;

– рукоятка *2* (рис. 8) устанавливается в положение, соответствующее выбранному типу резьбы;

– рукояткой *1* выбирается необходимый шаг.

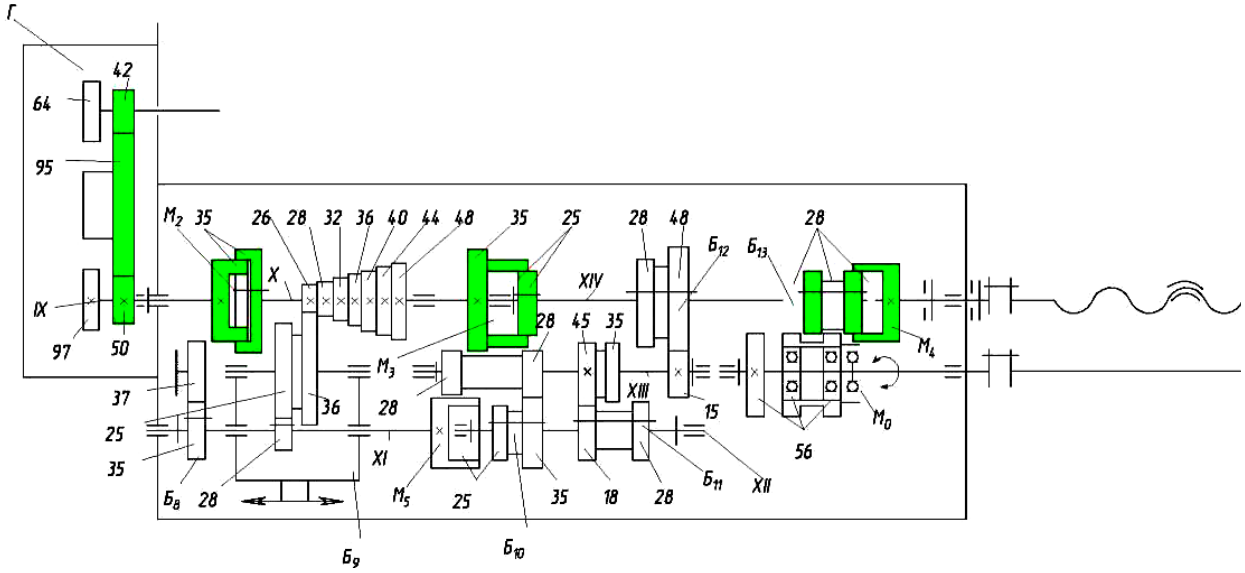


Рис. 14. Настройка для точных резьб

ВНИМАНИЕ!!! Вытягивать и вставлять внутренний барабан можно только при фиксированном положении барабана (раздается щелчок) наружного барабана.

– в соответствии с выбранным шагом устанавливают рукоятки 4, 5, 6;

– включают вращение шпинделя;

– включают маточную гайку поворотом рукоятки 27 (рис. 8) вниз до упора.

Ход выполнения работы:

– ознакомиться с описанием лабораторной работы;

– визуально на станке определить основные узлы и органы управления, упоминающиеся в описании;

– включить станок.

ВНИМАНИЕ!!! Включать станок в работу только в присутствие преподавателя.

– осуществить переключения в цепи главного движения и движения резьбонарезания для различных резьб и способов нарезания (по правилам, указанным выше);

– выключить станок;

– составить отчет.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Описание назначения и области применения станка.
2. Рисунок общего вида с указанием основных узлов и элементов управления станком.
3. Кинематическую схему станка с выделением кинематических цепей главного движения и всех видов резьб различным цветом.
4. Расчет настроек станка для всех видов резьб.

Примечание: рисунки общего вида и кинематической схемы допускаются в виде ксерокопий.

Контрольные вопросы

1. Назначение, область применения и основные технические характеристики станка.
2. Назовите органы управления станком.
3. Назовите основные узлы станка.
4. Назовите типы резьб нарезаемые на станке и зависимости для определения их шагов.
5. Покажите по кинематической схеме кинематическую цепь, используемую при нарезании дюймовой и питчевой резьб.
6. Покажите по кинематической схеме кинематическую цепь, используемую при нарезании метрической и модульной резьб.
7. Покажите по кинематической схеме кинематическую цепь, используемую при нарезании точных резьб.

РАБОТА №5
РАСЧЕТ НАСТРОЙКИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ

Задание. Рассчитать передаточное число $i_г$ и числа зубьев гитары сменных колес *a, b, c, d* и числа зубьев колес механизма Нортона для нарезания метрической и дюймовой резьбы на токарно-винторезном станке. Для гитары выполнить проверку по условию сцепляемости.

Исходные данные:

$P_{мр}$ − шаг метрической резьбы; мм; $P_{хв}$ − шаг ходового винта, мм; n − число ниток на дюйм для дюймовой резьбы; C − постоянная кинематической цепи; $K_{нр}$ – число заходов нарезаемой резьбы. Исходные данные приведены в табл.10. Число заходов нарезаемой резьбы для всех вариантов принимается равным 1.

Теоретические сведения. Одной из функций токарно-винторезного станка является нарезание резьбы резцом. Кинематическая цепь, служащая для настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом, является внутренней цепью и связывает вращение шпинделя и перемещение суппорта. Для нарезания резьбы нужно, чтобы при повороте шпинделя на один оборот суппорт с резцедержателем переместились на ход резьбы, равный $P_{мр}{\cdot}K_{нр}$. Ходовой винт, сообщающий резцу прямолинейное движение через разъемную гайку, получает вращение от шпинделя через гитару сменных колес (рис. 15) или механизм Нортона (рис. 16).

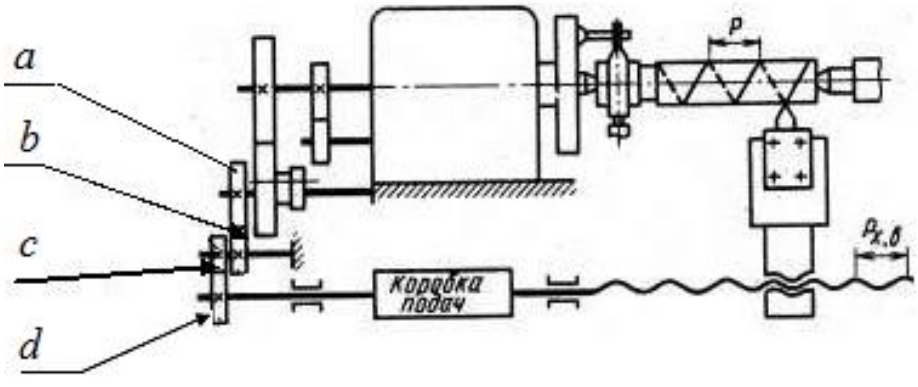


Рис. 15. Резьбонарезная цепь токарно-винторезного станка:
a, b, c, d − числа зубьев колес гитары

Расчет гитары сменных колес для нарезания метрической резьбы производится по формуле

$$1\text{об. шп} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times C_{\text{кц}} \times P_{\text{хв}} = P_{\text{нр}}.$$

Расчет гитары сменных колес для нарезания дюймовой резьбы производится по формуле

$$1\text{об. шп} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times C_{\text{кц}} \times P_{\text{хв}} = P_{\text{нр}} = \frac{25}{n}.$$

Шестиступенчатый механизм Нортона служит для настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом.

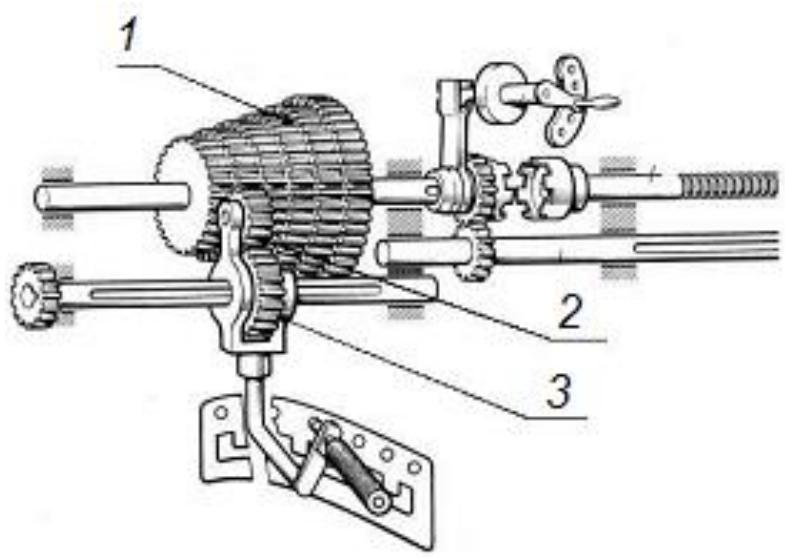


Рис. 16. Механизм Нортона:
1− блок зубчатых колес; *2* – паразитное колесо; *3* – передвижное колесо

Он состоит из конусного блока зубчатых колес *1*, которые могут последовательно входить в зацепление с передвижным колесом *3* через паразитное колесо *2* и множительного механизма, служащего для увеличения диапазона шагов нарезаемой резьбы. При настройке механизма Нортона на нарезание метрической и модульной резьбы ведущим является конусный блок колес, на нарезание дюймовой резьбы – подвижное колесо.

Для расчета параметров настройки механизма Нортона следует определить номер ступени механизма Нортона, передаточное число множительных передач, ведомое и ведущее звенья механизма Нортона (табл. 9).

Таблица 9

Данные к расчету механизма Нортона

Номер ступени	Передаточное отношение множительных передач								
	Метрическая резьба			Модульная резьба			Дюймовая резьба		
	1 : 2	1 : 1	2 : 1	1 : 2	1 : 1	2 : 1	1 : 2	1 : 1	2 : 1
1	1	2	4	1	2	4	16	8	4
2			4,5		2,25	4.5	18	9	
3	1,25	2,5	5	1,25	2,5	5	20	10	5
4			5,5		2,75	5,5		11	
5	1,5	3	6	1,5	3	6	24	12	6
6	1,75	3,5	7	1,75	3,5	7	28	14	7

Значения шагов по вертикали можно получить переключением механизма Нортона, а по горизонтали – переключением множительного механизма. Механизм Нортона можно рассчитать по любому столбцу табл. 9 в том случае, если задана постоянная кинематической цепи C по формуле

$$Z = C \cdot K_{\text{нр}} \cdot P_{\text{нр}} .$$

Пример при $C = 8$ по третьему столбцу для метрической резьбы:

$Z_1 = 8 \cdot 1 \cdot 4 = 32$ $\quad$ $Z_2 = 8 \cdot 1 \cdot 4{,}5 = 36$

$Z_3 = 8 \cdot 1 \cdot 5 = 40$ $\quad$ $Z_4 = 8 \cdot 1 \cdot 5{,}5 = 44$

$Z_5 = 8 \cdot 1 \cdot 6 = 48$ $\quad$ $Z_6 = 8 \cdot 1 \cdot 5{,}5 = 56$

Число зубьев подвижного колеса принимается равным числу зубьев первого колеса конического блока колес.

Шаги нарезаемой резьбы:

1) для модульной резьбы $P_{\text{нр}} = m \cdot \pi$;

2) для дюймовой резьбы $P_{\text{нр}} = 1 / n \cdot K_{\text{нр}}$.

Таблица 10

Исходные данные для расчета настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом

Вариант	$P_{нр}$	$P_{хв}$	C	n
1	1	4	6	4
2	2	2	8	5
3	3	5	10	6
4	4	6	12	7
5	5	8	14	8
6	1,5	2	16	9
7	2,5	5	20	10
8	3.5	4	26	11
9	4,5	6	30	12
10	5,5	8	34	14
11	6	4	36	16
12	7	5	40	18
13	1,25	4	6	20
14	1,75	6	8	6
15	2,25	8	10	7
16	2,75	4	12	8
17	1,5	2	14	9
18	1,25	2	16	10
19	1	5	20	11
20	2	6	26	12
21	3	8	30	14
22	3,5	4	34	16
23	4,5	2	36	18
24	6	6	40	20

РАБОТА №6
РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ И ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ ГИТАРЫ СМЕННЫХ КОЛЕС

Задание. Для заданных в виде десятичной дроби передаточных отношений рассчитать числа зубьев двухпарной гитары сменных колес методом подбора, методом непрерывных дробей и методом Кнаппе. Определить относительную погрешность расчетного передаточного отношения.

Исходные данные:

i_1 – передаточное отношение для расчета методом подбора, i_2 – для расчета методом непрерывных дробей, i_3 – для расчета методом Кнаппе. Исходные данные приведены в табл. 11.

Теоретические сведения. Наборы сменных зубчатых колес, прилагаемые к металлорежущим станкам, содержат колеса с различными числами зубьев, в том числе колеса с простыми числами зубьев и колеса с числами зубьев, кратными простым.

Число зубьев сменных колес гитары равняется 20, 23, 24, 25, 30, 34, 40, 41, 43, 45, 47, 50, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 74, 79, 80, 83, 85, 89, 92, 95, 97, 98, 100.

При подборе сменных зубчатых колес полученное передаточное отношение гитары сменных колес преобразуется таким образом, чтобы числитель и знаменатель дроби представляли собой числа, соответствующие набору чисел зубьев сменных колес гитары. Используют три метода подбора чисел зубьев сменных колес: метод непосредственного подбора, метод непрерывных дробей, метод Кнаппе.

1) Метод непосредственного подбора чисел зубьев.

Передаточное отношение представляет собой дробь, числитель и знаменатель которой есть целые числа. В этом случае числитель и знаменатель раскладываются на множители и полученные множители заменяются кратными им числами зубьев. Пример для $i = 48 : 75$:

$$\frac{48}{75} = \frac{24 \cdot 2}{15 \cdot 5}.$$

Введем дополнительные множители:

$$\frac{48}{75} = \frac{24 \cdot 2 \cdot 30}{15 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 10} = \frac{24 \cdot 46}{45 \cdot 40}.$$

Таким образом, получаем следующие числа зубьев гитары сменных колес: $a = 24$; $b = 60$; $c = 45$; $d = 50$.

Таблица 11

Исходные данные для расчета чисел зубьев сменных колес методом подбора, непрерывных дробей и методом Кнаппе

Вариант	i_1	i_2	i_3
1	45 : 36	47 : 37	211 : 435
2	36 : 45	37 : 47	125 :633
3	24 : 48	23 : 51	127 : 525
4	25 : 54	29 : 53	231 : 459
5	20 : 44	19 : 47	321 : 787
6	18 : 28	19 : 29	121 : 239
7	56 : 80	57 : 83	239 : 891
8	58 : 60	51 : 61	159 : 677
9	60 : 58	61 : 59	143 : 581
10	68 : 100	67 : 101	137 : 435
11	75 : 55	73 : 59	155 : 837
12	54 : 62	51 : 67	211 : 493
13	24 : 52	23 : 57	115 :633
14	24 : 44	17 : 37	127 : 523
15	25 : 54	11 : 17	241 : 459
16	20 : 48	11 : 19	321 : 789
17	18 : 28	19 : 87	121 : 233
18	56 : 82	37 : 79	239 : 891
19	58 : 64	59 : 111	159 : 677
20	38 : 48	37 : 93	143 : 571
21	22 : 46	13 : 29	137 : 435
22	46 : 80	59 : 87	157 : 837
23	42 : 50	17 : 51	163 : 459
24	16 : 28	19 : 107	187 : 671

2) Метод непрерывных дробей.

Применяется в том случае, если непосредственный подбор невозможен. Метод непрерывных дробей заключается в последова-

тельном разложении заданного простой дробью передаточного отношения и последовательного отбрасывания второго слагаемого знаменателя.

Пример для $i = 37 : 47$.

$$\frac{37}{47} = \frac{1}{1+\frac{10}{37}} = \frac{1}{1+\frac{1}{3+\frac{7}{10}}} = \frac{1}{1+\frac{1}{3+\frac{1}{1+\frac{3}{7}}}} = \frac{1}{1+\frac{1}{3+\frac{1}{1+\frac{1}{2+\frac{1}{3}}}}}.$$

Отбрасывая последовательно второе слагаемое, в знаменателе можно получить ряд дробей, близких к передаточному отношению. Чем меньше отброшено слагаемых, тем меньше погрешность передаточного отношения. Отбросив $\frac{1}{3}$, получим дробь $\frac{11}{14}$, отбросив $\frac{1}{2+\frac{1}{3}}$, получим дробь $\frac{4}{5}$ и т. д.

Полученная дробь позволяет подобрать сменные колеса из набора способом непосредственного подбора.

3) ***Метод Кнаппе.***

Дробь, выражающая передаточное отношение, превращается в произведение двух дробей, из которых первая – близкая к заданной, с небольшими числами в числителе и знаменателе, а вторая – близкая к единице. Тогда вторую дробь можно изменять, прибавляя или вычитая из числителя и знаменателя одинаковые числа до тех пор, пока числитель и знаменатель не будут разлагаться на первоначальные множители. Пример для передаточного отношения 211 : 635:

$$\frac{211}{635} = \frac{1 \cdot 633}{3 \cdot 635} = \frac{1 \cdot 630}{3 \cdot 632} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 79} = \frac{3 \cdot 35}{4 \cdot 79}.$$

Метод непрерывных дробей и метод Кнаппе являются приближенными методами подбора чисел зубьев сменных колес. Погрешность подбора можно оценить по фактическому $I_{\text{Факт}}$ и расчетному $I_{\text{расч}}$ передаточным отношениям по формуле

$$\delta = |(I_{\text{Факт}} - I_{\text{расч}}) / I_{\text{Факт}}| \cdot 100\% \le [\delta] = 0{,}1\ \%\ ,$$

где $[\delta]$ – допускаемая погрешность передаточного отношения.

Подобранные числа зубьев сменных зубчатых колес должны удовлетворять условию зацепляемости:

$$a + b \ge c + (15 \ldots 20);\ \ c + d \ge b + (15 \ldots 20).$$

Если условие зацепляемости не выполняется, производится повторный расчет чисел зубьев сменных колес.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕЗЬБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА НА ФРЕЗЕРОВАНИЕ РЕЗЬБЫ ДИСКОВОЙ ФРЕЗОЙ

Теоретические сведения. Резьбофрезерные станки предназначены для обработки наружной резьбы различных видов и параметров. Фрезерование резьбы ведется дисковыми и групповыми фрезами (рис. 17). Резьбофрезерная кинематическая цепь резьбофрезерных станков обеспечивает согласованное вращение заготовки и продольное перемещение дисковой фрезы.

а *б*

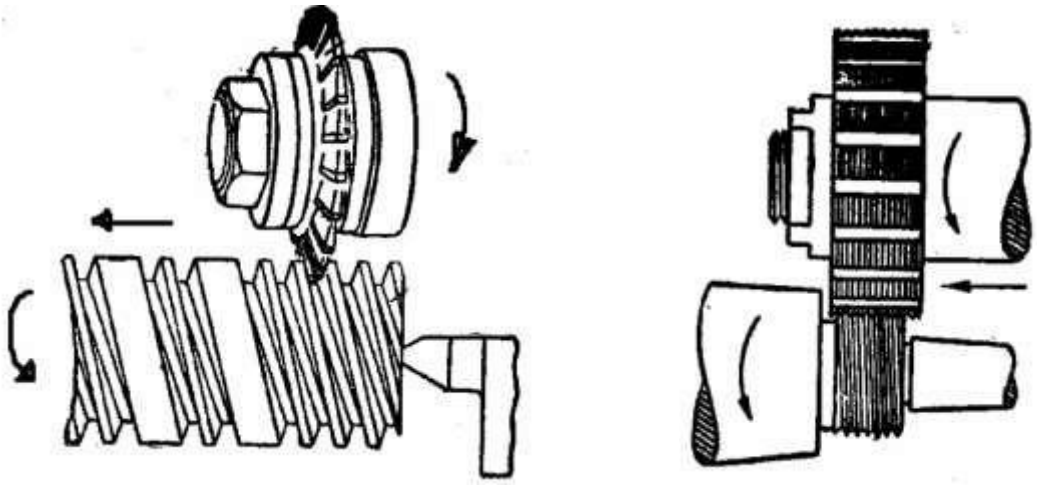


Рис. 17. Обработка резьбы на резьбофрезерных станках:
а – фрезерование дисковой фрезой; *б* – фрезерование групповой фрезой

При групповом фрезеровании резьбофрезерная цепь обеспечивает согласованное вращение фрезы и вращение заготовки.

По кинематической схеме резьбофрезерного станка нужно составить уравнения кинематического баланса и формулы его настройки на нарезание:

- резьбы метрической со стандартным шагом;
- резьбы метрической с нестандартным шагом.

Кинематическая схема резьбофрезерного станка приведена на рис. 18.

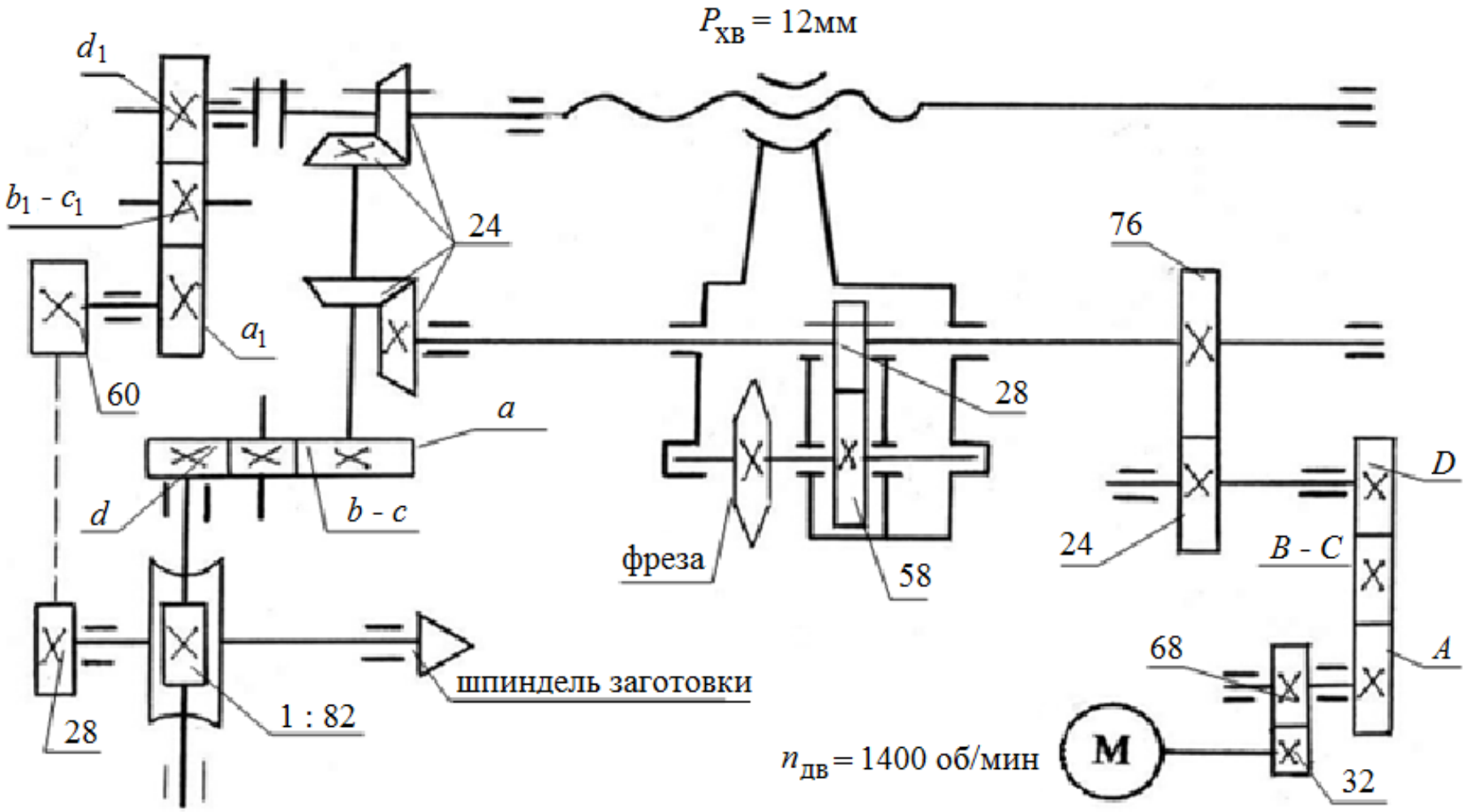


Рис. 18. Кинематическая схема резьбофрезерного станка:
A, B, C, D – сменные колеса гитары главного движения; *a, b, c, d* – сменные колеса гитары круговой подачи заготовки;
a_1, b_1, c_1, d_1 – сменные колеса гитары продольной подачи суппорта.

Основные кинематические цепи резьбофрезерного станка

1. Кинематическая цепь главного движения, которая служит для передачи движения от электродвигателя через коробку скоростей на фрезу:

$$n_{дв} \cdot \ldots = n_{фр},$$

где $n_{фр}$ – число оборотов фрезы, об/мин.

2.Кинематическая цепь круговой подачи заготовки $S_{кр.}$, которая служит для передачи движения от фрезы к заготовке через механизм конического реверса, коробку подач или гитару сменных колес. Последняя используется при настройке станка на нарезание резьбы со стандартным шагом:

$$1 \text{ об/фр} \cdot \ldots = S_{кр.},$$

где $S_{кр}$– круговая подача заготовки, мм/об.

3.Кинематическая цепь продольной подачи фрезерного суппорта $S_{пр}$ при нарезании резьбы с нестандартным шагом, которая служит для передачи движения от заготовки через двупарную гитару сменных зубчатых колес a_1: d_1 на ходовой винт подачи фрезерного суппорта:

$$1 \text{ об/заг} \cdot \ldots \cdot P_{хв} = S_{пр} = t_{нр},$$

где $P_{хв}$ – шаг ходового винта продольной подачи фрезерного суппорта, мм; $t_{нр}$ − шаг нарезаемой резьбы, мм; $S_{пр}$– продольная подача фрезерного суппорта, мм.

Задание. Рассчитать параметры настройки резьбофрезерного станка на фрезерование резьбы со стандартным шагом (передаточное число гитары главного движения A :D, гитары подач a : d и нестандартным шагом (передаточное число гитары резьбонарезной цепи a_1: d_1).

Исходные данные:

$S_{кр}$ − величина круговой подачи заготовки, мм/об; $t_{нр.ст}$ − стандартный шаг резьбы, мм; $t_{нр.нст}$– нестандартный шаг резьбы, мм; $n_{фр}$ − число оборотов фрезы, об/мин. Исходные данные приведены в табл. 12.

Таблица 12

Исходные данные для расчета параметров настройки резьбофрезерного станка

Вариант	$t_{нр.ст.}$, мм	$t_{нр.нст.}$, мм	$S_{кр}$, об/мин	$n_{фр}$, об/мин
1	1,5	3,4	0,5	55
2	2	2,6	0,6	80
3	2,5	3,6	0,8	115
4	3	2,8	0,9	165
5	3,5	4,7	1	240
6	4	4,8	1,2	55
7	4,5	3,9	1,4	80
8	5	5,1	1,5	115
9	6	5,3	1,6	165
10	8	5,6	1,7	240
11	10	6,3	1,8	55
12	1,5	6,7	1,9	80
13	2	6,8	2,0	115
14	2,5	8,1	1,2	165
15	3	8,2	1,4	240
16	3,5	8,4	1,5	55
17	4	8,6	1,6	80
18	4,5	4,8	1,7	115
19	5	5,9	1,8	165
20	6	6,9	1,9	240
21	8	7,2	2,0	80
22	10	8,3	1,8	115
23	8	2,7	2,1	55
24	6	4,3	1,7	165

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8
РАСЧЕТ КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА

Задание. Определить частоту вращения кривошипа однокулисного привода поперечно-строгального станка.

Исходные данные:

$V_р$ − горизонтальная скорость ползуна, м/мин; $О_1П_1$ − радиус кривошипа, мм; *a, b* − размеры кулисного привода, мм.

Исходные данные приведены в табл. 13.

Теоретические сведения. В поперечно-строгальных станках применяется вариант кулисного механизма, представленный на рис. 19.

Механизм качающейся кулисы ОВ (рис. 19.) имеет кривошипный диск (кулисное колесо $Z = 107$), снабжённый пальцем П, который можно перемещать в радиальном направлении по торцу колеса для изменения длины хода ползуна *l*. То есть изменение длины кривошипа $О_1П_1$ приводит к пропорциональному изменению величины *l.* На пальце П свободно сидит кулисный камень $К_К$. При вращении кривошипного диска камень $К_К$ перемещается вдоль прорези кулисы ОВ, которая качается на неподвижной оси О. Верхним концом кулиса шарнирно соединена с ползуном. Совершая качательное движение, кулиса ОВ сообщает ползуну возвратно-поступательное движение. Это движение передаётся ползуну через гайку на винте; вращением винта можно изменять зону строгания.

Механизм качающейся кулисы сообщает ползуну движение вперёд (рабочий ход $V_Р$) и более быстрое движение в обратном направлении (холостой ход $V_х$). Палец П, равномерно вращаясь, описывает при рабочем ходе ползуна дугу, соответствующую углу α, а при холостом ходе ползуна – дугу, соответствующую углу β, причём всегда α> β.

Как видно из диаграммы скоростей (рис. 20), ползун непрерывно изменяет свою скорость движения от нуля до максимума и вновь до нуля. Так как угол α больше угла β, а путь, пройденный ползуном вперёд и назад одинаков, то при равномерной скорости вращения кривошипа *V* значения мгновенных скоростей рабочего и холостого хода существенно различаются.

Следует отметить, что неравномерность рабочего хода ползуна приводит к снижению производительности обработки, переменности-

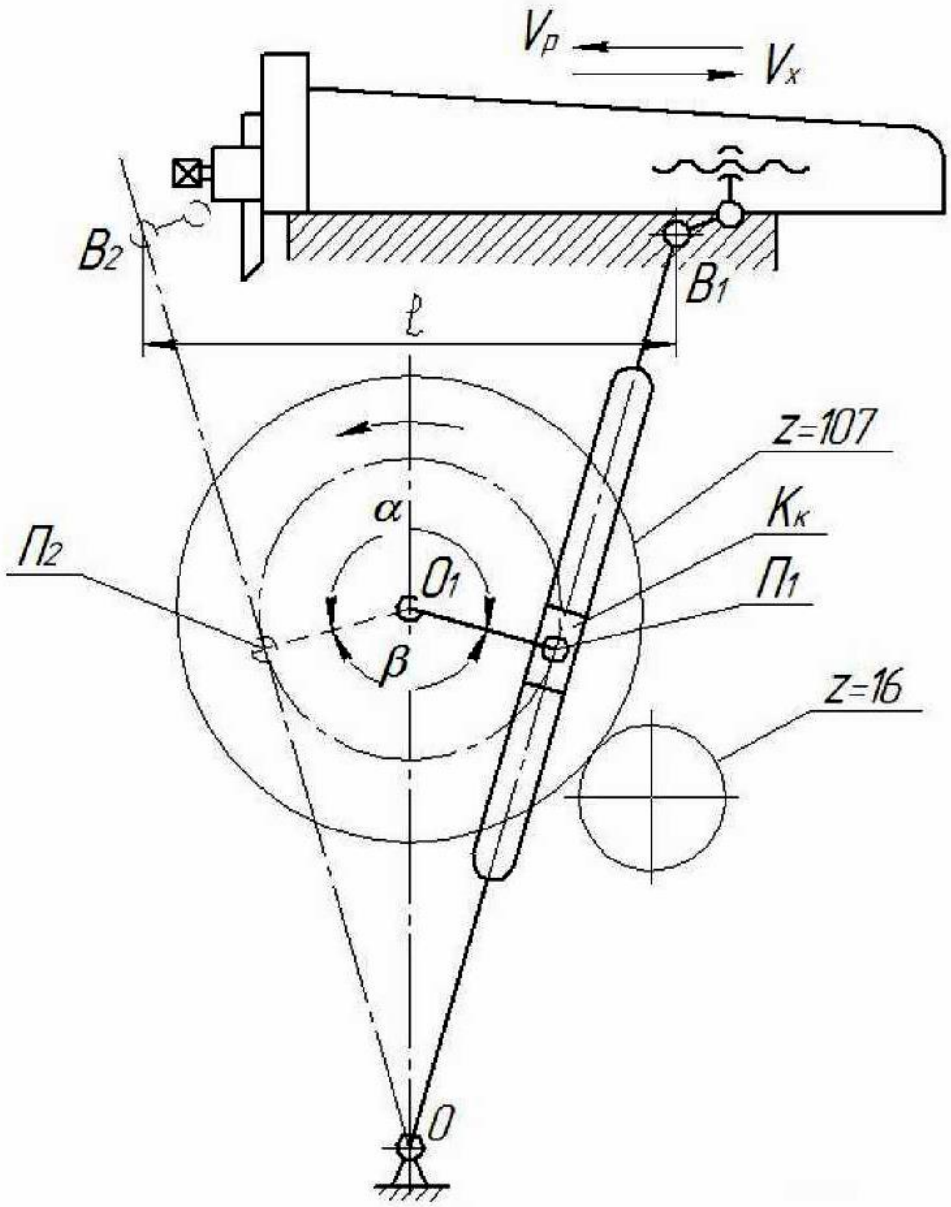


Рис. 19. Схема кривошипно-кулисного привода ползуна

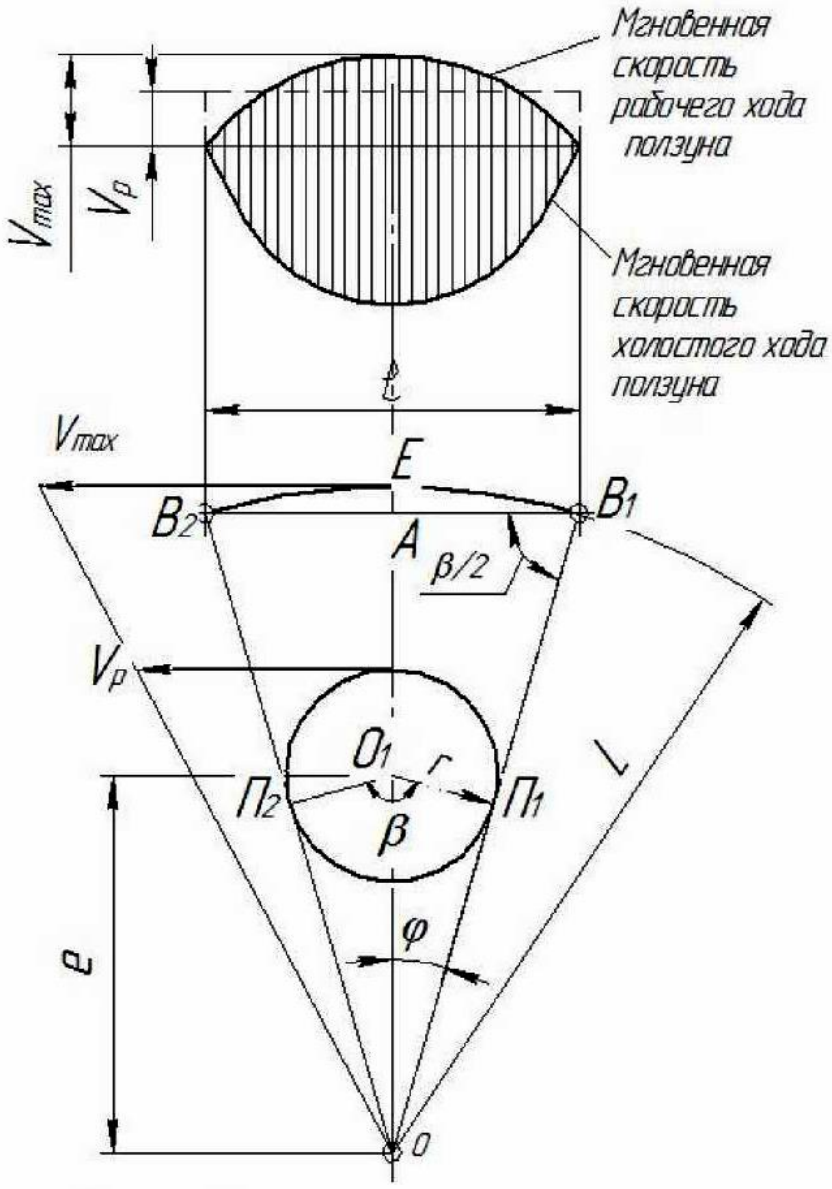


Рис. 20 . Диаграмма скорости ползуна

сил резания, упругим отжатиями, как следствие, снижению точности обрабатываемой заготовки.

Принцип действия кулисного механизма известен из курса теории машин и механизмов.

Для определения частоты вращения кривошипа привода можно применить следующую методику:

1. Определить скорость шарнира $B(V_B)$ используя терему о проекциях скоростей 2-х точек твердого тела

$$V_B \cdot \cos\alpha = V_\text{р} \Rightarrow \quad V_B = \frac{V_\text{р}}{\cos\alpha},$$

где α найти из $\Delta O_1П_1O$, используя теорему косинусов и синусов.

2. Определить угловую скорость(ω_2) кулисы ОВ

$$\omega_2 = \frac{V_\text{П}}{\text{ОВ}}.$$

3. Определить линейную скорость кулисного камня К($V_\text{К}$).

$$V_\text{К} = \omega_2 \cdot \text{ОП}_1,$$

где ОП_1 –расстояние от кулисного камня до оси вращения камня, определяемое исходя из положения механизма согласно исходным данным.

4. Определить угловую скорость кривошипа (ω_1).

$$\omega_1 = \frac{V_{\text{П}1}}{\text{O}_1\text{П}_1}.$$

5. Для ответа на вопрос задачи представить угловую скорость кривошипа $O_1П_1$из рад/с в об/мин.

Для этого воспользоваться следующей формулой

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30},$$

где n – частота вращения кривошипа ОП.

Пример. Для кулисного механизма поперечно-строгального станка (рис. 21) длиной кривошипа$O_1П(R)$ = 0,1 м, a= 0,2 м и ОП= 0,4 м определить частоту вращения кривошипа ω_1 для заданного положения механизма, если β = 120°, скорость резца (ползуна) 50 м/мин.

1. Изобразим механизм в заданном положении (Рис. 21) согласно исходных данных (табл. 13) (в масштабе).
2. Определим величину ОП_1 используя теорему косинусов.

$$\text{ОП}_1 = \sqrt{R^2 + a^2 - 2aR\cos 60°} \quad \text{ОП}_1 = 0{,}113 \text{ м}.$$

3. По теореме синусов определим неизвестный угол α

$$\frac{R}{\sin\alpha} = \frac{\text{ОП}_1}{\sin\beta}$$

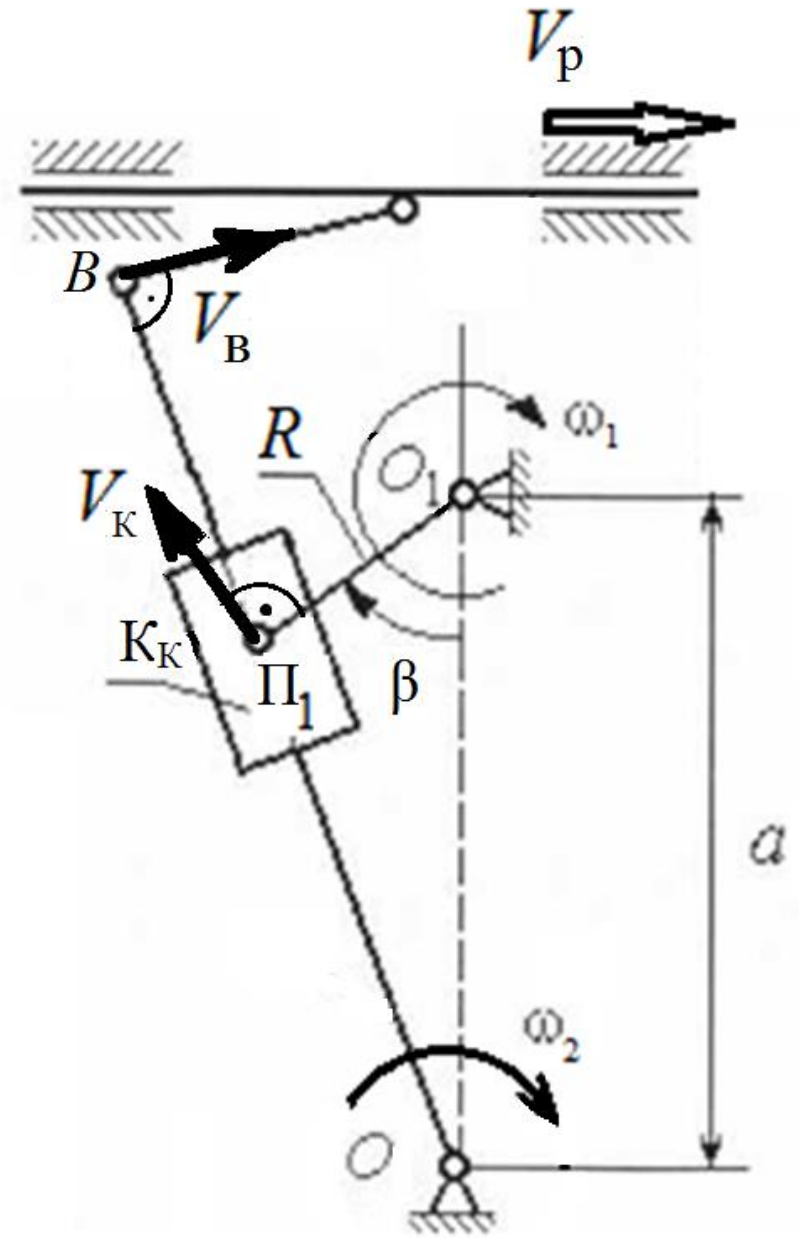


Рис. 21.Кулисныймеханизм поперечно-строгального станка

$$\sin\alpha = \frac{\sin\beta \cdot R}{OA_1} = \frac{\sin 60° \cdot 0{,}1}{0{,}113} = 0{,}501 \Rightarrow \alpha = \arcsin 0{,}501 = 30°.$$

4. Определим скорость шарнира *B* в м/с

$$V_B = \frac{V_р}{\cos\alpha} = \frac{0{,}83}{\cos 19{,}14°} = 0{,}96 \text{ м/с}.$$

5. Далее определим угловую скорость кулисы ОВ.

$$\omega_2 = \frac{V_р}{OB} = \frac{0{,}88}{0{,}4} = 2{,}4 \text{ м/с}.$$

6. Определим линейную скорость кулисного камня $К_К$

$$V_К = \omega_2 \cdot ОП_1 = 2{,}2 \cdot 0{,}264 = 0{,}42 \text{ м/с},$$

7. Определить угловую скорость кривошипа (ω_1) 1.

$$\omega_1 = \frac{V_К}{R} = \frac{0{,}42}{0{,}1} = 4{,}2 \text{ рад/с}.$$

8. Определим частоту вращения кривошипа n. Переводим рад/с в об/мин

$$\omega_1 = \frac{\pi n}{30} \Rightarrow n = \frac{30\omega_1}{\pi} = 40{,}1 \text{об/мин}$$

Ответ: частота вращения кривошипа n = 40,1 об/мин.

Таблица13

Размеры кулисного привода и скорость движения ползуна

Вариант	$V_р$, м/мин	$O_1П(R)$, мм	a, мм	ОВ, мм	β, град
1	50	150	200	400	120
2	50	100	150	200	150
3	50	90	150	200	135
4	10	80	150	200	140
5	10	60	120	180	90
6	10	200	150	300	120
7	20	180	180	300	150
8	20	160	100	240	135
9	20	300	150	200	140
10	20	200	120	240	90
11	40	100	100	300	120
12	40	90	150	200	150
13	40	60	150	200	135
14	50	100	180	360	140
15	50	90	150	300	90
16	50	80	150	200	120
17	10	150	180	260	150
18	10	150	150	200	135
19	10	200	120	200	140
20	20	190	100	200	90

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

Задача 1. На рис. 22 дана схема простейшей передачи вращения от электродвигателя к шпинделю токарного станка. На схеме указаны диаметры всех шкивов и число оборотов в минуту электродвигателя.

Подсчитать число оборотов шпинделя при всех четырех положениях ремня на ступенчатом шкиве.

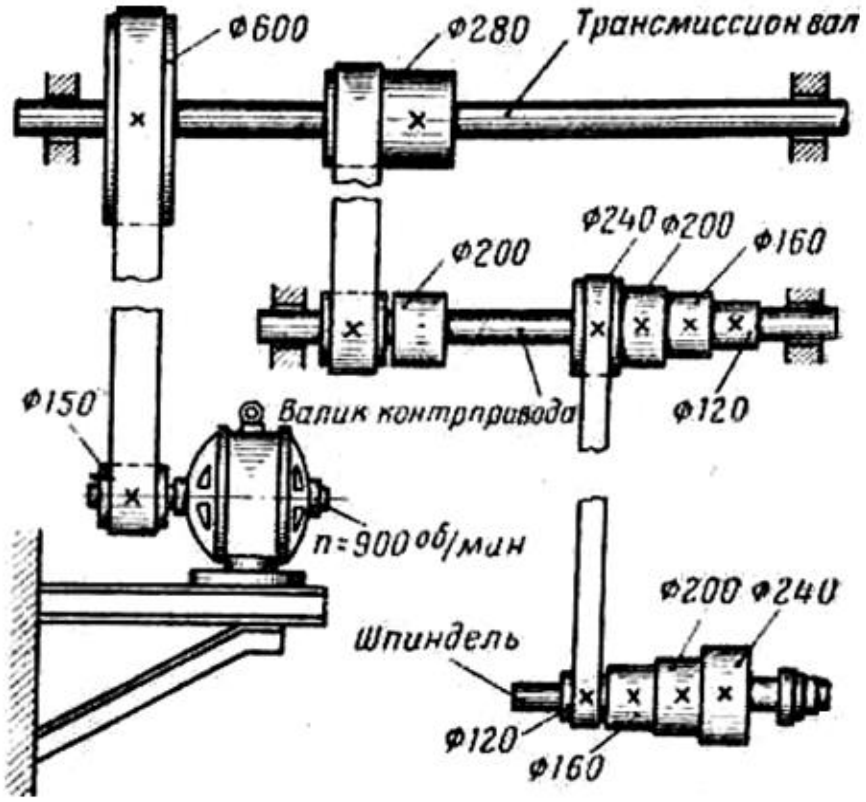


Рис. 22. Схема передачи вращения от электродвигателя к шпинделю токарного станка

Задача 2. На рис. 23 дана схема двойного перебора. При включении первого перебора передача идет через зубчатые колеса $z_4 - z_1 - z_3 - z_6$, а при включении второго перебора – через зубчатые колеса $z_5 - z_2 - z_3 - z_6$. Без перебора шпиндель имеет n_1 = 315 об/мин, n_2 = 210 об/мин, n_3 = 140 об/мин.

Определить:

1) числа оборотов шпинделя n_4, n_5, n_6 при включенном первом переборе;
2) числа оборотов шпинделя n_7, n_8, n_9 при включенном втором переборе.

Числа зубьев колес z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 и z_6 указаны на рис. 23.

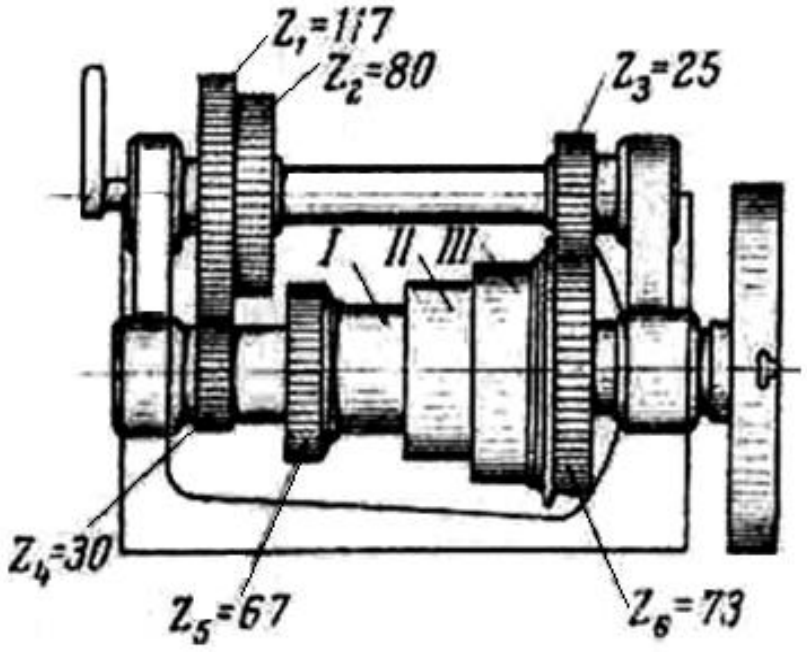


Рис. 23. Схема двойного перебора токарного станка

Задача 3. На рис. 24 дана схема тройного перебора, устройство которого позволяет сообщить шпинделю станка 15 различных скоростей:

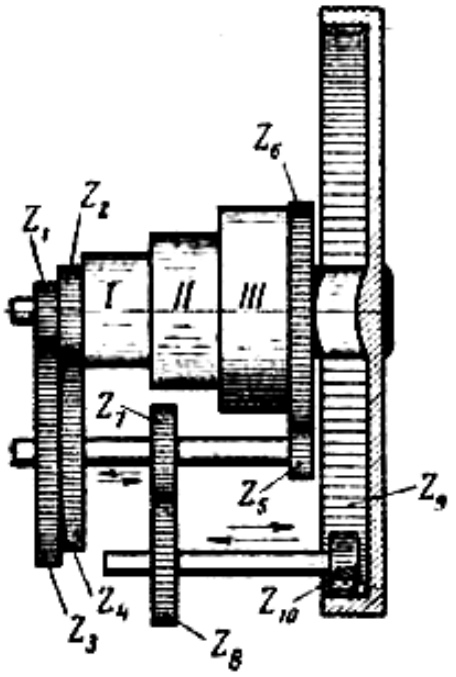


Рис. 24. Схема тройного перебора токарного станка

1) три скорости с выключенным перебором от ступенчатого шкива;
2) три скорости при включенных колесах $z_1 - z_3 - z_5 - z_6$;
3) три скорости при включенных колесах $z_2 - z_4 - z_5 - z_6$;
4) три скорости при включенных колесах $z_1 - z_3 - z_7 - z_8 - z_{10} - z_9$;
5) три скорости при включенных колесах $z_2 - z_4 - z_7 - z_8 - z_{10} - z_9$.

Подсчитать все получающиеся числа оборотов шпинделя, если дано:
1) $z_1 = 40$; $z_2 = 50$; $z_3 = 90$; $z_4 = 80$; $z_5 = 30$; $z_6 = 100$; $z_7 = 25$; $z_8 = 30$; $z_9 = 20$; $z_{10} = 100$;
2) число оборотов шпинделя при выключенном переборе:
$n_1 = 600$ об/мин, $n_2 = 320$ об/мин, $n_3 = 170$ об/мин.

Задача 4. На рис. 25 показан механизм с переключением скоростей при помощи кулачковой муфты *a*, перемещающейся по валику *I*, с которым она связана шпонкой. Колеса z_1 и z_2 вращаются на валике *I* свободно и получают вращение при сцеплении муфты *a* с муфтой *B* или же с муфтой *C*. Таким образом при перемещении муфты *a* влево вращение валика *I* передается валику *II* через колеса z_1 и z_3, а при перемещении муфты *a* вправо – через колеса z_2 и z_4.

Подобрать числа зубьев колес z_1, z_2, z_3 и z_4 так, чтобы при перемещении муфты *a* влево валик *II* вращался в три раза быстрее валика *I*, а при перемещении ее вправо – в два раза медленнее валика *I*.

Необходимо помнить, что сумма зубьев $z_1 + z_3$ должна равняться сумме зубьев $z_2 + z_4$.

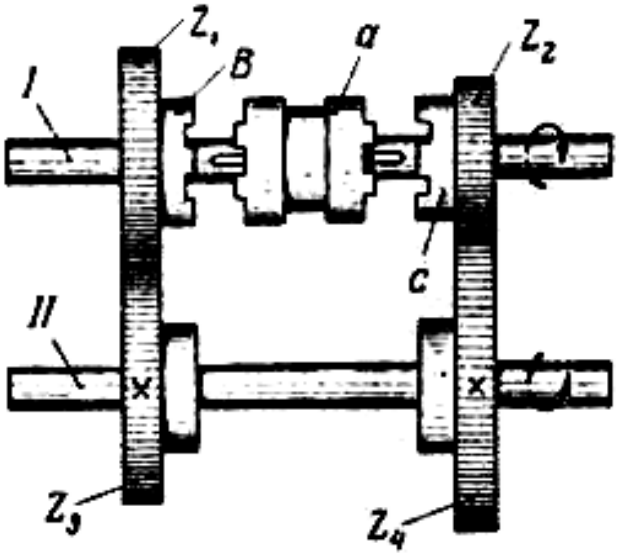


Рис. 25. Механизм переключения скоростей с помощью кулачковой муфты

Задача 5. На рис. 26 дана схема механизма для изменения (переключения) скоростей при помощи передвижной (скользящей) шпонки. На ведущем валике*I* заклинены колеса z_1, z_2, z_3 и z_4, сцепленные соответственно с колесами z_5, z_6, z_7 и z_8, которые сидят свободно на ведомом валике *II*. Каждое из последних четырех колес может быть соединено

с валиком *II* при помощи скользящей шпонки, перемещаемой рукояткой или маховиком.

Дано: $n_1 = 100$ об/мин, $z_1 = 51$, $z_2 = 43$, $z_3 = 32$, $z_4 = 22$, $z_5 = 25$, $z_6 = 33$, $z_7 = 44$, $z_8 = 54$.

Подсчитать числа оборотов ведомого валика *II* при всех четырех включениях скользящей шпонки.

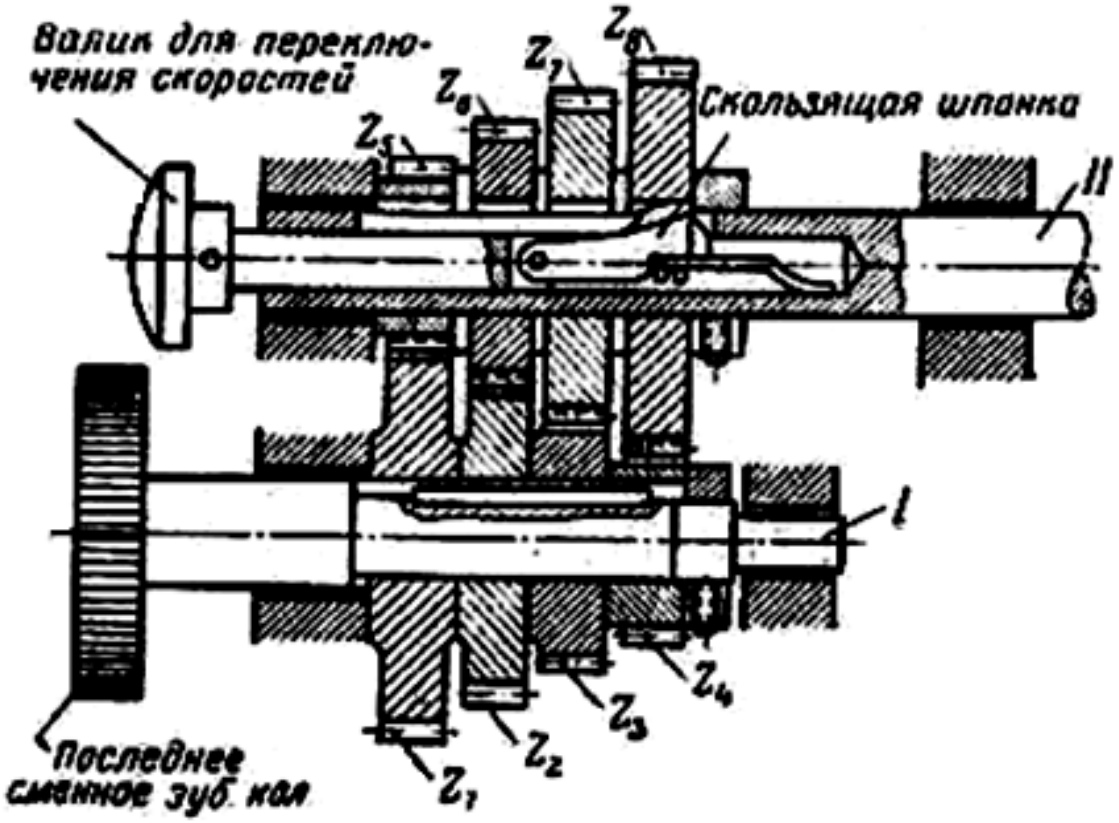


Рис. 26. Механизм переключения скоростей с помощью передвижной шпонки

Задача 6. На рис. 27, *а* дана схема сочетания двух механизмов – механизма с фрикционной муфтой и механизма с кулачковой муфтой. На рис. 27, *б* показан наружный вид этого механизма. Левая рукоятка служит для переключения фрикционной муфты *A*, а правая – для переключения кулачковой муфты *B*. При повороте рукояток влево обе муфты также перемещаются влево.

Числа зубьев колес, указанных на схеме, следующие (табл. 14):

Требуется:

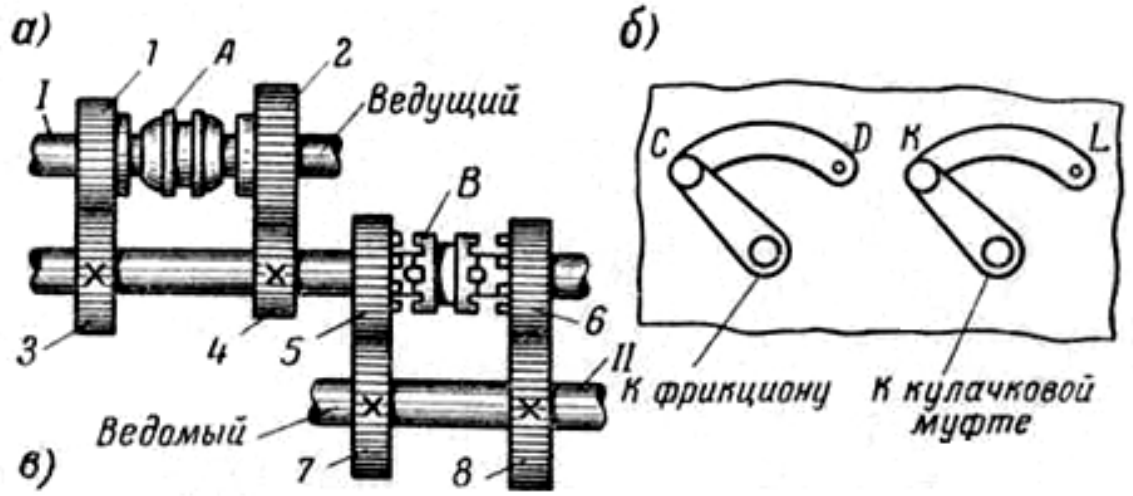
1) определить, через какие колеса идет передача при всех четырех включениях;

2) подсчитать передаточные числа, получающиеся при всех включениях;
3) определить числа оборотов ведомого валика *II* при числе оборотов валика *I* $n_1 = 200$ об/мин.

Ответы написать в форме трафаретки (рис. 27, *в*).

Таблица 14

№ колеса	1	2	3	4	5	6	7	8
Число зубьев колеса	24	32	24	16	20	25	40	35

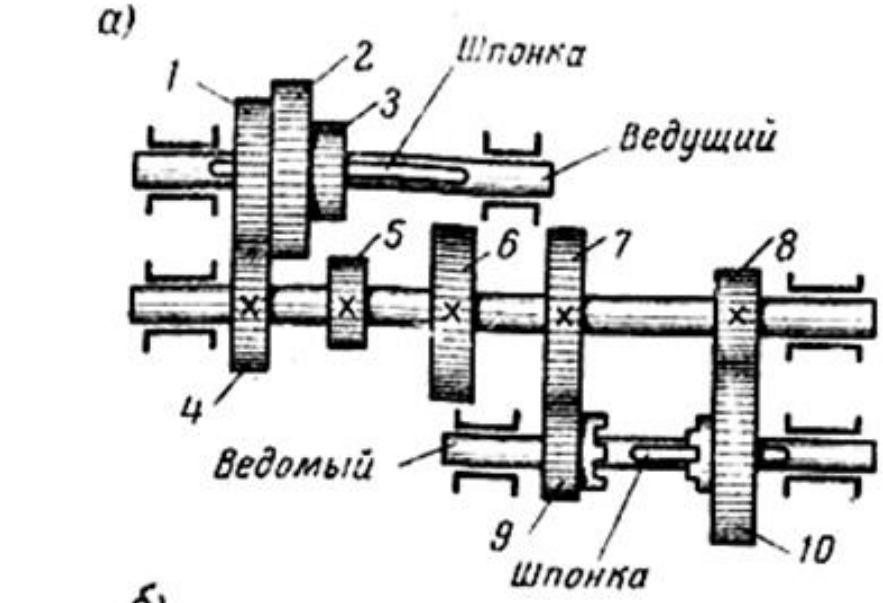


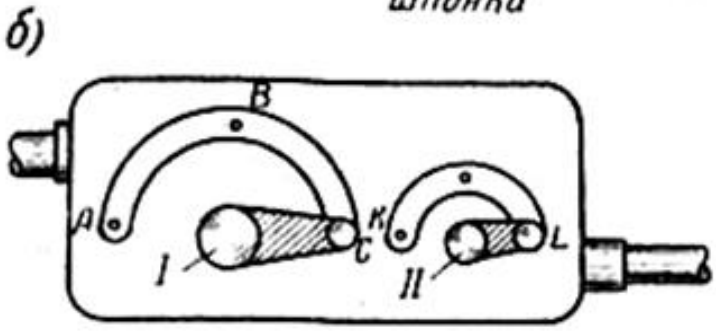
№	Положение рукояток I вариант		Передача идет через зуб. кол.	Передат. числа i	Положение рукояток II вариант		n_{II}
1			1-3-5-7	$\frac{1}{2}$	C	K	50 об/мин
2			найти	найти	C	L	найти
3					D	L	
4					D	K	

Рис. 27. Схема сочетания действия механизмов фрикционной и кулачковой муфты

Примечание. На левой стороне трафаретки положения рукояток показаны графически, а на правой – положения рукояток указаны при помощи буквенных обозначений.

Задача 7. На рис. 28, *а* дана схема коробки подач, а на рис. 66, *б* – ее наружный вид. Рукоятка *I* перемещает по ведущему валику колеса *1, 2, 3*, соединенные вместе. Рукоятка *II* перемещает по ведомому валику колесо 10 и составляющую с ней одно целое половину кулачковой муфты. Направление вращения рукояток и связанные с ними перемещения колес по валикам совпадают.





в)

Номера скоростей	Положение рукояток		Передача идет через зуб. кол.	Положение рукояток	
	I	II		I	II
1			3-6-8-10	C	L

Ответ на 1-й вопрос — Ответ на 3-й вопрос — Ответ на 2-й вопрос — Ответ на 4-й вопрос

Рис. 28. Схема коробки подач токарного станка

Требуется:

1) найти число возможных скоростей ведомого валика;

2) определить, через какие колеса идет передача при всех возможных включениях;
3) составить трафаретку с обозначением графически положений рукояток;
4) составить трафаретку с обозначением положений рукояток буквами по образцу, показанному на рис. 28, *в*.

Задача 8. На рис. 29, *а* дана схема коробки скоростей, а на рис. 29, *б* – наружный вид.

Рукоятка *I* перемещает колесо и по ведущему валику по шпонке. Рукоятка *II* перемещает колеса *5, 6, 7* по промежуточному валику по шпонке. Рукоятка *III* перемещает муфту М, сидящую на шпинделе на шпонке. Направление вращения рукояток и направление перемещения колес по валикам совпадают.

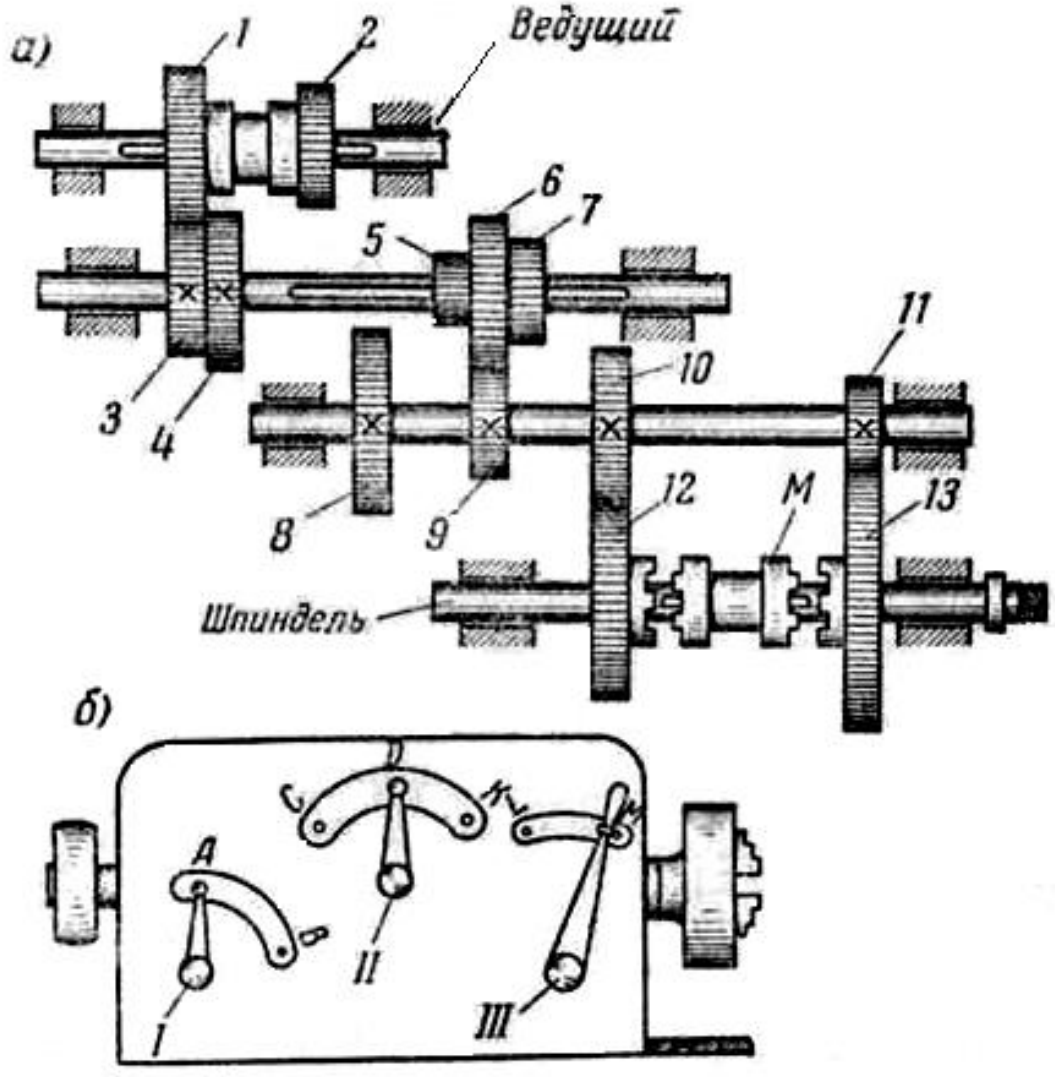


Рис. 29. Схема коробки скоростей токарного станка

Колесо 1	входит	в зацепление	с	колесом	3
	2«	«	«	«	4
	5«	«	«	«	8
	6«	«	«	«	9
	7«	«	«	«	10
Муфта *М*	«	«	с	муфтой колеса	12
«	«	«	«	«	13

Требуется:

1) найти число возможных скоростей шпинделя;
2) составить трафаретку с указанием положений рукояток графически и с буквенными обозначениями;
3) определить, через какие колеса идет передача.

Трафаретку составить по образцу, показанному на рис. 27, *в*.

Задача 9. На рис. 30, *а* дана схема коробки подач, а на рис. 30, *б* – ее наружный вид.

Рукоятка *II* служит для соединения через накидное колесо *2* зубчатого колеса *1* с колесами конуса подач *3, 4, 5, 6, 7, 8, 9* и *10*. Колесо *10* находится в постоянном зацеплении с колесом *11*. Рукоятка перемещает блок колес *16, 17, 18* и муфту *М* по ходовому валику по шпонке. Муфта *М* входит в зацепление с муфтой, соединенной с колесом *15*.Колесо *16* входит в зацепление с колесом *13*, колесо *17*– с колесом *12*, а колесо *18* – с колесом *11*.

Найти, через какие колеса идет передача при всех *32* возможных включениях коробки подач.

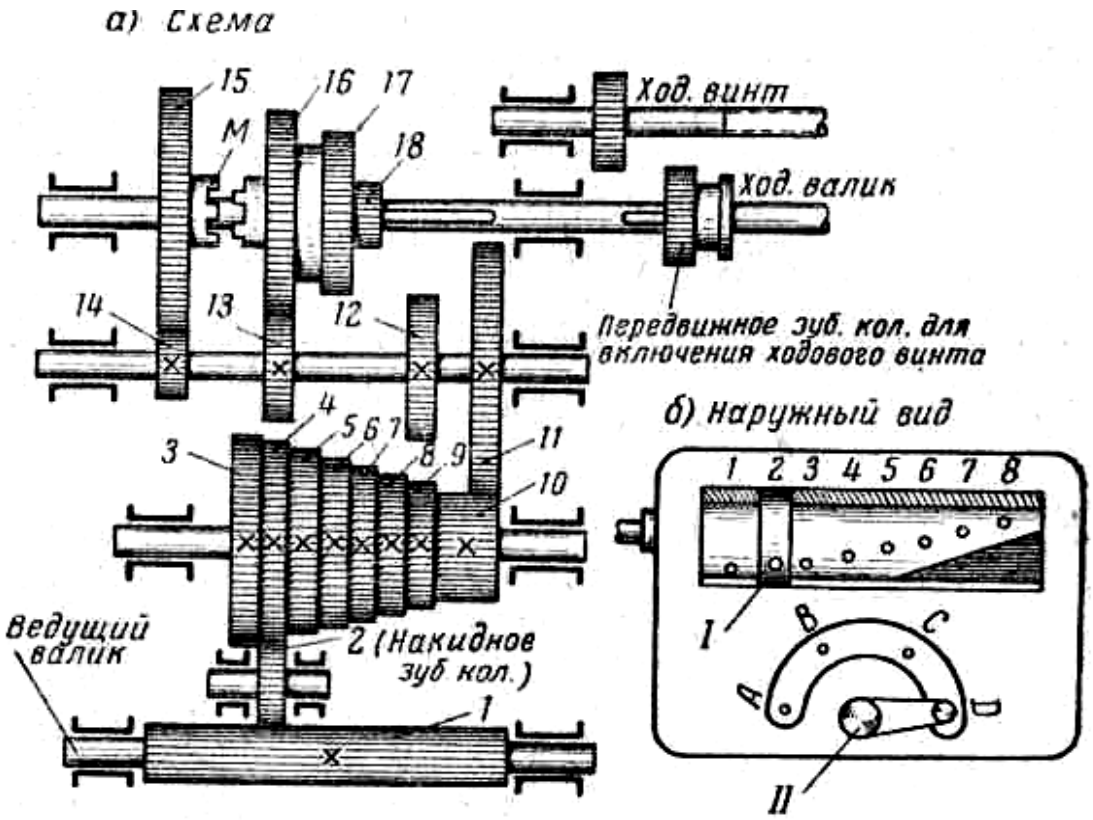
Ответ представить в виде трафаретки, показанной на рис. 27, *в*, заполнив графу: «Передача идет через колеса».

Задача 10. На рис. 31, *а* дана схема коробки скоростей токарного станка, а на рис. 31, *б* – наружный вид этой коробки.

Разобрав схему коробки, найти:

1) число возможных скоростей шпинделя;
2) составить трафаретку, показав графически положение рукояток.

При составлении трафаретки учесть, что направления вращения рукояток и направления перемещений связанных с ними муфт и колес не совпадают.



в)

№№	Положение рукояток I	Положение рукояток II	Передача идет через зубчатое колесо
1	1	A	1-2-3-10-11-14-15-M ход. валик
2	2		и т. д.
3	3		
4	4		
5	5		
6	6		
7	7		
8	8		
9	1	B	
10	2		
11	3		
12	4		
13	5		
14	6		
15	7		
16	8		

№№	Положение рукояток I	Положение рукояток II	Передача идет через зубчатое колесо
17	1	C	
18	2		
19	3		
20	4		
21	5		
22	6		
23	7		
24	8		
25	1	D	
26	2		
27	3		
28	4		
29	5		
30	6		
31	7		
32	8		

Рис. 30. Схема коробки подач и ее наружного вида

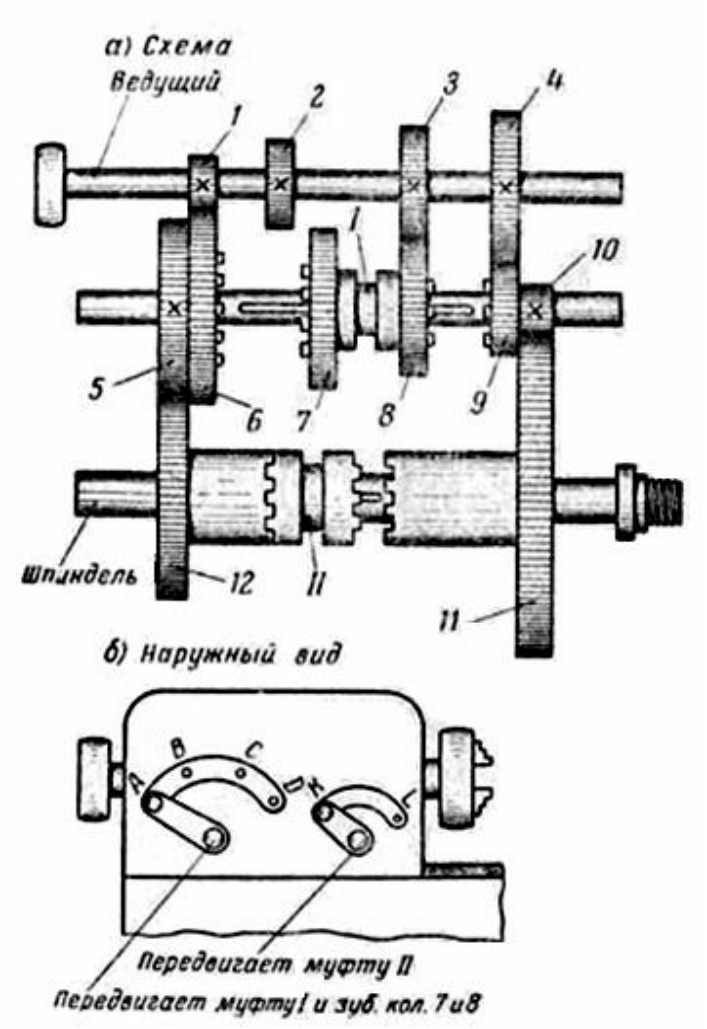


Рис. 31. Схема коробки скоростей и ее наружного вида

Задача 11. Разобрать схему коробки скоростей, показанную на рис. 32, *а*. На рис. 32, *б* дан наружный вид этой коробки

Найти:

1) число возможных скоростей вращения шпинделя;

2) составить трафаретку, показав графически положения рукояток коробки и указав, через какие колеса идет передача при каждом отдельном включении.

Направление перемещения муфт и направление колес совпадает с направлением вращений перемещающих их рукояток.

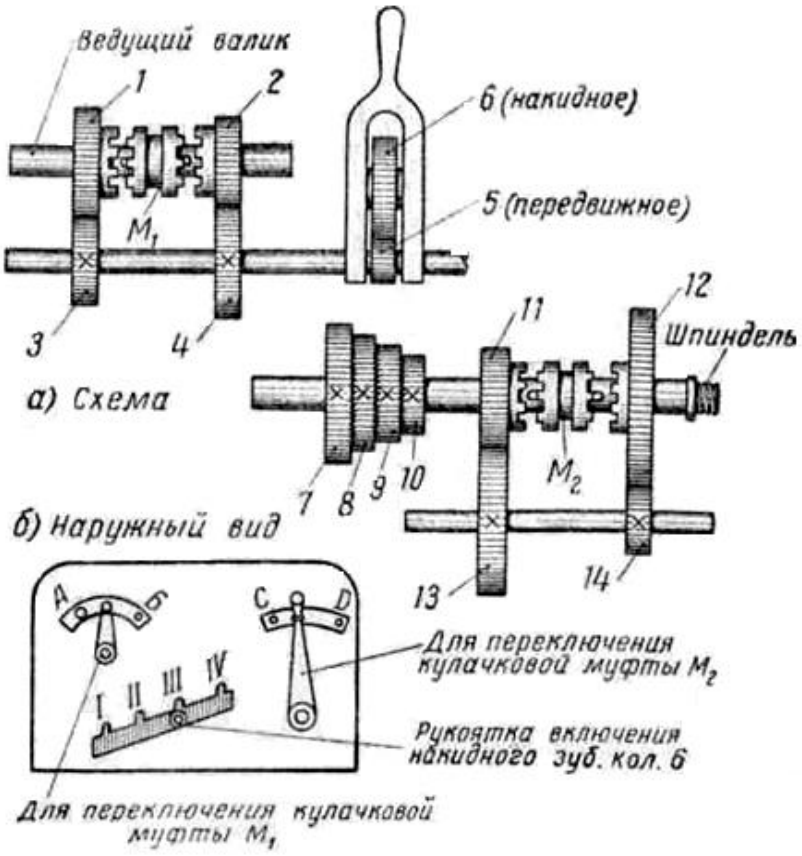


Рис. 32. Схема коробки скоростей с переключением с помощью кулачковой муфты

Задача 12. На рис. 33 дана развернутая кинематическая схема коробки скоростей токарного станка ДИП-200.

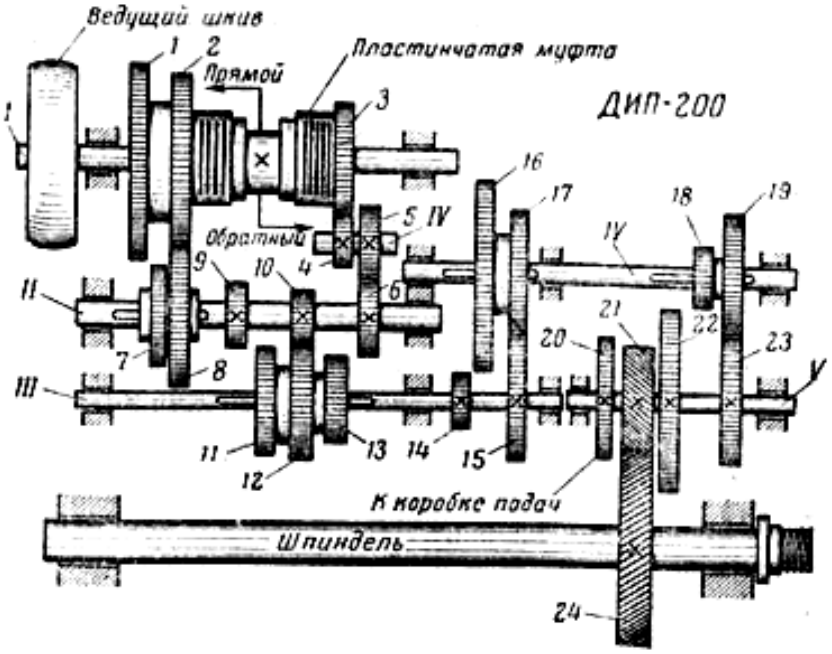


Рис. 33. Кинематическая схема коробки скоростей токарного станка ДИП-200

Числа зубьев колес, показанных на схеме, следующие (табл. 15):

Таблица 15

№ колеса	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12
Число зубьев	28	20	56	51	50	24	36	36	34	39	44	62
№ колеса	21	2 2	13	14	15	16	17	18	19	20	23	24
Число зубьев	32	80	36	20	50	80	50	20	50	50	50	64

На валик *I* посажены две фрикционные пластинчатые муфты, включение которых производится при помощи особого рычага, не показанного на рисунке. При включении левой муфты шпинделю сообщается рабочее вращение, а при включении правой муфты – ускоренное вращение в обратную сторону. При установке рычага в среднее положение муфта выключается, валик *I* вращается вхолостую, вращение шпинделя прекращается.

По валику *II* передвигаются колеса *7* и*8,* по валику *III* – колеса *11*, *12* и *13.*

Это позволяет при прямом вращении шпинделя сообщить валику *III* шесть скоростей.

Передвижные колеса *16* и *17* могут быть соединены с колесами *14* и *15*, а передвижные колеса *18* и *19* – с колесами *22* и *23.*

В данном узле могут иметь место четыре случая передачи вращения от валика *I* к валику *V* через промежуточный валик *IV* при следующих соединениях колес:

1. 14 – 16, 19 – 23
2. 14 – 16, 18 – 22
3. 15 – 17, 19 – 23
4. 15 – 17, 18 –22

Из указанных четырех возможных передач первая (*14 – 16, 19 – 23*) не применяется. Как видно, шпиндель имеет 18 скоростей прямого хода и 9 обратного.

Требуется:

1) определить все возможные случаи сцепления колес;

2) подсчитать передаточные числа для всех 18 случаев передачи вращения шпинделя;

3) объяснить, почему вариант передачи через колеса *14 – 16* и *19 – 23* не применяется.

Задача 13. На рис. 34 схематически показаны четыре (*а, б, в, г*) различных коробки подач. Все положения рукояток – рабочие.

Составить схемы коробок, используя для этого сочетания ранее разобранных механизмов (см. задачи 4 – 6), и зарисовать трафаретки для них.

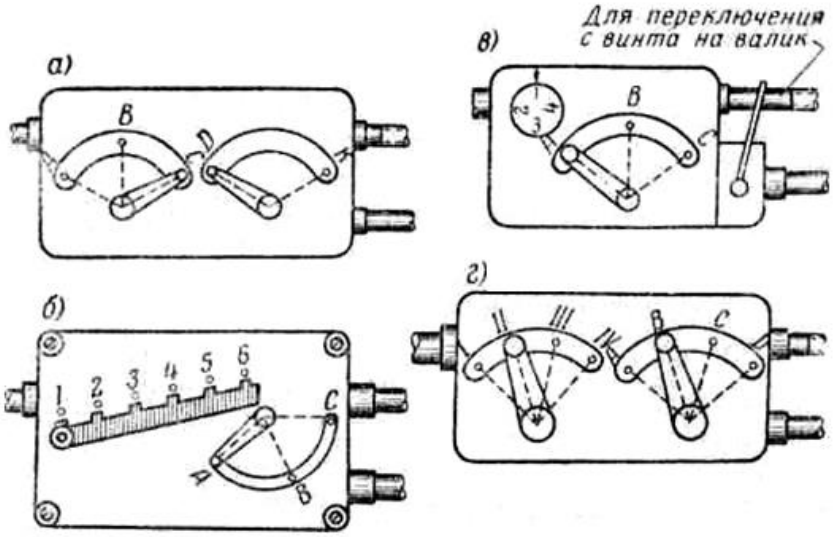


Рис. 34. Схематический чертеж четырех коробок подач различных токарных станков

Задача 14. На рис. 35, *а, б, в* схематически показаны три вида коробки скоростей. Все положения рукояток – рабочие. Составить схемы коробок скоростей, используя для этого сочетания разобранных ранее механизмов (см. задачи 4 – 6) и зарисовать соответствующие трафаретки.

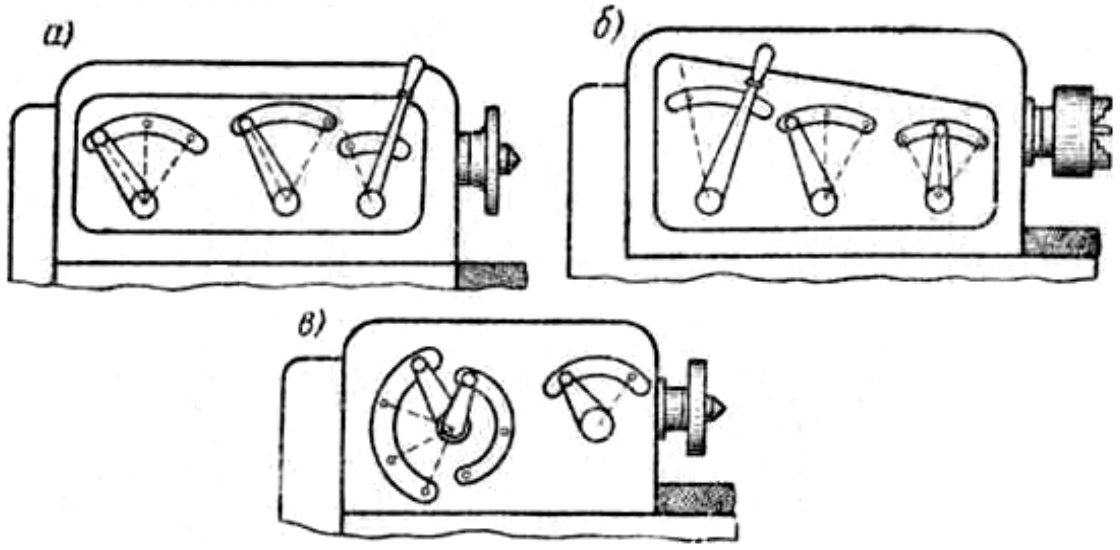


Рис. 35. Схематический чертеж трех коробок подач различных токарных станков

Задача 15. На рис. 36*, а, б,* в показаны три реверсивных механизма различных конструкций.

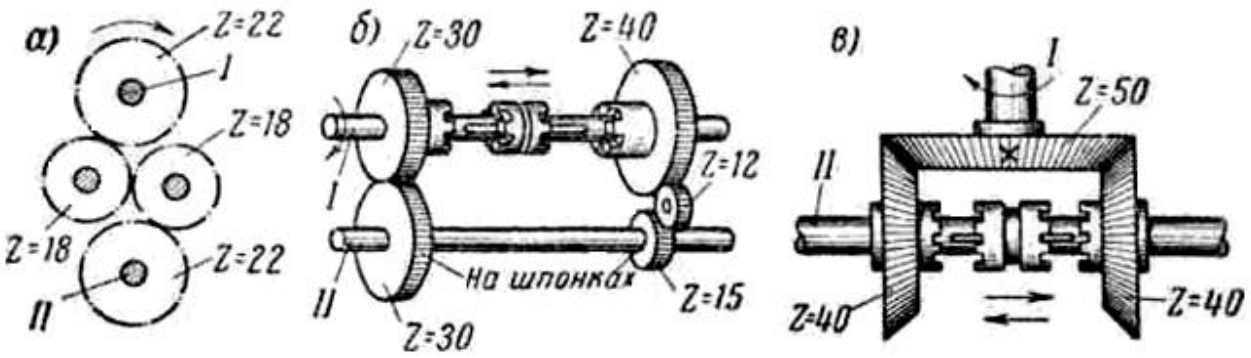


Рис. 36. Схемы трех реверсивных механизмов различных конструкций

Определить:

1) направление вращения ведомого валика *II* при вращении ведущего валика *I* в направлении, указанном стрелками;

2) передаточные числа для всех трех механизмов при прямом и обратном вращении валика *I*;

3) какие колеса необходимо поставить на трензель рис. 36, *б*, чтобы при одном из включений вращение ведомого валика *II* было в два раза быстрее?

Задача 16. На рис. 37, *а* дана кинематическая схема фартука суппорта токарного станка, а его наружный вид на рис. 37, *б*. Ходовой винт и маточная гайка на схеме не показаны.

Продольная автоматическая подача получается следующим образом. Ходовой валик вращает перемещающееся по нему на шпонке коническое колесо $z = 18$, которое, в свою очередь, вращает большое коническое колесо $z = 56$ и сидящее с ним на одном валике колесо $z = 14$. Далее подача идет через колеса: $z = 74$, $z = 18$, $z = 88$ и $z = 12$. Колесо $z = 12$ сцеплено с зубчатой рейкой. Включение и выключение продольной автоматической подачи производится при помощи фрикциона.

Продольная ручная подача осуществляется вращением маховика (через колеса $z = 14$, $z = 88$, $z = 12$ и зубчатую рейку).

Поперечная автоматическая подача осуществляется так: вращение колеса $z = 14$ через колеса $z = 74$ и $z = 20$ передается колесу $z = 18$, связанному шпонкой с винтом поперечной подачи. Поперечный само-

ход выключается передвижением колеса $z = 20$, которое при включенном самоходе соединяет колесо$z = 74$ с колесом $z = 18$.

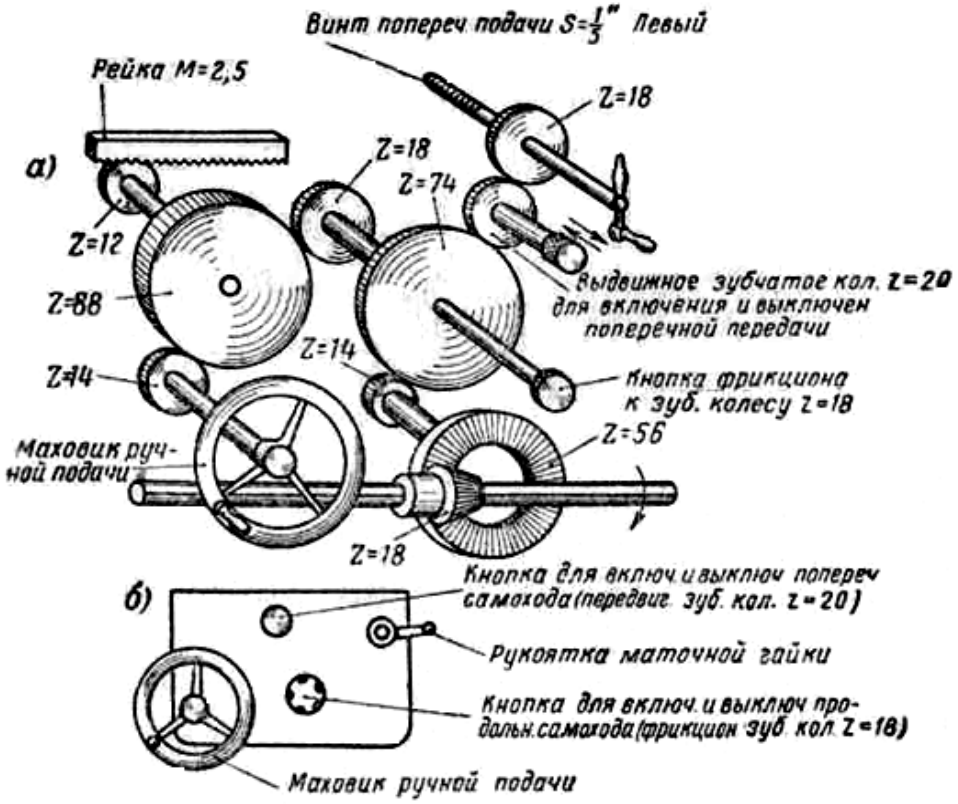


Рис. 37. Кинематическая схема фартука суппорта токарного станка

Определить:

1) в каком направлении будет перемещаться суппорт при включении продольного самохода, если ходовой валик вращается в направлении, указанном стрелкой (см. схему);

2) то же для поперечного суппорта; передаточное число от ходового валика к винту поперечной подачи (от конического колеса $z = 18$ к цилиндрическому колесу $z = 18$);

3) на сколько миллиметров переместятся верхние салазки суппорта за 100 оборотов ходового валика (при включении автоматической подачи).

Задача 17. На рис. 38, *а* дана схема, 38, *б* – наружный вид фартука суппорта с самостоятельными механизмами для осуществления продольной и поперечной автоматических подач.

Определить:

1) в каком направлении будет перемещаться суппорт при включении продольного самохода, если ходовой валик вращается в направ-

лении, указанном стрелкой (см. схему);

2) то же для поперечного суппорта;

3) передаточное число *i* механизма поперечной подачи (от валика к винту);

4) величину подачи (продольной) в миллиметрах на 10 оборотов ходового валика.

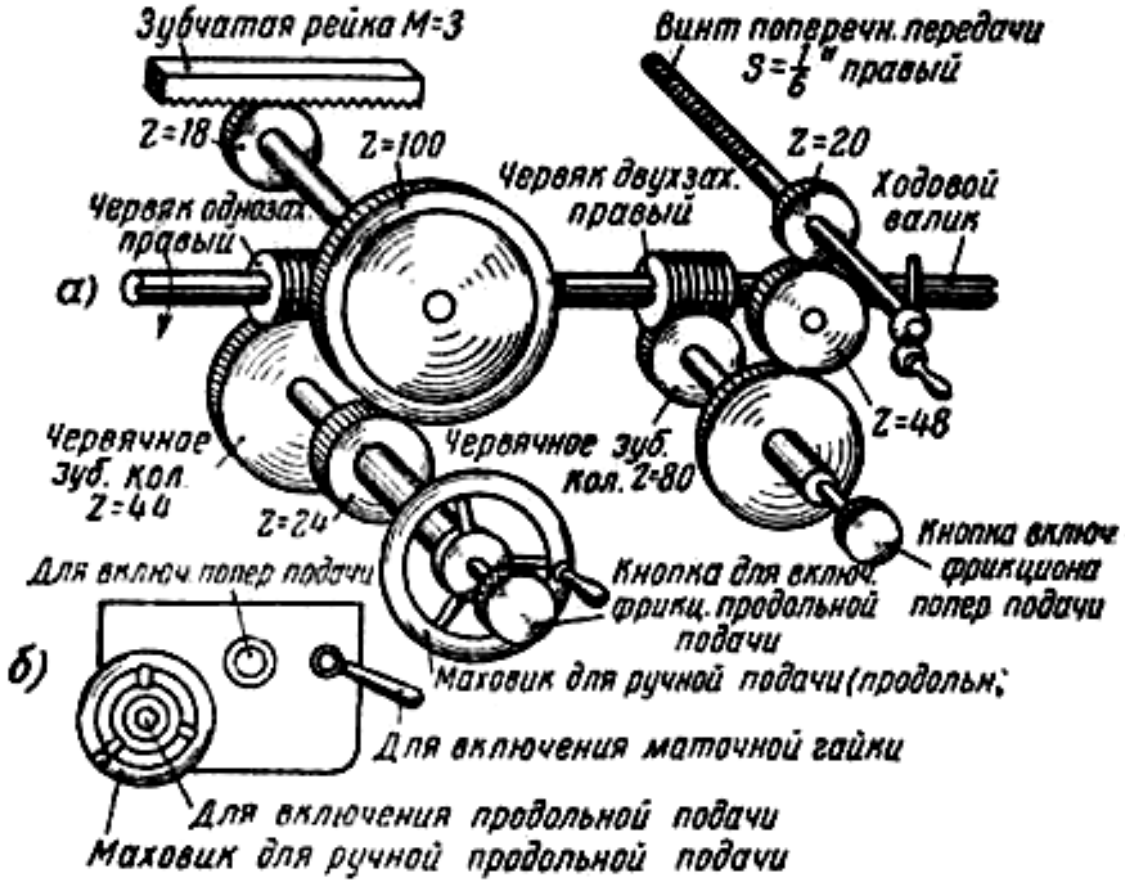


Рис. 38. Фартук суппорта с самостоятельным механизмом для автоматических подач

Задача 18. На рис. 39 показано несколько вариантов, передающих вращение токарным станкам. Условия передачи указаны на рисунке. Так, в варианте *а* требуется определить передаточное число колес коробки скоростей, если вал электродвигателя делает $n = 1000$ об/мин., а шпиндель станка – $n = 16$ об/мин.

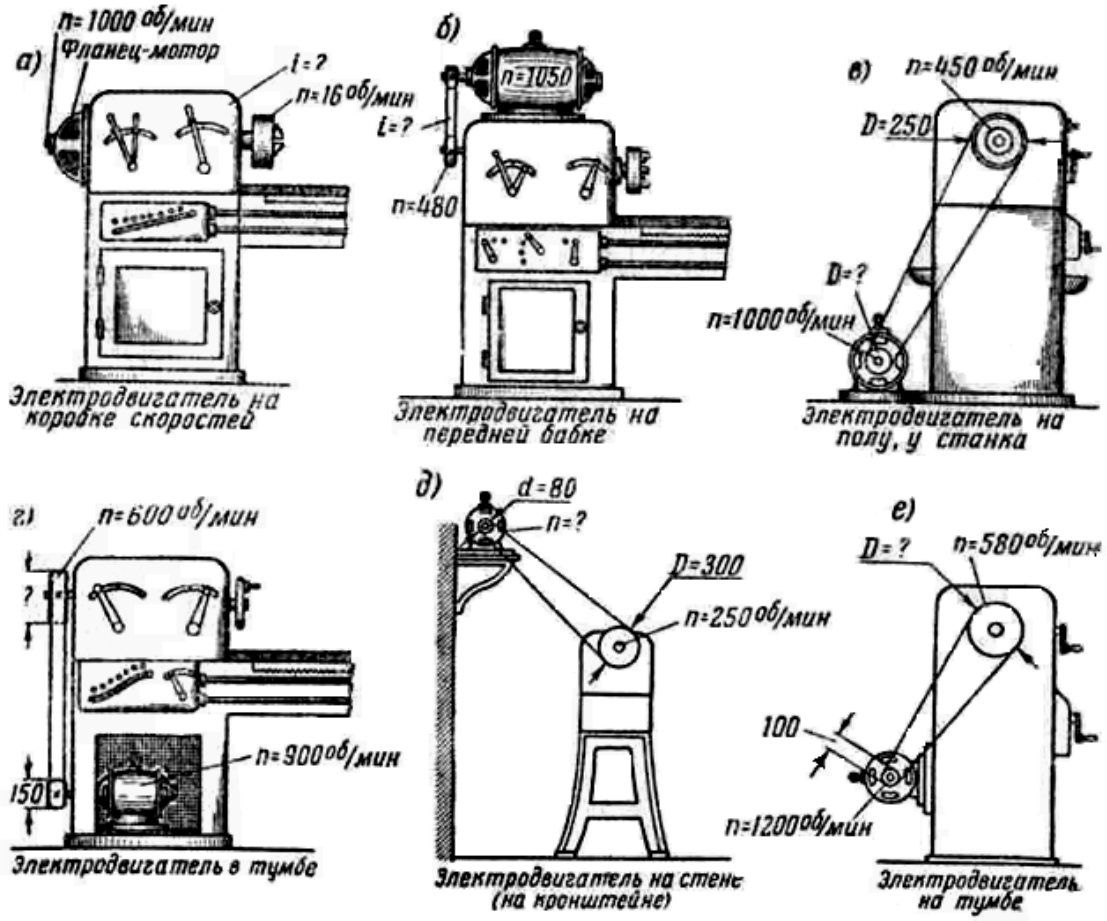


Рис. 39. Места установки электродвигателей

Задача 19. На рис. 40 дана схема привода с бесступенчатым вариатором механического типа системы Светозарова, применяемого на скоростном токарно-винторезном станке модели 1620

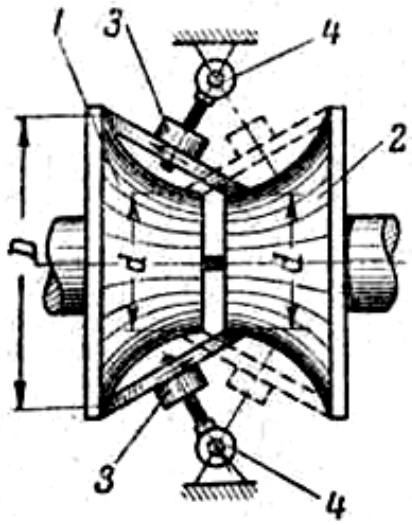


Рис. 40. Схема бесступенчатого вариатора механического типа системы Светозарова

Цифрами 1 и 2 обозначены сферические шкивы. Вращение от ведущего шкива *1* ведомому шкиву *2* передается через конические диски *3*, сидящие на валиках, перемещающихся относительно осей *4*.

Определить:

1) совпадает ли направление вращения шкивов *1* и *2*.
2) какой шкив вращается (в данном положении) с большим числом оборотов;
3) когда число оборотов ведомого шкива *2* будет равно числу оборотов ведущего шкива *1*;
4) влияет ли на передаточные числа между шкивами *1* и *2* диаметры конических дисков.

Задача 20. На рис. 41 показан редуктор привода главного движения скоростного токарно-винторезного станка модели 1616.

От редуктора при помощи клиновидных ремней передача идет через коробку к передней бабке станка: определить, сколько скоростей дает редуктор; подсчитать все возможные числа оборотов валика, передающего вращение через шкив и клиновидные ремни коробке скоростей.

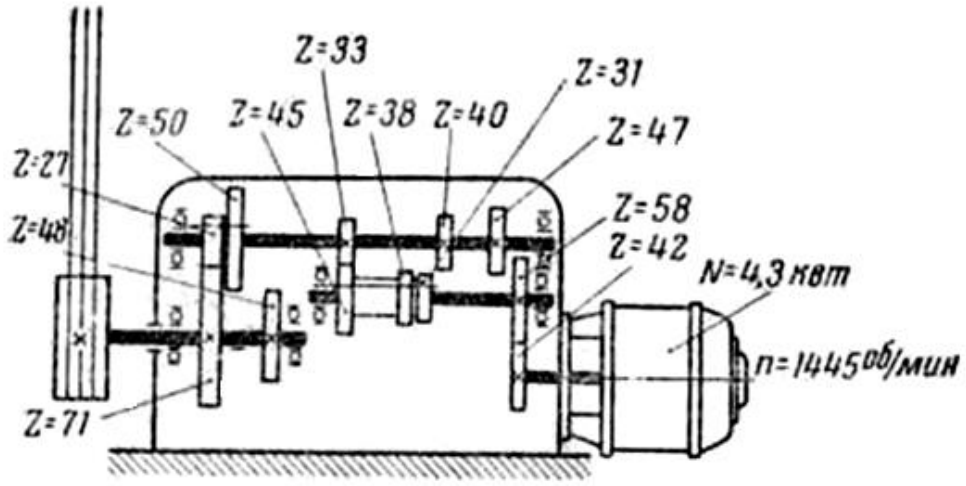


Рис. 41. Редуктор токарно-винторезного станка модели 1616

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

1. На какие типы делятся токарные станки?
2. Какими способами осуществляется вращение шпинделя в обратную сторону?
3. В чем преимущества станка с коробкой скоростей по сравнению со станком со ступенчатым шкивом?
4. Какие марки токарных станков, выпускаемых нашей промышленностью, вы знаете?
5. Из каких основных механизмов состоят коробки скоростей и подач?
6. В чем сходство и разница механизмов кулачковой и фрикционной муфты?
7. Как, не открывая коробки скоростей, узнать рукоятку, включающую фрикционную муфту?
8. Как определить число скоростей шпинделя по числу рабочих включений различных рукояток коробки скоростей?
9. Имеются ли сменные шестерни у станков с коробками подач?
10. Какие разновидности механизмов существуют для изменения направления вращения ходового винта и ходового валика?
11. При помощи каких устройств и механизмов осуществляется автоматическая подача суппорта?
12. При помощи каких механизмов производится включение и выключение автоматических подач?
13. Как устроен механизм, не допускающий одновременного включения продольной подачи от винта и валика?
14. Какой формы получится изделие, если его обтачивать с автоматическими продольной и поперечной подачами?
15. Как устроены приспособления, автоматически выключающие подачу?
16. Как устроены предохранительные муфты, устанавливаемые на ходовом винте и валике?
17. Сколько скоростей прямого и обратного хода имеет станок ДИП 200?
18. В чем особенность устройства и назначения станков револьверного, расточного, карусельного, лобового?
19. В каких случаях применяются токарные автоматы?
20. Какими основными размерами характеризуется токарный станок?
21. Какие максимальные скорости вращения шпинделя достигнуты в настоящее время?
22. Расскажите историю развития токарных станков и роль русских изобретателей в этом вопросе.
23. Какое значение имело изобретение Андреем Нартовым суппорта и как это повлияло на дальнейшее усовершенствование металлообрабатывающих станков?

Оглавление

РАБОТА №1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ 3
РАБОТА №2. РАСЧЕТ МОДУЛЯ РЕЙКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ 5
РАБОТА №3. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ СМЕЩЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНУСА НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ 7
РАБОТА № 4. НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКАМОДЕЛИ 1К62Д НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ 16
РАБОТА №5. РАСЧЕТ НАСТРОЙКИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ 27
ЗАНЯТИЕ 6. РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ И ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ ГИТАРЫ СМЕННЫХ КОЛЕС 31
ЗАНЯТИЕ 7. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕЗЬБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА НА ФРЕЗЕРОВАНИЕ РЕЗЬБЫ ДИСКОВОЙ ФРЕЗОЙ 34
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. РАСЧЕТ КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА 38
ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ 43

Учебное издание

Сергей Александрович Волегов
Татьяна Петровна Глинникова

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

практикум
по выполнению практических работ
для студентов направления бакалавриата:
15.03.01 «Машиностроение» и СПО
специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного и заочного обучения

Редактор

Подписано в печать 12.**.2017 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. *,0. Уч.-изд. л. *. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ОП.08 «ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАСЛИ»

специальность 15.02.01
Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)

программа подготовки специалистов среднего звена

очная форма обучения
на базе основного общего образования
год набора: 2017

Автор: Волегов С. А., к.т.н.

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Эксплуатации горного оборудования	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Симисинов Д.И.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов - это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того, самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкрети-

зирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как дома, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса: для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей. для закрепления и систематизации знаний:
- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по

образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям: для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей. для закрепления и систематизации знаний:
- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами. для закрепления и систематизации знаний:
- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов. для формирования навыков и умений:
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- - оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки. для формирования навыков и умений:
- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией - это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя: для овладения

знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест - это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте,
- продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами

решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета.

Билет на зачет включает в себя тест

При самостоятельной подготовке к зачету студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- выяснить условия проведения зачета: количество вопросов в билете, продолжительность и форму проведения зачета (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ОСНОВЫ ЭКОНОМИКИ ОТРАСЛИ И ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

***15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение*)**

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

форма обучения: очная

на базе среднего общего образования

год набора: 2017

Авторы: Полежаева М.В.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Экономики и менеджмента	Инженерно-экономического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Мочалова Л.А.	Мочалова Л.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 1 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..……5

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……7

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..….12

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ…….15

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ…….16

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……28

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, контрольных работ (рефератов и т.п.), докладов, докладов с презентацией и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Основы экономики отрасли и правового обеспечения профессиональной деятельности»* обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы*, сдаче *экзамена*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине *«Основы экономики отрасли и правового обеспечения профессиональной деятельности»* являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка доклада, доклада с презентацией, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания);
- подготовка контрольной работы;
- подготовка курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Отрасль (машиностроение) в системе национальной экономики

1. Дать понятие хозяйственного комплекса.
2. Назовите основные отрасли экономики.
3. Дать понятие межотраслевых комплексов.
4. Назовите основные формы организации производства.
5. Что является объектом и предметом экономики отрасли?

2. Предприятие как форма организации производства. Организационные формы предприятий

1. Дайте понятие предприятия.
2. Как можно классифицировать предприятия?
3. Что такое производственная и организационная структура предприятия?
4. Как формируется уставной капитал в акционерных обществах?

3. Основные фонды предприятия

1. Какова экономическая сущность основных фондов.
2. Как классифицируют основные фонды.
3. Дайте понятие структуры основных фондов.
4. Что такое амортизация и износ основных фондов.
5. Что такое норма амортизации.
6. Что такое линейный способ начисления амортизации. Дать понятие ускоренной амортизации.
7. Что такое первоначальная, восстановительная, остаточная и ликвидационная стоимость основных фондов.
8. Дать понятие воспроизводства основных фондов.
9. Дать понятие модернизации основных фондов.
10. Что такое коэффициенты обновления, выбытия.
11. Дайте понятие фондоотдачи, фондоемкости и фондовооруженности.
11. Назовите показатели эффективности использования основных фондов. Как они рассчитываются?

4. Оборотные средства предприятия

1. В чем экономическая сущность оборотных средств.
2. Какова классификация оборотных средств.
3. Дать понятие структуры оборотных средств.
4. Каковы источники формирования оборотных средств.
5. Что такое нормирование оборотных средств.
6. Назовите виды запасов оборотных средств.
7. Назовите показатели эффективного использования оборотных средств.
8. Назовите пути ускорения оборачиваемости оборотных средств.

5 Трудовые ресурсы предприятия. Оплата труда работников предприятий

1. Что такое трудовые ресурсы предприятия?: Как его классифицируют?
2. Что такое явочный и списочный состав работников предприятия.?
3. Как рассчитывается коэффициент списочного состава?
4. Что такое производительность труда?
5. Как определяется трудоемкость?

6. Что такое нормирование труда? Как определяется норма времени, норма выработки, норма обслуживания
7.Дать понятие заработной платы.
8. Назовите функции заработной платы.
9. Назовите. виды заработной платы.
10. Какие существуют системы оплаты труда.
11 Какие существуют формы оплаты труда:
12. Дайте понятие трудового договора.
13. Какие виды трудовых договоров знаете, каков порядок заключения трудового договора?
14. Каковы основания для прекращения трудового договора?

6. Себестоимость продукции предприятия. Ценообразование в отрасли.

1. Дать понятие себестоимости.
2. Назовите виды себестоимости.
3. Как называется классификация затрат по экономическим элементам.
4. Что такое калькуляция.
5. Какова сущность и значение цены в условиях рыночной экономики.
6. Назовите основные методы определения цены.
7. Что такое ценовая политика.

7. Прибыль предприятия. Рентабельность.

1. Дайте понятие прибыли предприятия.
2. Назовите виды прибыли.
3. Дайте понятие рентабельности.
4.Дайте понятие рентабельности производства, продукции, активов и продаж

8. Сущность инвестиционной деятельности предприятия. Методика разработки бизнес-плана

1. Дайте понятие инвестиций.
2. Назовите виды и источники инвестиций.
3. Объясните экономическую сущность инвестиций.
4. Что такое инвестиционный проект?
5. Как оценивается эффективность инвестиционных проектов?
6. Дайте понятие чистого дисконтированного дохода.
7. Как определяется срок окупаемости капитальных вложений?
8. Что такое бизнес-план?

9. Классификация, основные виды и правила составления нормативных документов».

1. Дайте понятие гражданско-правового договора.
2. Каков порядок заключения, изменения и расторжения трудового договора?
3. Какие виды гражданско-правовых договоров знаете?
4. Каковы санкции за нарушение договора; меры защиты, меры ответственности?

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Отрасль (машиностроение) в системе национальной экономики

ОТРАСЛЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС
МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОМПЛЕКС
ЭКОНО́МИКА
ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЯ

ОТРАСЛЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – это комплекс организаций, учреждений, предприятий, выпускающих однотипные товары и услуги, применяя схожие технологии, удовлетворяющие близкие по природе потребности.

ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС –это конституционно, экономически и организационно единая система взаимосвязанных отраслей и сфер деятельности людей, для которых характерна пропорциональность и размещение на территории, ограниченной государственными границами

МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОМПЛЕКС – это интеграционная структура, характеризующая взаимодействие различных отраслей и их элементов, разных стадий производства и распределения продукта.

ЭКОНО́МИКА (от др.-греч. οἶκος «дом, хозяйство; хозяйствование» + νόμος «ном, территория управления хозяйствованием; правило, закон»; *буквально* «правила ведения домашнего хозяйства»)[1] — хозяйственная деятельность общества, а также совокупность отношений, складывающихся в системе производства, распределения, обмена и потребления.

ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЯ представляет собой систему производственных отношений экономически обособленного самостоятельного хозяйствующего субъекта по формированию, распределению и использованию экономических ресурсов (имущество, трудовые ресурсы), возникающих по поводу производства и продажи товаров и услуг с целью удовлетворения общественных потребностей и извлечения в результате этого прибыли

2. Предприятие как форма организации производства. Организационные формы предприятий.

ПРЕДПРИЯТИЕ

ПРЕДПРИЯТИЕ - это самостоятельный хозяйствующий субъект, созданный для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг с целью удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли

3. Основные фонды предприятия.

ОСНОВНЫЕ ФОНДЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОСНОВНЫЕ ФОНДЫ
НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОСНОВНЫЕ ФОНДЫ
ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ
ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ
ОСТАТОЧНАЯ СТОИМОСТЬ
ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС
АМОРТИЗАЦИЯ

ОСНОВНЫЕ ФОНДЫ – это материально-вещественные ценности, действующие в

неизменной натуральной форме в течение длительного периода и утрачивающие свою стоимость по частям.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОСНОВНЫЕ ФОНДЫ функционируют в сфере материального производства, неоднократно участвуют в процессе производства, изнашиваются постепенно, а их стоимость переносится на производимый продукт по частям по мере использования. Пополняются они за счет капитальных вложений.

НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОСНОВНЫЕ ФОНДЫ – жилые дома, детские и спортивные учреждения, другие объекты культурно-бытового обслуживания, которые находятся на балансе предприятий, обеспечивающих пожарную безопасность. В отличие от производственных непроизводственные фонды не участвуют в процессе производства и не переносят своей стоимости на продукт, ибо он не создается. Стоимость их исчезает в потреблении. Воспроизводятся они за счет национального дохода

ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ – это сумма затрат на изготовление или приобретение фондов, их доставку и монтаж. Она применяется для определения нормы амортизации и размеров амортизационных отчислений, прибыли и рентабельности активов предприятия, показателей их использования.

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ – это затраты на воспроизводство основных фондов в современных условиях; как правило, она устанавливается во время переоценки фондов.

ОСТАТОЧНАЯ СТОИМОСТЬ основных фондов, представляющая собой разность между первоначальной или восстановительной стоимостью основных фондов и суммой их износа.

ПОД ФИЗИЧЕСКИМ ИЗНОСОМ понимают постепенную утрату основными фондами своей первоначальной потребительной стоимости, происходящую не только в процессе их функционирования, но и при их бездействии (разрушение от внешних воздействий, атмосферного влияния, коррозии).

АМОРТИЗАЦИЯ – это денежное возмещение износа основных фондов путем включения части их стоимости в затраты на выпуск продукции. Это денежное выражение физического и морального износа основных фондов.

4. Оборотные средства предприятия.

ОБОРОТНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФОНДЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАПАСЫ
НЕЗАВЕРШЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПОЛУФАБРИКАТЫ СОБСТВЕННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ
РАСХОДЫ БУДУЩИХ ПЕРИОДОВ
СТРУКТУРА ОБОРОТНЫХ ФОНДОВ
СОБСТВЕННЫЕ ОБОРОТНЫЕ СРЕДСТВА
ЗАЕМНЫЕ ОБОРОТНЫЕ СРЕДСТВА

К ОБОРОТНЫМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ФОНДАМ промышленных предприятий относится часть средств производства (производственных фондов), вещественные элементы которых в процессе труда, в отличие от основных производственных фондов, расходуются в каждом производственном цикле, и их стоимость переносится на продукт труда целиком и сразу. Вещественные элементы оборотных фондов в процессе труда претерпевают изменения своей натуральной формы и физико-химических средств. Они теряют свою потребительную стоимость по мере их производственного потребления. Новая потребительная стоимость возникает в виде выработанной из них продукции.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАПАСЫ – это предметы труда, подготовленные для запуска в производственный процесс; состоят они из сырья, основных и вспомогательных материалов, топлива, горючего и комплектующих изделий, тары и тарных материалов, запасных частей для текущего ремонта основных фондов.

НЕЗАВЕРШЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПОЛУФАБРИКАТЫ СОБСТВЕННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ – это предметы труда, вступившие в производственный процесс: материалы, детали, узлы и изделия, находящиеся в процессе обработки или сборки, а также полуфабрикаты собственного изготовления, не законченные полностью производством в одних цехах предприятия и подлежащие дальнейшей обработке.

РАСХОДЫ БУДУЩИХ ПЕРИОДОВ – это невещественные элементы оборотных фондов, включающие затраты на подготовку и освоение новой продукции, которые производятся в данном периоде (квартал, год), но относятся на продукцию будущего периода (например, затраты на конструирование и разработку технологии новых видов изделий, на перестановку оборудования и др.).

СТРУКТУРА ОБОРОТНЫХ ФОНДОВ- это соотношение между отдельными элементами оборотных фондов (в %) или их составными частями.

СОБСТВЕННЫЕ ОБОРОТНЫЕ СРЕДСТВА – это средства, постоянно находящиеся в распоряжении предприятия и формируемые за счет собственных ресурсов (прибыль и др.).

ЗАЕМНЫЕ ОБОРОТНЫЕ СРЕДСТВА – это кредиты банка, кредиторская задолженность (коммерческий кредит) и прочие пассивы.

5. Трудовые ресурсы предприятия. Оплата труда работников предприятий. Правовое регулирование занятости и трудоустройства

ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ ПРЕДПРИЯТИЯ
ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА
СИСТЕМА ОПЛАТЫ ТРУДА
ТАРИФНАЯ СТАВКА (ОКЛАД, ДОЛЖНОСТНОЙ ОКЛАД)
ТРУДОВО́Й ДОГОВО́Р

ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ ПРЕДПРИЯТИЯ – это совокупность работников различных профессий, категорий и квалификаций, занятых на предприятии и входящих в его списочный состав.

ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА представляет собой вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности количества, качества и условий выполняемой работы, а также выплаты компенсационного и стимулирующего характера.

СИСТЕМА ОПЛАТЫ ТРУДА – это документально оформленная «инструкция» о том, как начислять заработную зарплату сотруднику за конкретно отработанный период, содержащая полный перечень параметров начисления и удержания денежных средств.

ТАРИФНАЯ СТАВКА (ОКЛАД, ДОЛЖНОСТНОЙ ОКЛАД) — это размер денежной выплаты (оклад, должностной оклад) в составе заработной платы, который выплачивается работнику за выполнение нормы труда (трудовых обязанностей) определённой сложности (квалификации) за установленное время без учёта компенсационных, стимулирующих и социальных выплат. Эта выплата фиксирована, обязательна к выплате и является минимальной гарантией оплаты труда работника, ниже которой он не может получить при условии выполнения должностных обязанностей.

ТРУДОВО́Й ДОГОВО́Р — в трудовом праве письменный документ — соглашение между работником и работодателем, которое устанавливает их взаимные права и обязанности. В соответствии с трудовым договором работник обязуется лично выполнять работу по определённой должности, соответствующей его квалификации, а работодатель обязуется

предоставлять работнику работу, обеспечивать условия труда и своевременно выплачивать заработную плату.

6. Себестоимость продукции предприятия. Ценообразование в отрасли

ИЗДЕРЖКИ ПРОИЗВОДСТВА
СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ (РАБОТ, УСЛУГ)
ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ
КОСВЕННЫЕ РАСХОДЫ
ПОСТОЯННЫЕ ЗАТРАТЫ
ПЕРЕМЕННЫЕ РАСХОДЫ
ОБЩЕПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ
ВНЕПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ
ЦЕНА
ЦЕНОВАЯ ПОЛИТИКА

ИЗДЕРЖКИ ПРОИЗВОДСТВА можно определить как затраты на используемые факторы производства или экономические ресурсы.

СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ (РАБОТ, УСЛУГ) представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе производства продукции (работ, услуг), природных ресурсов, трудовых ресурсов, а также других затрат на её производство и реализацию.

ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ можно непосредственно отнести на себестоимость единицы каждого вида изделий: сырьё, основные материалы, энергия технологическая, заработная плата станочников и др.

КОСВЕННЫЕ РАСХОДЫ объединяются по определённым признакам (по функциональному назначению – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, или по месту осуществления затрат – цеховые расходы и др.) и затем распределяются по группам продукции пропорционально избранной базе: соотношению прямых затрат или заработной плате основных производственных рабочих;

ПОСТОЯННЫЕ ЗАТРАТЫ-затраты, которые остаются неизменными при изменении объёма производства (арендная плата, амортизация, содержание зданий и др.).

ПЕРЕМЕННЫЕ РАСХОДЫ, напротив, увеличиваются или уменьшаются под влиянием динамики выпуска продукции.

ОБЩЕПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ направляются на покрытие затрат по управлению и обслуживанию общехозяйственных нужд предприятия (аппарата управления, содержания зданий, территории, транспорта и пр.), имеющих общепроизводственное значение.

ВНЕПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ включают затраты, связанные с реализацией продукции (упаковка, отгрузка, реклама, сбытовая сеть, комиссионные и др.), а также различного рода отчисления и платежи.

ЦЕНА – денежное выражение стоимости товара.

ЦЕНОВАЯ ПОЛИТИКА – это механизм принятия решений о поведении предприятия на основных типах рынков с целью извлечения максимальной прибыли и других поставленных целей бизнеса.

7. Прибыль предприятия. Рентабельность.

ПРИБЫЛЬ
РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ

ПРИ́БЫЛЬ — положительная разница между суммарными доходами (в которые входит выручка от реализации товаров и услуг, полученные штрафы и компенсации, про-

центные доходы и т. п.) и затратами на производство или приобретение, хранение, транспортировку, сбыт этих товаров и услуг.

РЕНТА́БЕЛЬНОСТЬ (от нем. *rentabel*[1] — доходный, полезный, прибыльный), относительный показатель экономической эффективности. Рентабельность комплексно отражает степень эффективности использования материальных, трудовых и денежных ресурсов, а также природных богатств.

8. Сущность инвестиционной деятельности предприятия. Методика разработки бизнес-плана

ИНВЕСТИЦИИ

ИНВЕСТИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

БИЗНЕС-ПЛАН (АНГЛ. BUSINESS PLAN)

ИНВЕСТИ́ЦИИ — денежные средства, ценные бумаги, иное имущество, в том числе имущественные права, иные права, имеющие денежную оценку, вкладываемые в объекты предпринимательской и (или) иной деятельности в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта

ИНВЕСТИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ — вложение инвестиций и осуществление практических действий в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта.

БИЗНЕС-ПЛАН (АНГЛ. BUSINESS PLAN) — план осуществления бизнес-операций, действий фирмы, содержащий сведения о фирме, товаре, его производстве, рынках сбыта, маркетинге, организации операций и их эффективности.

9 . Классификация, основные виды и правила составления нормативных документов.

ГРАЖДА́НСКО-ПРАВОВО́Й ДОГОВО́Р

ГРАЖДА́НСКО-ПРАВОВО́Й ДОГОВО́Р — это соглашение между физическим лицом (физическими лицами) и другим физическим лицом (физическими лицами) или юридическим лицом (юридическими лицами), либо между юридическим лицом (юридическими лицами) и другим юридическим лицом (юридическими лицами), направленное на возникновение, изменение или прекращение взаимных прав и обязанностей.

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить

специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ (РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ)

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными задания понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;
- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;
- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;
- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ (ЗАДАЧИ)

Тема 3. Основные фонды предприятий

Задание 1. Стоимость приобретения оборудования составляет 90 тыс. руб., транспортные и монтажные затраты – 10 тыс. руб. Работы по пуску и наладке нового оборудования предприятию обойдутся в 5 тыс. руб. Определить первоначальную стоимость основных производственных фондов предприятия.

Задание 2. Рассчитать восстановительную стоимость объекта, первоначальная стоимость которого 200 тыс. р. Используется индексный метод. Коэффициент переоценки равен 1,1.

Задание 3. Первоначальная стоимость основных производственных фондов предприятия составляет 100 тыс. руб. период эксплуатации оборудования – 8 лет. Определить остаточную стоимость основных производственных фондов, если норма амортизационных отчислений для данного оборудования составляет 10 %.

Задание 4. Основные производственные фонды предприятия на начало 2015 года составляли 3000 тыс. руб. В течение года было введено основных фондов на сумму 125 тыс. руб., а ликвидировано – на сумму 25 тыс. руб. рассчитать стоимость основных фондов на конец года.

Задание 5. Определить среднегодовую величину ОС в плановом периоде, коэффициенты обновления и выбытия.

Исходные данные. Стоимость основных средств предприятия на 1 января планируемого года 120 млн руб. Предусматривается ввод в эксплуатацию основных средств на сумму 15 млн руб. Выбытие ОС установлено в размере 6 млн руб. Ввод в действие основных средств предусматривается 30 марта — 40 % и 15 сентября — 60 %, а вывод равными частями (по 50 %) в два этапа: 25 мая и 25 ноября.

Задание 6. Предприятием приобретен объект основных производственных фондов стоимостью 100 тыс. руб. со сроком полезного использования 10 лет. Определить годовую сумму амортизационных отчислений линейным (пропорциональным) способом.

Задание 7. Стоимость станка составляет 500 у. е., срок его службы – 10 лет. Определите величину амортизационных отчислений, поступивших в амортизационный фонд за 5 лет при линейном методе начисления амортизации.

Примеры решения типовых задач

Задание 1. Стоимость приобретения оборудования составляет 90 тыс. руб., транспортные и монтажные затраты – 10 тыс. руб. Работы по пуску и наладке нового оборудования предприятию обойдутся в 5 тыс. руб. Определить первоначальную стоимость основных производственных фондов предприятия.

Решение задачи:

Первоначальная стоимость основных фондов $Ф_п$ включает в себя стоимость их приобретения $Ц_п$ с учетом затрат, связанных с вводом нового объекта основных фондов $З_{вв}$. в состав этих затрат входят транспортные, монтажные и, если имеют место, пуско-наладочные затраты:

.

$$Фп=(Цп+Звв)$$

В нашем случае первоначальная стоимость основных производственных фондов будет равна

$$Ф_п = (90 + 10 + 5) = 105 \text{ тыс. руб.}$$

Ответ: первоначальная стоимость основных производственных фондов равна 105 тыс. руб.

Задание 2. Рассчитать восстановительную стоимость объекта, первоначальная стоимость которого 200 тыс. р. Используется индексный метод. Коэффициент переоценки равен 1,1.

Решение задачи: Фв = 200 × 1,1 = 220 тыс. р.

Ответ: восстановительная стоимость основных производственных фондов равна 220 тыс. руб.

Задание 3. Первоначальная стоимость основных производственных фондов предприятия составляет 100 тыс. руб. период эксплуатации оборудования – 8 лет. Определить остаточную стоимость основных производственных фондов, если норма амортизационных отчислений для данного оборудования составляет 10 % .

Решение задачи:

Первоначальная стоимость, уменьшенная на величину перенесенной стоимости, представляет собой остаточную стоимость основных производственных фондов $Ф_{ост}$. Поэтому для решения данной задачи используем следующую формулу:

$$Фост=Фп-И=Фп-Фп*(1-На/100\%*Т)=Фп*(1-На/100\%*Т), \quad 8)$$

где $Н_А$ – норма амортизационных отчислений;

Т – период эксплуатации основных фондов.

Подставив известные из условия задачи данные, получаем:

$$Фост=100*(1-0,1*8)=20 \text{ тыс. руб.}$$

Ответ: остаточная стоимость основных производственных фондов составляет 20 тыс. руб.

Задание 4. Основные производственные фонды предприятия на начало 2015 года составляли 3000 тыс. руб. В течение года было введено основных фондов на сумму 125 тыс. руб., а ликвидировано – на сумму 25 тыс. руб. рассчитать стоимость основных фондов на конец года.

Решение задачи:

Стоимость основных производственных фондов на конец года есть стоимость основных фондов на начало года с учетом изменений, произошедших в их структуре за этот год:

$$Ф_к = Ф_н + (Ф_{вв} - Ф_{выб}), \quad (1)$$

где $Ф_к$ – стоимость основных фондов на конец года, руб.;

$Ф_{вв}$ – стоимость введенных основных фондов, руб.;

$Ф_к$ – стоимость основных фондов на конец года, руб.

Подставив известные из условия задачи значения, рассчитываем стоимость основных фондов на конец года

$$Ф_к = 3000 + (125 – 25) = 3100 \text{ тыс. руб.}$$

Ответ: стоимость основных фондов на конец года составляет 3100 тыс. руб.

Задание 5. Определить среднегодовую величину ОС в плановом периоде, коэффициенты обновления и выбытия. Исходные данные. Стоимость основных средств предприятия на 1 января планируемого года 120 млн руб. Предусматривается ввод в эксплуатацию основных средств на сумму 15 млн руб. Выбытие ОС установлено в размере 6 млн руб. Ввод в действие основных средств предусматривается 30 марта — 40 % и 15 сентября — 60 %, а вывод равными частями (по 50 %) в два этапа: 25 мая и 25 ноября.

Решение задачи:

Среднегодовая стоимость основных производственных средств определяется по формуле:

$$\Phi_{ср} = \Phi_{нг} + \sum_{t_i}^{m} \Phi_{нов_i} \frac{t_i}{12} - \sum_{t_j}^{n} \Phi_{выб_j} \frac{t_j}{12}$$

где $Ф_{нов}$ — стоимость вновь введенных основных средств в i-м месяце данного года, руб.; $Ф_{выбj}$ — стоимость выбывших основных средств в j-м месяце данного года, руб.; $Ф_{нг}$ — стоимость основных средств на начало года; t_i — продолжительность функционирования вновь введенных основных средств в течение данного года, мес; t_i — количество месяцев до конца года от момента списания j-й единицы основных средств.

Коэффициент обновления основных средств определяется по формуле

$$К_{обн}=Ф_{нов} / Ф_{кг}.$$

Коэффициент выбытия основных средств определяется по формуле

$$К_{выб}=Ф_{выб}/Ф_{кг},$$

где $Ф_{кг}$— стоимость основных средств на конец года; $Ф_{нг}$— стоимость основных средств на начало года.

1. Среднегодовая стоимость основных средств предприятия:

Ф ср = 120 + (6 • 9/12 + 9 • 3/12) - (3 • 7/12+3 • 1/12) =124,75 млн руб.

2. Стоимость основных средств по предприятию на конец года:

Ф кг =120+ 15-6= 129 млн руб.

3. Коэффициент обновления основных средств: Кобн = 15/129= 0,12.

4. Коэффициент выбытия: Квыб = 6/120= 0,05.

Ответ: среднегодовая стоимость основных фондов составляет 124,75 млн руб; стоимость основных средств по предприятию на конец года 129 млн руб.; коэффициент обновления основных средств 0,12; коэффициент выбытия:0,05.

Задание 6. Предприятием приобретен объект основных производственных фондов стоимостью 100 тыс. руб. со сроком полезного использования 10 лет. Определить годовую сумму амортизационных отчислений линейным (пропорциональным) способом.

Решение задачи:

Согласно линейному (пропорциональному) методу, происходит начисление равной нормы амортизации в любой период эксплуатации основных производственных фондов.

Для расчета нормы амортизации используют формулу вида:

$$H_a = \frac{1}{T}100\%, \qquad (11)$$

где $Н_а$— годовая норма амортизации, в процентах;

Т — срок полезного использования имущества, лет.

В нашей задаче годовая норма амортизационных отчислений составит

$$Н_а = (1/10)\ 100\ \% = 10\ \%.$$

Годовая сумма амортизационных отчислений определяется путем умножения первоначальной стоимости приобретенного объекта $Ф_п$ на годовую норму амортизации $Н_а$:

$$A = Ф_п \frac{Н_а}{100\%}. \quad (12)$$

Итак, А = 100 * 0,1 = 10 тыс. руб.

Ответ: годовая сумма амортизационных отчислений, рассчитанная линейным методом, составляет 10 тыс. руб. в год в течение всего периода.

Задание 7. Стоимость станка составляет 500 у. е., срок его службы – 10 лет. Определите величину амортизационных отчислений, поступивших в амортизационный фонд за 5 лет при линейном методе начисления амортизации.

Решение задачи:

Величина амортизационных отчислений за год при линейном методе равна: 500:10=50 у. е., следовательно, за 5 лет в амортизационный фонд поступит 50*5=250 у. е. При использовании метода ускоренной амортизации норма амортизации удваивается: 100 % : 10 лет * 2 = 20 %. Амортизационные отчисления составят за год: 500*20 %:100 % = 100 у. е., за пять лет: 100*5=500 у. е.

Ответ: при линейном методе 250 у. е., при ускоренной амортизации вернется вся стоимость станка.

Тема 2. Оборотные средства предприятия

Задание 1. Рассчитать среднегодовой остаток оборотных средств, оборачиваемость оборотных средств, длительность оборота, коэффициент оборачиваемости за год, коэффициент закрепления, используя следующие данные:

Остатки оборотных средств (Об.С)		Объем реализованной продукции (Р)	
Дата	Сумма, тыс. руб	квартал	Сумма, тыс. руб
На 1 янв.2018 г	2500	1	3000
На 1 апр.2018 г	2600	2	3500

На 1 июля2018	2400	3	2900
На 1 окт.2018 г	2400	4	3100
На 1 янв.2019 г	2500		

Задание 2. Определить коэффициент оборачиваемости оборотных средств (k об.) в отчетном и плановом годах, оценить изменение оборачиваемости оборотных средств. Исходные данные: объем реализованной продукции в отчетном году составил 2 000 тыс. р., средний остаток оборотных средств – 160 тыс. р.; в следующем году планируется увеличить объем реализации продукции на 25 %, а потребность в оборотных средствах увеличится на 15 %.

Задание 3. Определить длительность одного оборота оборотных средств (Д об) в отчетном и плановом годах, если известно, что в отчетном году объем реализованной продукции составил 1 500 тыс. р., средний остаток оборотных средств – 200 тыс. р., в следующем году предполагается увеличение выпуска продукции на 5 %.

Примеры решения типовых задач

Задание 1. Рассчитать среднегодовой остаток оборотных средств, оборачиваемость оборотных средств, длительность оборота, коэффициент оборачиваемости за год, коэффициент закрепления, используя следующие данные:

Остатки оборотных средств (Об.С)		Объем реализованной продукции (Р)	
Дата	Сумма, тыс. руб	квартал	Сумма, тыс. руб
На 1 янв.2018 г	2500	1	3000
На 1 апр.2018 г	2600	2	3500
На 1 июля2018	2400	3	2900
На 1 окт.2018 г	2400	4	3100
На 1 янв.2019 г	2500		

Решение задачи:
Коэффициент оборачиваемости:

$$Коб=Р/Об.С,$$

Р-объем реализованной продукции за год;
ОбС-средний остаток оборотных средств за год
ОбС=((2500+2600)/2+(2600+2400)/2+(2400+2400)/2+(2400+2500)/2)/4=
2475 тыс. руб.

Р=3000+3500+2900+3100=12500 тыс. руб

Коб=12500 тыс. руб/2475 тыс.руб=5 об/год.

Длительность оборота

Д об=Дп/Коб,

Дп- длительность периода, год (360 дней)

Доб=360 дней/5 об.год=72 дня

Коэффициент загрузки

Кзагр=1/Коб.=1/5 об.год=0,2 руб

Вывод:За год оборотные средства предприятия совершают 5 оборотов, за 72 дня возвращаются его оборотные средства в виде выручки от реализации, на 1 рубль реализованной продукции приходится 0,2 рубля оборотных средств

Задание 2. Определить коэффициент оборачиваемости оборотных средств (k об.) в отчетном и плановом годах, оценить изменение оборачиваемости оборотных средств. Исходные данные: объем реализованной продукции в отчетном году составил 2 000 тыс. р., средний остаток оборотных средств – 160 тыс. р.; в следующем году планируется увеличить объем реализации продукции на 25 %, а потребность в оборотных средствах увеличится на 15 %.

Решение задачи:

1. Определение коэффициента оборачиваемости в отчетном году согласно формул :

k о. об =РП/ОС , где где РП – объем реализованной предприятием продукции, р.; ОС – средний остаток оборотных средств, р.

k о. об =РП/ОС =2 000/160= 12,5.

2. Определение коэффициента оборачиваемости в плановом году (k пл.об) с учетом изменений в объеме реализации продукции на 25 % и потребности в оборотных средствах на 15 %:

k пл об =(2 000 + (2 000 · 25 / 100))/(160 + (160 · 15 / 100))= 2 500184= 13,6.

Число оборотов в плановом году по сравнению с отчетным увеличилось, следовательно, произошло сокращение длительности одного оборота оборотных средств.

Задание 3. Определить длительность одного оборота оборотных средств (Д об) в отчетном и плановом годах, если известно, что в отчетном году объем реализованной продукции составил 1 500 тыс. р., средний остаток оборотных средств – 200 тыс. р., в следующем году предполагается увеличение выпуска продукции на 5 %.

Решение задачи:

1. Определение длительности одного оборота оборотных средств в отчетном году До об , согласно формуле:

*До. об =Т * ОС/РП,*

где РП – объем реализованной предприятием продукции, р.; ОС – средний остаток оборотных средств, р.; Т – количество календарных дней в данном периоде.

До. об =Т * ОС/РП = 360 * 200/1 500= 48 дней.

2. Определение длительности одного оборота оборотных средств

в плановом году (Д пл. об) с учетом изменения объема реализованной продукции на 5 %:

Д. пл. об = 360 * 200/(1 500 + (1 500 · 5 / 100)) =72 000/1575= 46 дней.

Ответ: длительность одного оборота оборотных средств сокращена на 2 дня.

Тема 5 Трудовые ресурсы предприятия. Оплата труда работников на предприятии

Задание 1. Тарифная ставка рабочего V разряда составляет 190 руб./ч. Продолжительность рабочего дня – 7 ч. Количество рабочих дней в месяце – 20. Норма выработки – 20 деталей за смену. Фактическая выработка за месяц – 460 деталей.

Задание 2

На 1 апреля численность работников по списку составляла 800 человек. 13 апреля 8 человек призваны в армию; 18 апреля принято 10 человек; 22 апреля по собственному желанию уволилось 7 человек. Определить среднесписочную численность работников за апрель, списочную численность на 1 мая, а также коэффициенты приёма, выбытия, текучести.

Примеры решения типовых задач

Задание 1.

Тарифная ставка рабочего V разряда составляет 190 руб./ч. Продолжительность рабочего дня – 7 ч. Количество рабочих дней в месяце – 20. Норма выработки – 20 деталей за смену. Фактическая выработка за месяц – 460 деталей.

Рассчитайте заработок рабочего за месяц:

а) при простой повременной системе оплаты труда;

б) повременно-премиальной системе оплаты труда (премия составляет 10 % от тарифа);

в) прямой сдельной оплате труда (расценка за одну деталь – 70,2 руб.);

г) сдельно-премиальной системе оплаты труда (премия – 0,5 % от сдельного заработка за каждый процент превышения нормы выработки);

д) сдельно-прогрессивной системе оплаты труда (повышающий коэффициент – 1,5).

Решение задачи:

Вычислим заработок рабочего:

а) $З = T_{.C} \cdot * Траб$ = 190 руб/ч *· 7 ч·* 20дет/см = 2 6600 руб.;

б) $З =$ Зп+П=$T_{.C} \cdot * Траб$ +Тс*Траб*10%= 26600руб+26600 руб*10%/100% = 29260 руб.;

в) $З = Ред \times В$ = 70,2 руб ·* 460шт = 32292 руб.;

В-количество произведенной продукции

г) сдельно-премиальная, для определения размера премии нужно рассчитать процент превышения фактической выработки над плановой:

460дет. мес/20дет см.*20 дн = 460/400=1,15= 15 %,

$З = Ред \times В + П$ = 70,2 руб* 460дет.мес * 70,2руб +· 460дет.мес*70,2 руб × (15 × 0,5 / 100) = 32292 руб+ 2421,9руб=34713,9 руб.;

д) при сдельно-прогрессивной системе нужно рассчитать размер повышенной расценки:

$Р_п = Р_{ед} \times к$ = 70,2руб × 1,8 = 126,36 руб.,

$З = Р_{ед} \times В_{пл} + (В_ф – В_{пл}) Р_п$ = 70,2руб/ед × 400шт + (460шт – 400шт) × 126,36 =28080 руб+7581,6руб= 35661,6 руб.

Задание 2

На 1 апреля численность работников по списку составляла 800 человек. 13 апреля 8 человек призваны в армию; 18 апреля принято 10 человек; 22 апреля по собственному желанию уволилось 7 человек. Определить среднесписочную численность работников за апрель, списочную численность на 1 мая, а также коэффициенты приёма, выбытия, текучести.

Решение задачи:

1. Определим среднесписочную численность работников за апрель :

$$Ч^{апр.}_{ср.-сп.} = \frac{\Sigma Ч_{сп.}}{Д_к} = \frac{12 \cdot 800 + 5(800 - 8) + 4(792 + 10) + 9(802 - 7)}{30} = 797{,}43 \text{ чел.}$$

2. Определим списочную численность работников на 1 мая :

$Ч^{1.05}_{сп.}$ = 800 + 10 – (8+7) = 795 чел.

3. Определим коэффициент приёма кадров:

$$К_{пр.} = \frac{Ч_{пр.}}{Ч_{ср.-сп.}} = \frac{10}{797{,}43} = 0{,}0125.$$

4. Определим коэффициент выбытия кадров:

$$К_{выб.} = \frac{Ч_{выб.}}{Ч_{ср.-сп.}} = \frac{15}{797{,}43} = 0{,}0188.$$

7. Определим коэффициент текучести кадров:

$$К_{тек.} = \frac{Ч_{ув.}}{Ч_{ср.-сп.}} = \frac{7}{797{,}43} = 0{,}0088.$$

Тема 6. Себестоимость продукции. Ценообразование в отрасли.

Задание 1. Годовой выпуск на предприятии составил 10 000 шт. Себестоимость единицы продукции, руб.:

Сырье	40
Вспомогательные материалы	0,5
Топливо и энергия	15
Заработная плата производственных рабочих	10
Отчисления на социальные нужды	3,6
Общепроизводственные расходы	4,5
Общехозяйственные расходы	4,2
Коммерческие расходы	2,2
Итого	80

Цена продукции – 100 руб./шт.

Рассчитайте: критический выпуск продукции; себестоимость единицы продукции при увеличении годового выпуска до 12 000 шт.

Задание 2. Составить смету затрат на производство по экономическим элементам. Исходные данные представлены в таблице:

№ строки	Показатель	Значение показателя, тыс. р.
1	Сырье и основные материалы	5230
2	Вспомогательные материалы	1430
3	Покупные полуфабрикаты и комплектующие	230
4	Возвратные отходы	140
5	Основная заработная плата	7520
6	Дополнительная заработная плата	3250
7	Топливо для технологических целей	300
8	Энергия для технологических целей	120
9	Страховые взносы на обязательное социальное страхование	2800,2
10	Амортизация ОПФ	790
11	Платежи по процентам за кредиты в пределах ставок	100
12	Транспортный налог	350
13	Прочие производственные расходы	2100

Задание 3. Определить розничную цену единицы продукции, если известно, что производственная себестоимость единицы продукции (С произ.) равна 50 р., внепроизводственные расходы – 5 р., прибыль предприятия (П) – 15 р., наценка сбытовой организации – 5 р., НДС – 13,5 р., торговая наценка – 5 р.

Примеры решения типовых задач

Задание 1. Годовой выпуск на предприятии составил 10 000 шт. Себестоимость единицы продукции, руб.:

Сырье	40
Вспомогательные материалы	0,5
Топливо и энергия	15
Заработная плата производственных рабочих	10
Отчисления на социальные нужды	3,6
Общепроизводственные расходы	4,5
Общехозяйственные расходы	4,2
Коммерческие расходы	2,2
Итого	80

Цена продукции – 100 руб./шт.

Рассчитайте: критический выпуск продукции; себестоимость единицы продукции при увеличении годового выпуска до 12 000 шт.

Решение задачи:

Первый шаг при решении этой задачи – деление затрат на постоянную и переменную части. К переменной части целесообразно отнести затраты на сырье, материалы, технологические топливо и энергию, заработную плату производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды (если применяется сдельная форма оплаты труда) и коммерческие расходы:

$$спи = 40 + 0,5 + 15 + 10 + 3,6 + 2,2 = 71,3 \text{ руб.}$$

К постоянной части отнесем все остальные затраты, причем сумму их определим в расчете на весь выпуск:

$$ПОИ = (4,5 + 4,2) \square 10\,000 = 87\,000 \text{ руб.}$$

Зная постоянные и переменные издержки, произведем расчет критического выпуска:

$$В_{кр} = 87\,000 / (100 – 71,3) = 3\,032 \text{ шт.}$$

При таком критическом выпуске предприятие застраховано от убытков даже при значительном падении объемов продаж.

Используя деление на постоянные и переменные издержки, рассчитаем себестоимость единицы продукции при увеличении выпуска. Исходим из того, что постоянные издержки не меняются. Следовательно, при увеличении выпуска возрастут только переменные затраты:

$$ПИ = 71,3 \square 12\,000 = 855\,600 \text{ руб.}$$

Сумма постоянных и переменных издержек даст нам валовые издержки при увеличившемся выпуске, при делении которых на объем производства получим себестоимость единицы продукции:

$$С = (87\,000 + 855\,600) / 12\,000 = 78,55 \text{ руб.}$$

Задание 2. Составить смету затрат на производство по экономическим элементам. Исходные данные представлены в таблице:

№ строки	Показатель	Значение показателя, тыс. р.

1	Сырье и основные материалы	5230
2	Вспомогательные материалы	1430
3	Покупные полуфабрикаты и комплектующие	230
4	Возвратные отходы	140
5	Основная заработная плата	7520
6	Дополнительная заработная плата	3250
7	Топливо для технологических целей	300
8	Энергия для технологических целей	120
9	Страховые взносы на обязательное социальное страхование	2800,2
10	Амортизация ОПФ	790
11	Платежи по процентам за кредиты в пределах ставок	100
12	Транспортный налог	350
13	Прочие производственные расходы	2100

Решение задачи:

Номер	Элементы затрат	Расчет	Сумма, тыс. руб.
1	Материальные затраты за вычетом стоимости возвратных отходов	5 250 + 1 430 + 230 – – 140 + 300 + 120	7 190
2	Затраты на оплату труда	7 520 + 3 250	10 770
3	Страховые взносы на обязательное социальное страхование	2 800,2	2 800,2
4	Амортизация ОПФ	790	790
5	Прочие расходы	100 + 350 + 2 100	2 550
	Итого	-	24 100,2

Задание 3. Определить розничную цену единицы продукции, если известно, что производственная себестоимость единицы продукции (С произ.) равна 50 р., внепроизводственные расходы – 5 р., прибыль предприятия (П) – 15 р., наценка сбытовой организации – 5 р., НДС – 13,5 р., торговая наценка – 5 р.

Решение задачи:

1. Определение оптовой цены предприятия:

Ц опт.предпр. = 50 + 5 + 15 = 70 р.

2. Определение оптовой цены промышленности:

Ц опт.пром. = 70 + 5 + 13,5 = 88,5 р.

3. Определение розничной цены:

Ц р = 88,5 + 5 = 93,5 р

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Основы экономики отрасли и правового обеспечения профессиональной деятельности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы экономики отрасли и правового обеспечения профессиональной деятельности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *экзамене* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

3. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *экзамену* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (в машиностроении)»

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

форма обучения: очная

на базе основного/среднего общего образования

Авторы: Тетерев Н.А., Гребенкин С.М., Кузнецов А.М.

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Елохин В.А.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

ВВЕДЕНИЕ 3
ЗНАЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ЗАКАЛИВАНИЯ ОРГАНИЗМА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА 4
КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 4
ОСНОВЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ 4
ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИЯХ 4
ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ 5
ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ, ВЫВИХАХ, УШИБАХ, РАСТЯЖЕНИЯХ 5
ОПОВЕЩЕНИЕ И ИНФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧС 5
ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ 5
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ 6
ОСНОВЫ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ 6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 8
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 8

ВВЕДЕНИЕ

Современный человек живет в мире различного рода опасностей, т. е. явлений, процессов, объектов, постоянно угрожающих его здоровью и самой жизни. Не проходит и дня, чтобы газеты, радио и телевидение не принесли тревожные сообщения об очередной аварии, катастрофе, стихийном бедствии, социальном конфликте или криминальном происшествии, повлекших за собой гибель людей и громадный материальный ущерб.

По мнению специалистов, одной из причин создавшейся ситуации является недостаточный уровень образования – обучения и воспитания – человека в области обеспечения безопасной деятельности. Только постоянное формирование в людях разумного отношения к опасностям, пропаганда обязательности выполнения требований безопасности может гарантировать им нормальные условия жизни и деятельности.

В курсе БЖД излагаются теория и практика защиты человека от опасных и вредных факторов природного и антропогенного происхождения в сфере деятельности.

Данный курс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек – среда», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

В процессе изучения курса БЖД студенту предстоит решить следующие задачи: усвоить теоретические основы БЖД; ознакомиться с естественной системой защиты человека от опасностей; изучить систему искусственной защиты в условиях нормальных (штатных) и чрезвычайных (экстремальных) ситуаций; ознакомиться с проблемами заболеваемости и травматизма на производстве; изучить вопросы управления безопасностью деятельности.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курса БЖД для студентов всех направлений и специальностей.

ЗНАЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ЗАКАЛИВАНИЯ ОРГАНИЗМА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Основные физические качества: быстрота, сила, выносливость, гибкость.

Закаливание: методы закаливания, основные принципы закаливания, водные процедуры, процедура обтирания, солнечные ванны, хождение босиком (босохождение).

КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Неблагоприятные условия труда: ущерб здоровью, сокращение продолжительности жизни (СПЖ), риск. Оптимальные условия труда. Допустимые условия труда. Вредные условия труда подразделяются на 4 степени вредности. Опасные (экстремальные) условия труда.

Оценка влияния вредных факторов на здоровье человека. Скрытый ущерб здоровью на основании общей оценки класса условий труда. Скрытый ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса. Скрытый ущерб здоровью по вредным факторам городской ($К_Г$) и бытовой ($К_Б$) среды, сутки/год. Показатели $К_ч$ и $К_{си}$ в различных отраслях экономики и по отдельным профессиям. Риск принудительной гибели людей в непроизводственных условиях. Классы условий труда в зависимости от условий труда (температура, пыль, шум, вибрации, тепловое излучение и освещение РМ). Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса. Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса.

ОСНОВЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

Медицинская помощь: первая помощь, скорая медицинская помощь, первичная медико-санитарная помощь специализированная медицинская помощь. Принципы оказания первой помощи: срочность и очередность, последовательность, все приёмы ПП должны быть щадящими. При оказании ПП необходимо помнить, что она должна быть правильной и целесообразной, быстрой и обдуманной, решительной, но спокойной.

Признаки жизни. Признаки смерти. Признаки клинической смерти (сомнительные). Признаки биологической смерти (явные).

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИЯХ

Рана. Классификация ран: слепыми, сквозными, ранения мягких тканей, повреждением костей, проникающие, непроникающие, резаная рана, рубленая рана, рваная рана, колотая рана, скальпированная рана, ушибленная рана, укушенная рана, огнестрельная рана.

Первая помощь при ранениях. Раневая инфекция: нагноение, сепсис, рожистое воспаление, газовой инфекции (гангрена), столбняк, бешенство.

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ

Капиллярные кровотечения. Венозные кровотечения: Симптомы венозных кровотечений. Артериальные кровотечения. Признаки артериального кровотечения. Внутренние кровотечения. Симптомы внутреннего кровотечения. Желудочно-кишечные кровотечения. Признаками желудочно-кишечного кровотечения.

Приемы остановки кровотечений: наложение давящей повязки, пальцевое прижатие артерии выше раны, точки прижатия артерий, наложение кровоостанавливающего жгута.

Ошибки и осложнения при наложении жгута. Фиксирование конечности в положении максимального сгибания.

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ, ВЫВИХАХ, УШИБАХ, РАСТЯЖЕНИЯХ

Иммобилизация. Перелом. Симптомы переломов: абсолютные симптомы перелома, относительные симптомы перелома, помощь при закрытом переломе, помощь при открытом переломе. Первая помощь при переломах. Особенности перелома костей у детей. Правила наложения шин. Виды шин. Транспортная иммобилизация. Травматический шок. Фазы травматического шока. Фаза возбуждения (эректильная). Фаза торможения (торпидная). Степени шока: легкая, средней тяжести, тяжелая, предагональная. Основные меры профилактики травматического шока. Травма. Травматизм. Виды травм: изолированная травма, множественная травма, сочетанная травма, комбинированная травма. Основные мероприятия по профилактике травматизма. Борьба с последствиями травматизма. Закрытые травмы. Ушибы. Признаки ушибов. Первая помощь при ушибах. Сотрясение головного мозга. Первая помощь при сотрясении головного мозга. Растяжение связок. Симптомами растяжения связок являются первой помощи при растяжении связок. Вывихи. Симптомы вывиха. Первая помощь при вывихе. Разрыв связок. Симптомы разрыва связок. Первая помощь при разрыве связок. Разрывы мышц. Симптомы разрыва мышц. Первая помощь при разрыве мышц. Разрыв сухожилия. Симптомы разрыва сухожилия. Первая помощь при разрыве сухожилия.

ОПОВЕЩЕНИЕ И ИНФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧС

Эвакуация. План эвакуации. Эвакуационный выход. Аварийные выход. Путь эвакуации. Тупик.

Порядок действий, при следовании на сборный пункт после получения извещения об эвакуации. Порядок действий по прибытии в пункт эвакуации.

ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ

Ядерное оружие. Порядок надевания противогаза. Порядок снятие противогаза. Подбор размера противогаза.

Респиратор. Ватно-марлевая повязка. Средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ). Средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК). Противопыльные тканевые маски.

Очаг биологического поражения. Причина заражения. Основные формы борьбы с эпидемиями. Дезинсекция и дератизация.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Общие понятия об устойчивости работы объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Повышением устойчивости функционирования организации в ЧС (ПУФ в ЧС). Основные факторы, влияющие на устойчивость работы объектов экономики. Прогнозирование и оценка устойчивости функционирования объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Оценка устойчивости функционирования объекта экономики в условиях чрезвычайных ситуаций. Мероприятия и способы повышения устойчивости работы объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Организационные мероприятия. Инженерно-технические мероприятия. Специальные мероприятиями. План-график наращивания мероприятий по повышению устойчивости функционирования при угрозе возникновения ЧС. Оценка устойчивости объекта экономики к воздействию механических поражающих факторов (воздушной ударной волны.

ОСНОВЫ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ

Родина и ее национальная безопасность. История создания и развития Вооруженных сил России. Состав Вооруженных сил Российской Федерации. Патриотизм, верность воинскому долгу — неотъемлемые качества русского воина, основа героизма. Память поколений — дни воинской славы России. Дружба и войсковое товарищество — основа боевой готовности войск. Боевое знамя воинской части — символ воинской чести, доблести и славы. Ордена — почетные награды за воинские отличия и заслуги в бою и военной службе. Ритуалы Вооруженных сил Российской Федерации. Организация занятий и меры безопасности при проведении учебных сборов. Размещение и быт военнослужащих. Суточный наряд. Обязанности лиц суточного наряда. Организация караульной службы. Обязанности часового. Строевая подготовка. Огневая подготовка. Автомат Калашникова. Тактическая подготовка.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Первая помощь и её значение.
2. В чём заключается сущность ПП.
3. Перечислите принципы оказания первой помощи.
4. Назовите признаки (симптомы) ран.
5. По каким признакам классифицируются раны.
6. ПП при ранениях.
7. Что такое раневая инфекция? Симптомы наиболее опасных раневых инфекций.
8. Назовите основные виды кровотечений.
9. Как можно остановить капиллярное кровотечение?
10. Каковы признаки артериального кровотечения и чем оно опасно для пострадавшего?
11. В каких случаях накладывают жгут?
12. Каковы основные правила наложения жгута?
13. Какие существуют травмы?
14. Назовите признаки ушиба, вывиха, растяжения связок. Последовательность и правила оказания первой помощи.
15. Назовите признаки перелома костей конечностей. Последовательность и правила оказания первой помощи при переломах.
16. Охарактеризуйте механизмы развития стадий травматического шока. Меры профилактики шокового состояния.
17. Назовите симптомы сотрясения головного мозга. В чём опасность плохо пролеченных легких сотрясений головного мозга?
18. Что означает термин «эвакуация населения»?
19. В каких случаях осуществляется эвакуация населения?
20. Каков порядок эвакуации населения?
21. Что необходимо брать с собой во время эвакуации?
22. На какой срок рассчитывается запас продуктов и питья?
23. Перечислите СИЗОД.
24. Перечислите СИЗ кожи.
25. Назовите порядок изготовления ВМП.
26. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?
27. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?
28. Что относится к основным средствам защиты населения от биологического оружия?
29. Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?
30. Какие действия предполагает санитарная обработка?
31. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

32. Вооруженные силы РФ - основа обороны государства.
33. Воинская обязанность и ее составляющие.
34. Военнослужащий - защитник своего Отечества.
35. Требования воинской деятельности к военнослужащим.
36. Военнослужащий - подчиненный, строго соблюдающий законы и воинские уставы.
37. Как стать офицером Российской армии.
38. Боевые традиции ВС РФ.
39. Символы воинской чести.
40. Ритуалы Вооруженных сил РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В среде обитания человека постоянно присутствуют естественные, техногенные и антропогенные опасности.

Полностью устранить негативное влияние естественных опасностей человечеству до настоящего времени не удается. Реальные успехи в защите человека от стихийных явлений сводятся к определению наиболее вероятных зон их действия и ликвидации возникающих последствий.

Мир техногенных опасностей вполне познаваем, и у человека есть достаточно способов и средств для защиты.

Антропогенные опасности во многом обусловлены недостаточным вниманием человека к проблеме безопасности, склонностью к риску и пренебрежению опасностью. Часто это связано с ограниченными знаниями человека о мире опасностей и негативных последствиях их проявления. Воздействие антропогенных опасностей может быть сведено к минимуму за счет обучения населения и работающих основам безопасности жизнедеятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.Н. Кирилов. Организация и ведение гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.:Учебное пособие для преподавателей и слушателей. /УМЦ, Курсов ГО и работников ГО ЧС предприятий, организаций и учреждений – М: 2002., С.352-386. (Институт риска ибезопасности)
2. Г.П. Демиденко. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время. Киев, 1984.С.6-226.
3. О. Русак, К. Малаян, Н. Занько. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Спб.:, 2000.,С.414-424.
4. В.А. Владимиров, Г.М. Сергеев, С.А. Михайлов, В.Н. Белобородов, А.Б. Аванян. Предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования организаций.: Сборник методических материалов по тематике ГО и ЧС. М: Редакция журнала «Военные знания», 2000.,С.18-30.

5. В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширшев, Н.И. Акимов. Гражданская оборона.: Учебник для вузов – М: «Высшая школа», 1986.,С.106-133.
6. Атлас география России, население и хозяйство. М: Издательство «Д и К», 1997., С. 11,34.
7. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. / Под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2001. – 485с.
8. Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. - 3-е изд., стереотипн. - М.: Академия, 2011. - С.229-240.
9. Смирнов А.Т., Васнев В.А. «Основы военной службы», ООО «Дрофа», 2006



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Факультет ГХ

Глинникова Т. П.

Технология конструкционных материалов

Руководство по выполнению самостоятельных работ для студентов специальности 15.02.01 – "Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)»

очного обучения

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
методической комиссией
горно-механического факультета
«_7»____04___ 2019 г.
Председатель комиссии
_____Барановский В.П.

Глинникова Т. П.

Технология конструкционных материалов

Руководство по выполнению самостоятельных
работ для студентов специальности
15.02.01 – "Монтаж и техническая эксплуатация промышленного
оборудования (машиностроение)»
очного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

1. Свойства материала

1.1. **Напряжения**. Многие механические свойства выражаются через величину напряжений. В механике напряжения обычно рассматривают как удельные характеристики сил, возникающих в теле под действием внешних нагрузок. В системе СИ напряжения выражаются в мегапаскалях (1 кгс/мм^2 = 9,8 МПа ≈ 10 МПа).

При оценке механических свойств через напряжения нагрузки относят, как правило, к единице площади какого-то сечения, на которое они действуют. Временное сопротивление растяжению ($\sigma_в$) – напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец до разрушения (предел прочности)

$$\sigma_B = \frac{P}{F_0} \ .$$

Предел прочности характеризует прочность как сопротивления значительной равномерной пластичной деформации.

Истинное сопротивление разрушению – это максимальное напряжение, которое выдерживает материал в момент, предшествующий разрушению образца (рис. 1). Истинные напряжения S_i определяют как отношение нагрузки к площади поперечного сечения в данный момент времени

$$S_i = \frac{P_i}{F_i} \ ,$$

где S_i – истинное напряжения, F_i – конечная площадь поперечного сечения образца.

Истинное сопротивление разрушению значительно больше предела прочности, так как оно определяется относительно конечной площади поперечного сечения образца (рис. 3).

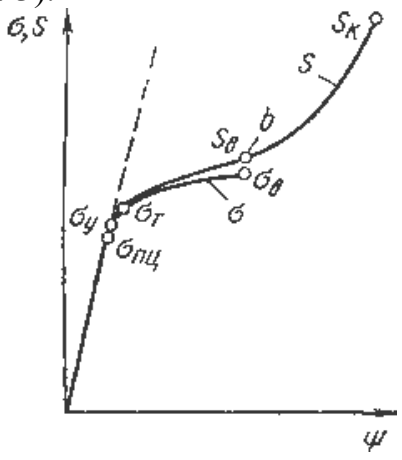


Рис. 1. Истинная диаграмма растяжения

1.2. **Деформации.** Под действием внешних нагрузок происходит деформация, в результате которой могут изменяться форма и размеры тела. Деформацией называется изменение размеров и формы тела под действием при-

ложенных к нему сил. В зависимости от наличия остаточной деформации металла после снятия нагрузки различают упругую и пластическую деформацию.

Если после снятия внешней нагрузки тело сохраняет первоначальную форму и размеры, то это упругая деформация. При упругом деформировании изменяются расстояния между атомами металла в кристаллической решетке. Снятие нагрузки устраняет причину, вызвавшую изменение межатомного расстояния, атомы становятся на прежние места, и деформация исчезает. Упругая деформация на диаграмме деформации характеризуется линией ОА (рис.2).

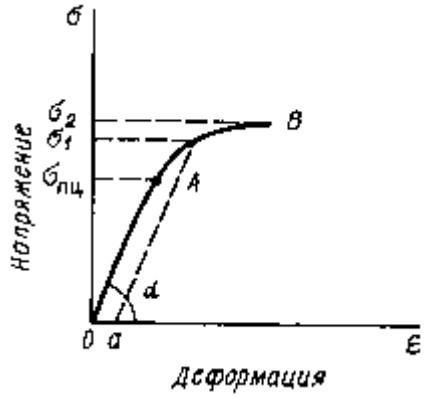


Рис.2. Диаграмма деформации металла

Если после снятия внешней нагрузки тело приобретает новую форму и новые размеры, то это пластическая или остаточная деформация.

По результатам механических испытаний оценивают различные характеристики упругой, а чаще остаточной деформации. Наиболее широко используют следующие характеристики деформации: удлинение (укорочение), сдвиг и сужение (уширение) образцов. Увеличение длины образца в результате деформации обычно характеризуют относительным удлинением, ε %

$$\varepsilon = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%,$$

где l_0 и $l_к$ начальная и конечная длина образца, $\Delta 1$ – абсолютное удлинение, определяется измерением образца после разрыва.

Пластичность – наибольшая величина деформации, которую может выдержать материал до разрушения δ. Это свойство используют при обработке металлов давлением. Пластичные материалы более надежны в работе, т.к. для них меньше вероятность опасного хрупкого разрушения.

Величина ε является условной характеристикой, поскольку деформация с самого начала развивается на непрерывно изменяющейся длине l. Допустим, образец длиной l_0 = 10 мм удлинится на 1 мм, а затем с l_1 = 11 до l_2 = 12 мм, тогда в первом случае ε_1 = [(11 – 10)/10] · 100 = 10 %, а во втором при том же Δl = 1 мм величина ε_2 = [(12 – 11)/11] · 100 = 9,1 % . Очевидно, суммарное истинное удлинение (1/10 + 1/12 +...) · 100 % меньше условного. Это истинное относительное удлинение

$$e = \int_{l_0}^{l_k} dl / l = ln(l_k / l_0) \ .$$

Разница между ε и e растет с увеличением степени деформации. При ε = 25 % $e = 1n\ 1{,}25 = 22$ %, а при ε = 100 % $e = 1n\ 2 \approx 69$ %. В области малых деформаций $h \approx e$.

В отличие от условного, истинное относительное удлинение аддитивно. Действительно, в рассмотренном выше примере суммарное истинное удлинение по достижении l_2 равно $e = ln(l_1/l_o) + ln(l_2/l_1) = ln(l_2/l_o)$.

Третьей широко используемой характеристикой деформации является относительное сужение ψ, %:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \quad . \qquad (9)$$

где F_0 и F_K – начальная и конечная площади поперечного сечения образца.

Как и ε, это условная характеристика деформации, ибо площадь сечения непрерывно меняется в процессе испытания. Истинное относительное сужение можно рассчитать как

$$\varphi = \int_{F_0}^{F_k} dF / F = \left(F_0 / F_k\right) .$$

Относительное сужение более точно характеризует пластичность и служит технологической характеристикой при листовой штамповке.

Между величинами e, ε и ψ существует функциональная связь в области равномерной деформации, т. е. пока величина относительных изменений размеров во всех точках рабочей части образца одинакова. Эта связь следует из условия постоянства объема при пластической деформации $F_0 l_0 = F_K l_K$ или $l_K/l_o = F_0/ F_K$.

Относительное сужение $\psi = (F_0 - F_K)/F_0 = 1 - F_k/F_0$; следовательно, $F_0/F_K = 1/(1- \psi)$ и $l_к/l_0 = 1/(1- \psi)$. Отсюда $\boldsymbol{e} = ln(l_K/l_o) = ln(F_0/ F_K) = ln[1/(1 - \psi) = 1n(1+ \varepsilon)$.

Еще одним важным следствием постоянства объема при пластической деформации является равенство нулю суммы трех главных удлинений. Относительное изменение объема при деформации куба со стороной, равной единице, равно $\mu = \Delta V/V = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$. Если объем при деформации не меняется, то $\mu = 0 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$. Почленно интегрируя, получим $e_1 + e_2 + e_3 = 0$.

1.3. Наклеп. С увеличением степени деформации характеристики пластичности (относительное удлинение, относительное сужение) и вязкости (ударная вязкость) уменьшаются, а прочностные характеристики (предел упругости, предел текучести, предел прочности) и твердость увеличиваются (рис. 3). Совокупность явлений, связанных с изменением механических свойств металлов в процессе пластической деформации называется деформационным упрочнением или наклепом.

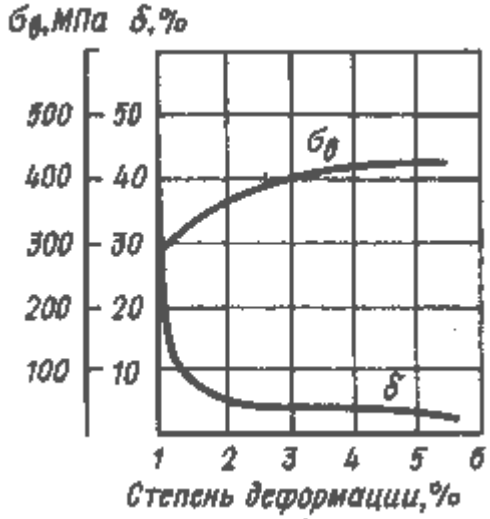


Рис. 3. Влияние холодной пластической деформации на механические свойства металла

Наклеп – это упрочнение металла и изменение его свойств под влиянием пластической деформации в холодном состоянии. Основные изменения свойств металла происходят из-за искажения кристаллической решетки, в результате вытягивания в направлении деформации (волочения проволоки, штамповки листов, изгиба, деформации арматуры и т. п.). Наряду с повышением прочности наклепанного металла происходит снижение пластических свойств (уменьшаются относительное удлинение и ударная вязкость).

Путем деформационного упрочнения (наклепа) НВ и σ_B удается повысить в 1,5…3 раза, а $\sigma_{0,2}$ в 3-7 раз. При поверхностном пластическом деформировании (обдувка дробью, обкатка роликом и пр.) в поверхностном слое формируются напряжения сжатия, а под ним, на большом расстоянии от поверхности, появятся напряжения растяжения. Сжимающие напряжения в поверхностном слое замедляют зарождение усталостной трещины и тем самым увеличивают долговечность деталей, работающих при знакопеременных (циклических) напряжениях (валы, зубчатые колеса и др.)

2. Термическая обработка углеродистых сталей

2.1. Основные теоретические сведения

Термическую обработку стали можно определить как процесс теплового воздействия на сталь, направленный на изменение ее структуры и свойств.

Любой процесс термической обработки можно изобразить в виде графика (рис. 6), на котором по оси ординат указывают температуру.

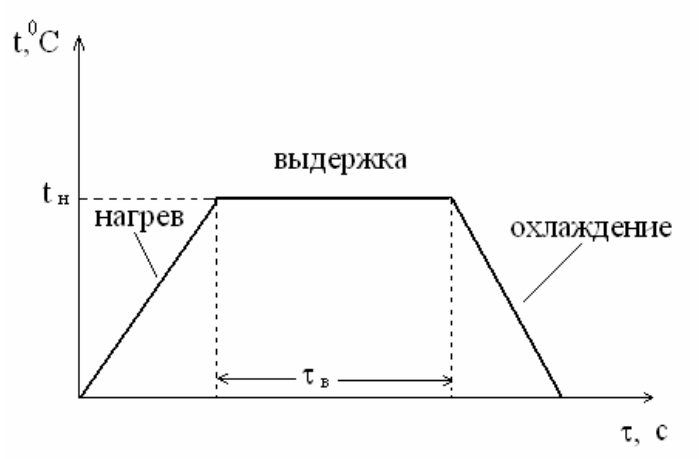


Рис. 6. График термической обработки:
$t_н$ – температура нагрева; $t_в$ – время выдержки

Термическую обработку можно разделить на несколько основных видов, исходя из сущности происходящих в металле процессов. Такими основными видами являются: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

2.1. Отжиг. Отжигом называют процесс термической обработки, при котором сталь сначала нагревают до определенной температуры, выдерживают при этой температуре, а затем медленно охлаждают вместе с печью. В результате отжига в стали образуются равновесные структурные составляющие. Различают отжиг первого и второго рода.

Отжиг первого рода имеет целью снятие напряжений, осуществление рекристаллизации и гомогенизации. Применительно к углеродистым сталям отжиг для снятия напряжений производится при 400–600 °С. ***Рекристаллизационный отжиг*** осуществляется при 680–700 °С.

Явление наклепа неустойчиво. При нагреве холоднодеформированного металла он стремится вернуться в состояние до деформации. Переход к равновесному состоянию связан с уменьшением искажений в кристаллической решетке, снятием напряжений, что определяется возможностью перемещения атомов. Процессы, происходящие при нагреве, подразделяют на возврат и рекристаллизацию.

Возврат – процесс ускорения восстановления кристаллической решетки, т. е. снятие искажений путем нагрева малоуглеродистой стали до 200...400°С, что приводит к некоторому снижению твердости и прочности и повышению пластичности. Возврат уменьшает искажение кристаллической решетки, но не влияет на размеры и форму зерен и не препятствует образованию текстуры деформации.

При нагреве до достаточно высоких температур подвижность атомов возрастает и происходит рекристаллизация.

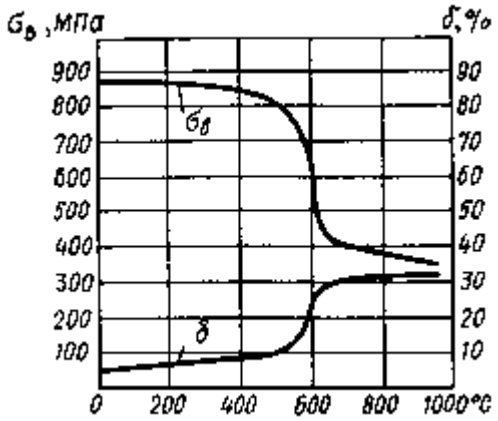


Рис. 7. Влияние нагрева деформированного металла на механические свойств

Рекристаллизация – это процесс зарождения и роста новых равноосных зерен с неискаженной структурой; в объеме деформированного металла.

Нагрев металла до температур рекристаллизации сопровождается резким изменением микроструктуры и свойств. Нагрев приводит к резкому снижению прочности при одновременном возрастании пластичности. Температура начала рекристаллизации связана с температурой плавления

$$T_{рек} = \alpha T_{пл} \ ,$$

$$\text{где } \alpha = \begin{cases} 0{,}1-0{,}2 & \text{для металлов высокой чистоты} \\ 0{,}4 & \text{для технических металлов} \\ 0{,}5-0{,}8 & \text{для твердых растворов} \end{cases}$$

На свойства металла большое влияние оказывает размер зерен, получившихся при рекристаллизации. В результате образования крупных зерен при нагреве до температуры $T_{\text{рек}}$ начинает понижаться прочность и, особенно значительно, пластичность металла.

Практически рекристаллизационный отжиг проводят для малоуглеродистых сталей при температуре 600…700 ^{o}C, для латуней и бронз – 560…700 ^{o}C, для алюминиевых сплавов – 350…450 ^{o}C, для титановых сплавов – 550…750 ^{o}C.

3. Обработка металлов давлением

Обработкой давлением называются процессы получения заготовок или деталей машин силовым воздействием инструмента на исходную заготовку из исходного материала для получения изделий постоянного поперечного сечения по длине (прутков, проволоки, лент, листов).

3.1. Ковка

Ковка – способ обработки давлением, при котором деформирование нагретого (реже холодного) металла осуществляется или многократными ударами молота или однократным давлением пресса.

Формулы расчета осадки

Диаметр осаженной поковки $d_{пок} = d_{заг}\sqrt{(h_{заг} / h_{пок})}$, мм

Удельное усилие при осадке (формула Зибеля)

$$\beta = \sigma_B + \left(\mu \frac{d_{пок}}{3h_{пок}} \right) , \text{ кг/мм}^2$$

Расчетное удельное усилие при осадке

$$P_р = \sigma_В \cdot W \cdot \psi_м , \quad \text{МПа}$$

Усилие деформирования при осадке

$$P_Д = 10\ P_р \cdot F_{пок} , \quad \text{Н}$$

Масса падающих частей молота

$$G_n = 1{,}25 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_{Bt} \cdot \psi_м \cdot W \left(1 + \mu \frac{d_{пок}}{3h_{пок}} \right) \varepsilon_n \cdot V_{пок}, \quad \text{кг}$$

Работа деформирования поковки при средней температуре осадки

$$A_{р.х} = W \cdot \psi_м \cdot \sigma_{Btct} \cdot V_{пок} \left[ln \frac{h_{пок}}{h_{заг}} + \frac{2\mu}{9} \left(\frac{d_{пок}}{h_{пок}} - \frac{d_{заг}}{h_{заг}} \right) \right], \quad \text{Дж}$$

Энергия одного удара молота

$$L = 2{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot G_п, \text{ Дж}$$

Число ударов молота

$$n = \frac{A_{р.д.}}{L \cdot \eta} .$$

Расшифровка величин, входящих в расчетные формулы

$d_{пок}$; $h_{пок}$; $d_{заг}$; $h_{заг}$, – размеры цилиндрической поковка и заготовки, соответственно;

σ_{Bt}, σ_{Blcp} – предел прочности материала поковки при температуре обработки;

$\mu = 0{,}3$ – коэффициент трения на торцах заготовки при осадке;

W – скоростной коэффициент; $W = 1$ - при осадке на прессе; $W = 2{,}5$ - при осадке на молоте;

$\psi_м$ – масштабный коэффициент (табл.1);

$V_{пок}$ – объем поковки, м^3;

η – коэффициент полезного действия молота , η = 0,8;

F – площадь основания поковки, м^2 $\quad F = \left(\frac{\pi d_0^{\,2}}{4} \right)$

Таблица 1

Масштабный коэффициент $\psi_м$ для определения усилия деформирования при обработке давлением

Масса поковки, кг	0 - 200	1500 - 8000	60000 - 80000	120000 -200000
$\psi_м$	10	9 - 8	7 - 6	5 - 4

Задача Д.1

Определить усилие деформирования $P_Д$ гидравлического ковочного пресса, необходимое для осадки стальной заготовки размерами d_0 (мм), h_0(мм) до высоты $h_{пок}$(мм). Температура окончания осадки T = 1100 °С.

Варианты исходных данных к задаче № Д.1

№ вар	Марка стали	d_0	h_0	$h_{пок}$	№ вар	Марка стали	d_0	h_0	$h_{пок}$
1	45	1040	2100	950	14	12Х18 Н12	1040	2100	950
2	40Х	1100	2200	970	15	30	1100	2200	970
3	20	1200	2300	1000	16	30ХГС	1200	2300	100 0
4	ЗОХГС	1040	2150	960	17	30	1040	2150	960
5	45	1100	2250	950	18	40Х	1100	2250	950
6	40Х	1200	2350	970	19	20	1200	2350	970
7	20	1040	2100	1000	20	12Х18 Н12	1040	2100	1000
8	30ХГС	1100	2200	960	21	30	1100	2200	960
9	45	1200	2300	950	22	40Х	1200	2300	950
10	40Х	1040	2100	970	23	12Х18 Н12	1040	2100	970
11	45	850	900	600	24	12Х18 Н12	500	770	450
12	40Х	900	1200	800	25	30	680	890	560
13	20	700	750	500	26	30ХГС	780	950	600

Задача Д.2

Определить массу падающих частей $G_п$ молота и число ударов n, необходимых для осадки стальной заготовки с начальными размерами d_0 (мм), h_0 (мм) до высоты $h_{пок}$ (мм). Расчет $G_п$ выполнить для температуры окончания ковки, расчет n выполнить для средней температуры ковки.

Варианты исходных данных к задаче Д.2

№ вар	Марка стали	d_0	h_0	$h_{пок}$	№ вар	Марка стали	d_0	h_0	$h_{пок}$
1	45	100	140	70	11	12Х18Н12	100	140	70
2	40Х	120	300	80	12	30	120	300	80
3	20	150	350	100	13	30ХГС	150	350	100
4	30ХГС	100	150	80	14	30	100	150	80
5	45	120	250	70	15	40Х	120	250	70
6	40Х	130	200	100	16	20	130	200	100
7	20	110	210	80	17	12Х18Н12	110	210	80
8	30ХГС	120	250	120	18	30	120	250	120
9	45	130	180	90	19	40Х	130	180	90
10	40Х	100	150	80	20	12Х18Н12	100	150	80

3.2. Волочение

Волочение – способ обработки давлением, при котором деформирование заготовок заключается в их протягивании через сужающееся отверстие (фильеру) в инструменте, называемом волокой. Конфигурация отверстия определяет форму получаемого профиля.

Формулы расчета волочения

Общая вытяжка заготовки за весь цикл обработки

$$\mu_{общ} = \left(\frac{d_0}{d_k}\right)^2$$

Общая истинная деформация заготовки

$$e_{общ} = \sum e_i = n \cdot e_i = ln\ \mu_{общ}$$

Предельная истинная деформация металла заготовки

$$e_{пред} = ln\frac{1}{1 - \psi}$$

Количество проходов для достижения

$$n_{отж} = \frac{e_{пред}}{e_i}$$

Диаметр пояска волоки после 1 прохода

$$d_{П1} = d_0\sqrt{\frac{1}{\mu_1}}$$

Истинная деформация $e = ln\frac{d_k}{d_0}$;

Истинное сужение $\varphi = ln\frac{F_0}{F_k}$;

$e = e_1 + e_2 + e_3 + \ldots + e_n$;

$\psi = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 + \ldots + \psi_n$ $\psi = (F_o - F_к)/ F_o$

Расшифровка величин, входящих в расчетные формулы:

d_0; d_K – начальный и конечный диаметр прутка

e_i – истинная деформация заготовки за i- проход;

n – число проходов;

ψ – относительное сужение металла заготовки за i- проход;

μ_1 – вытяжка заготовки за проход

F_0 и F_K – начальная и конечная площадь основания поковки, мм^2

Площадь круга $F = = \left(\frac{\pi d_0^{\,2}}{4}\right)$

Задача Д.3

Определить количество проходов n заготовки, необходимых для получения волочением прутка диаметром d_K (мм) из заготовки диаметром d_0 (мм). Допустимая вытяжка за проход для материала заготовки составляет μ_i. Определить вытяжку за последний проход, чтобы выдержать заданный диаметр готового изделия d_K.

Варианты исходных данных к задаче №Д.3

вариант	d_0	d_K	μ_i	вариант	d_0	d_K	μ_i
1	10	3,0	1,2	13	14	5,0	1,2
2	10	2,5	1,4	14	14	4,0	1,4
3	10	1,0	1,4	15	14	3,0	1,4
4	16	4,0	1,25	16	15	5,0	1,25
5	16	3,0	1,45	17	15	4,0	1,45
6	16	2,0	1,45	18	15	3,0	1,45
7	18	4,0	1,15	19	17	6,0	1,15
8	18	3,0	1,2	20	17	5,0	1,2
9	18	2,0	1,2	21	17	4,0	1,2
10	20	5,0	1,2	22	20	6,0	1,2
11	8	3, 0	1,15	23	11	4,0	1,1
12	9	3,4	1,15	24	12	3,5	1,2

Задача Д.4

Обосновать необходимость промежуточного отжига заготовки при волочении прутка диаметром d_K (мм) из заготовки диаметром d_0 (мм). Определить расчетом после какого прохода необходим рекристаллизационный отжиг, если предельная пластичность металла составляет ψ (%), а допустимая вытяжка металла за проход - μ_i Определить также количество отжигов за полный цикл обработки.

Варианты исходных данных к задаче № Д.4

вариант	d_0	d_K	μ_i	ψ	вариант	d_0	d_K	μ_i	ψ
1	12	3,0	1,25	50	11	14	5,0	1,2	50
2	12	2,5	1,3	55	12	14	4,0	1,4	55
3	12	1,5	1,2	60	13	14	3,0	1,4	60
4	14	4,0	1,4	50	14	15	5,0	1,25	50
5	14	3,0	1,35	55	15	15	4,0	1,45	55
6	14	3,0	1,2	60	16	15	3,0	1,45	60
7	16	4,0	1,4	50	17	17	6,0	1,15	50
8	16	5,0	1,35	55	18	17	5,0	1,2	55
9	16	4,0	1,25	60	19	17	4,0	1,2	60
10	18	3,0	1,15	50	20	20	6,0	1,2	50

Задача Д.5

Определить необходимое число проходов n и диаметр d_{in} (мм) калибрующего пояска волоки на отдельных проходах при волочении прутка диаметром d_K (мм) из заготовки диаметром d_0 (мм). Допустимая вытяжка металла заготовки за проход составляет μ_i.

Варианты исходных данных к задаче Д.5

вариант	d_0	d_K	μ_i	вариант	d_0	d_K	μ_i
1	16	14	1,25	11	15	13	1,25
2	16	12	1,30	12	15	12	1,30
3	16	13	1,20	13	15	11	1,20
4	18	15	1,25	14	17	15	1,25
5	18	14	1,30	15	17	14	1,30
6	18	16	1,20	16	17	13	1,20
7	20	17	1,25	17	19	17	1,25
8	20	16	1,30	18	19	16	1,30
9	20	16,5	1,25	19	19	15	1,25
10	22	20	1,15	20	20	18	1,15

4. Сварка

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений из металлов и сплавов в результате образования атомно-молекулярных связей между частицами соединяемых заготовок.

4.3. Электроды для РДС

Электроды для РДС представляют собой проволочные стержни с нанесенным покрытием. Стержень электрода изготовляют из специальной сварочной проволоки из стали повышенного качества. ГОСТ 2246-70 предусматривает 56 марок стальной сварочной проволоки диаметром 0,3 – 12 мм. Все марки сварочной проволоки разделяют на 3 группы: углеродистую, легированную и высоколегированную.

По назначению стальные электроды по ГОСТ 9466-75 подразделяют на 4 класса:

- для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей (ГОСТ 9467-75);
- для сварки теплоустойчивых сталей (ГОСТ 9467-75);
- для сварки высоколегированных сталей (ГОСТ 10052-75);
- для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (ГОСТ 1051-75).

Внутри каждого класса электроды делятся на типы (всего 73 типа). В маркировке указывается тип электродов, начинающийся с буквы Э, затем следуют цифры, которые указывают минимальный гарантированный предел прочности в кг/мм^2 . Например, Э42 ($\sigma_B \approx 420$ МПа), Э50 ($\sigma_B = 500$ МПа). Буква А в обозначении указывает, что металл шва, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства. Такие электроды применяют при сварке наиболее ответственных швов.

Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей предусмотрено девять типов электродов (Э 38, Э 42, Э 42А, Э 46, Э 46А, Э 50, Э 50А, Э 55, Э 60); для сварки легированных и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности пять типов (Э 70 , Э 85 , Э 100 , Э 125, Э 150) (табл. 5).

Тип электрода обозначается буквой Э и цифрой, показывающей гарантируемый предел прочности металла шва (временное сопротивление)

Условное обозначение электродов для сварки конструкционных сталей состоит из обозначения марки электрода, типа электрода, диаметра стержня, типа покрытия, номера ГОСТа.

Пример: УОНИ – 13/45 – Э42А – 4,0 – Ф ГОСТ 9467-75.

Расшифровка:

УОНИ – 13/45 – марка электрода;

Э 42А - тип электрода (Э – электрод для дуговой сварки; 42 – минимальный гарантированный предел прочности металла шва в кгс/мм^2; А – гарантируется получение повышенных пластических свойств металла шва);

4,0 – диаметр электродного стержня в мм;

Ф – фтористокальциевый тип покрытия.

Марка электрода (УОНИ – 13/45, АН-1, АНО-1, 03С-6 и др.) характеризует также его технологические свойства: род и полярность тока, возможность сварки в различных пространственных положениях (оговорены в ГОСТе и справочной литературе по сварке).

4.1. Ручная сварка покрытыми электродами

Для обеспечения высокого качества шва и высокой производительности необходимо выдерживать при сварке оптимальную величину сварочного тока. Он рассчитывается по формуле

$$I_{св.} = K \cdot d_э ,$$

где $d_э$ – диаметр сварочной проволоки, мм.

При сварке в нижнем положении коэффициент K = 40 ... 60 для стержня электрода из низкоуглеродистой стали, K = 35 ... 40 для стержня электрода из высокоуглеродистой стали. Для вертикальных швов сварочный ток $I_{св}$ уменьшают на 10 ... 15 %, для потолочных – на 15 ... 20 %. Интервал изменения $I_{св}$ = 150 ... 400 А, напряжение U = 16 ... 30 В. Диаметр электрода $d_э$ выбирают равным толщине свариваемой заготовки.

Для пластин с толщиной h < 10 мм сварной шов выполняется однослойным, при h > 10 мм – многослойным, т. е. заполнение сварных швов большой толщины производится за несколько проходов электрода. Чтобы обеспечить качество шва на всю толщину свариваемых изделий, производится разделка кромок свариваемых поверхностей. При сварке пластин толщиной h менее 6 мм разделка кромок не производится, при h > 6 мм выполняется разделка под углом в 30°.

Ручная сварка применяется для коротких швов, криволинейных, любых пространственных, в труднодоступных местах при монтаже и сборке сложных конструкций. Ток и производительность наплавки ограничены, так как при большом токе стержень электрода нагревается и покрытие отслаивается. Плотность тока находится в пределах 10 ... 20 А/мм^2.

Задания

Учитывая заданную марку стали и временное сопротивление при растяжении стали, (табл. 1) выберите тип электрода (табл. 5). Если сварное соединение должно работать при ударных нагрузках, выбирайте электрод с повышенными пластическими свойствами.

Каждому типу электрода соответствует несколько марок (табл. 7), на каждую из которых разработаны технические условия. Марка электрода - это его промышленное обозначение, характеризующее стержень и покрытие.

Одним из основных параметров режима ручной дуговой сварки является диаметр электрода dэ (мм). Для стыковых соединений диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемых кромок (табл. 4).

В табл. 7 представлены наиболее часто применяемые электроды. Каждому типу электрода соответствует несколько марок. В табл. 7 указаны диаметры и коэффициенты наплавки электродов. Коэффициент наплавки оценивает массу электродного металла, перешедшую в сварной шов в течение часа горения дуги, отнесенную к одному амперу сварочного тока. Учитывая, что производительность сварки прямо пропорциональна коэффициенту наплавки, а тип электрода и его диаметр уже выбран, подберите марку электрода из табл. 7.

Величину сварочного тока $I_{св}$ (А), основного параметра режима сварки, устанавливают по известному диаметру электрода. При сварке стыкового шва в нижнем положении используют формулу

$$I_{св} = Kd_э,$$

где dэ – диаметр электрода (мм), K - коэффициент пропорциональности, зависящей от диаметра электрода, определяется по табл. 4.

Длина дуги $L_д$ (мм) значительно влияет на качество сварки. Короткая дуга горит устойчиво и спокойно. Она обеспечивает получение высококачественного шва, так как расплавленный металл электрода быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. Но слишком короткая дуга вызывает “примерзание” электрода, дуга прерывается, нарушается процесс сварки. Длинная дуга горит неустойчиво и с характерным шипением. Глубина проплавления недостаточная, расплавленный металл электрода разбрызгивается и больше окисляется и азотируется. Шов получается бесформенным, а металл шва содержит большое количество оксидов. Длину дуги можно определить по формуле

$L_д = 0{,}5(d_э + 2)$,

где dэ -диаметр электрода (мм).

Самое широкое применение нашла дуга с жесткой характеристикой, когда напряжение $U_д$ (В) практически не зависит от силы тока и пропорционально её длине $L_д$. Такая дуга горит устойчиво и обеспечивает нормальный процесс сварки. Для нахождения Uд можно использовать формулу

$U_д = a + pL_д$,

где $L_д$ - длина дуги (мм), a (В) коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах (при использовании стальных электродов a =10-12 В), p (В/мм) - коэффициент характеризующий падение напряжения на 1 мм длины дуги (p = 2,0-2,5 В/мм).

Количество металла, необходимого для сварного шва $Q_н$ (г) можно определить по формуле

$Q_н = 10^{-3}\, lS\gamma$,

где l - длина свариваемого шва (мм), S -площадь поперечного сечения шва (мм2), у плотность электродного металла, для стали γ = 7,8 г/см3. Для одностороннего стыкового шва без скоса кромок площадь поперечного сечения

S можно определить по формуле: $S = b\ h$, где h -толщина свариваемого металла (мм), b - зазор (расстояние) между свариваемыми деталями (мм).

Для одностороннего шва с V - образным скосом двух кромок площадь поперечного сечения S можно определить по формуле

$S = h\ (b - 1) + 0{,}5(h^2 + 1)$,

где h и b - указанные выше конструкционные элементы сварного шва. Величину зазора между свариваемыми деталями берём из табл. 3.

Основное время горения дуги $t_о$ (ч) определим по формуле

$$t_о = Q_н/(I_{св} \cdot \alpha_н),$$

где $Q_н$ масса наплавленного металла (г), $I_{св}$ - сила сварочного тока (А), $\alpha_н$ - коэффициент наплавки (г/А-ч), (табл. 7).

Скорость сварки Vсв (м/ч) можно определить по формуле

$$V_{св} = 10^{-3} l/t_о,$$

где l длина сварного шва (мм), $t_о$ - основное время горения дуги (ч).

Процесс сварки включает не только время горения дуги, но и вспомогательные операции (установку электрода, поворот детали и т. д.). Это дополнительное время зависит от организации рабочего места, квалификации сварщика и учитывается коэффициентом производительности M.

Полное время сварки $t_п$ (ч) определяемая по формуле

$t_п = t_о/M$,

где $t_о$ − основное время горения дуги (ч), M – коэффициент производительности, (М = 0,6–0,8).

Массу расплавленного металла $Q_р$ (г) можно определить, подчитав массу расплавленных электродов

$Q_р = 10^{-3}\ \gamma \pi d^2\ (l_э - l_{ог}) n/4$,

где γ – плотность электродного металла (для стали γ = 7,8 г/см^3), $d_э$ диаметр электрода (мм), $l_э$ - длина электрода (мм) (табл.4), $l_{ог}$ - длина огарка (мм), (принимают $l_{ог}$ = 50 мм), n число слоёв (проходов) (табл. 6).

Потери металла на угар и разбрызгивание характеризуются коэффициентом потерь ψ (%), который определяется по формуле

$$\psi = 10^2 (Q_р - Q_н)/Q_р,$$

где $Q_р$ - масса расплавленного металла (г), $Q_н$ - масса наплавленного металла (г).

Значение коэффициента потерь при ручной электродуговой сварке не должно превышать 10 %.

В заключении, определим полный расход электроэнергии на сварку A (кВт·ч) по формуле

$A = I_{св}\ U_д\ t_о$,

где $I_{св}$ - сила сварочного тока (А), $U_д$ - напряжение дуги (В), $t_о$ - основное время горения дуги (ч).

Получение изделий сваркой

Задача С.1

Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки плавящимся электродом с покрытием в нижнем положении со стыковым соединением свариваемых элементов.

В табл. 1 приведены исходные данные для выполнения задания № 1.

Таблица 1

Исходные данные для выполнения задания С.1

№ варианта	Марка стали	Временное сопротивление при растяжении σ_b, МПа	Толщина свариваемой стали H, мм	Длина шва l, мм
0	09Г2СД	450	11,0	460
1	10Г2С1*	500	1,5	400
2	08ГДН*	400	2,0	300
3	15Г	420	2,5	650
4	20	420	3,0	260
5	15*	400	3,5	230
6	Ст3	400	4,0	200
7	14ХГС	500	4,5	180
8	08ГДНФ	500	5,0	150
9	09Г2С*	500	5,5	260
10	12Г2СМФ	700	6,0	240
11	14ГХНМ	700	6,5	200
12	15Х	700	7,0	190
13	16ГС*	500	7,5	340
14	12ГН2МФАЮ	850	8,0	260
15	14Х2ГМР	800	8,5	375
16	20Х	800	9,0	330
17	12ХГН2МФБАЮ	900	9,5	300
18	18ХГТ	1000	10,0	270
19	16Г2АФ	600	10,5	500
20	15Г2СФ	560	11,0	460
21	16Г2АФД	580	11,5	440
22	09Г2*	450	12,0	400
23	20Г	460	12,5	373
24	10ХСНД	540	13,0	347
25	17Г1С	520	13,5	330
26	Ст4	440	14,0	280
27	10Г2*	450	14,5	325
28	25*	460	15,0	310
29	14Г2	460	15,5	290
30	10Г2С1Д	520	16,0	280

* Сварное соединение работает при ударных нагрузках

Задача С.2

Для изготовления из листа толщиной *h* (мм) цилиндрической обечайки диаметром *D* (мм) и длиной *L* (мм) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

Варианты исходных данных для задачи С.2

№ вар	Марка стали	*h*	*D*	*L*	№ вар.	Марка стали	*h*	*D*	*L*
1	Ст3	6	500	1000	11	10	8	700	2000
2	10	7	700	1500	12	20	9	800	2100
3	20	8	800	1600	13	Ст3	6	650	2000
4	Ст3	9	900	2000	14	10	7	650	2200
5	10	6	550	1500	15	20	8	850	2500
6	20	7	600	2000	16	Ст3	9	1000	2500
7	Ст3	8	750	2200	17	10	6	700	1700
8	10	9	950	2500	18	20	7	550	1600
9	20	6	600	1900	19	Ст3	8	900	2000
10	Ст3	7	500	1200	20	10	9	1100	2300

Задача С.3

Для изготовления из листа толщиной *h* (мм) конического днища для обечайки диаметром *D* (мм) с углом конуса α (град) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

Варианты исходных данных для задачи С.3

№ вар.	Марка стали	*h*	*D*	α	№ вар.	Марка стали	*h*	*D*	α
1	10	6	500	45	11	20	6	550	80
2	20	7	700	50	12	Ст3	7	650	75
3	Ст3	8	800	55	13	10	8	750	70
4	10	9	900	60	14	20	9	850	65
5	20	6	1000	70	15	Ст3	6	950	60
6	Ст3	7	1200	75	16	10	7	1100	55
7	10	8	800	80	17	20	8	650	50
8	20	9	900	85	18	Ст3	9	750	45
9	Ст3	6	700	90	19	10	6	850	80
10	10	7	600	85	20	20	7	950	85

Задача С.4

Для изготовления из листа толщиной *h* (мм) конического перехода длиной *L* (мм) между трубопроводами *D* (мм), d (мм) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

Варианты исходных данных для задачи С.4

№ вар.	Марка стали	*h*	*L*	*D*	*d*	№ вар.	Марка стали	*h*	*L*	*D*	*d*
1	20	6	100	203	127	11	Ст3	6	250	299	159
2	Ст3	7	200	219	133	12	10	7	350	325	168
3	10	8	300	245	140	13	20	8	300	203	140
4	20	9	350	273	146	14	Ст3	9	200	219	146
5	Ст3	6	250	294	152	15	10	6	100	245	152
6	10	7	150	325	159	16	20	7	150	273	159
7	20	8	300	203	133	17	Ст3	8	250	299	168
8	Ст3	9	200	219	140	18	10	9	350	325	180
9	10	6	100	245	146	19	20	6	300	203	146
10	20	7	150	273	152	20	Ст3	7	200	219	152

ПРИЛОЖЕНИЕ
Таблица 2

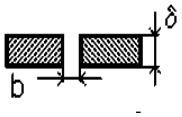
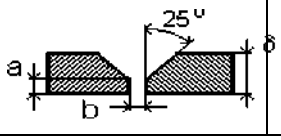
Расчет основных параметров режима электродуговой сварки

№	Определяемая величина	Буквенное обозначение, ед. измерения	Расчетная формула или источник информации	Численная величина
1	Тип сварного шва	С...	табл. 3	С 17
2	Тип электрода	Э...	табл. 5	Э 46
3	Диаметр электрода	$d_э$, мм	табл. 4	6
4	Марка электрода		табл. 7	ОЗС-6
5	Коэффициент пропорциональности	К, А/мм	табл. 4	50
6	Сила сварочного тока	$I_{св}$, А	$I_{св} = Kd_э$	300
7	Длина дуги	$L_д$, мм	$L_д = 0,5(d_э + 2)$	4
8	Напряжение дуги	$U_д$, В	$U_д = \alpha + \beta L_д$	18
9	Площадь поперечного сечения	S, мм^2	$S = bh$	
			$S = 8(h - 1)+0,5(h^2 + 1)$	94
10	Масса наплавленного металла	$Q_н$, г	$Q_н = 10^{-3} lS\gamma$	337,27
11	Коэффициент наплавки	$\alpha_{н,\ г/А'ч}$	табл. 7	10
12	Основное время горения дуги	$t_о$, ч	$t_о = Q_н/I_{св}\ \alpha_н$	0,11
13	Скорость сварки	$V_{св}$, м/ч	$V_{св} = 10^{-3} l/t_о$	4,09
14	Полное время сварки	$T_п$, ч	$T_п = t_о/M$	0,22
15	Длина электрода	$l_э$, мм	табл. 4	450
16	Число слоев	n	табл. 6	4
17	Масса расплавленного металла	$Q_р$, г	$Q_р = 10^{-3}\ \gamma\pi d_э^2(l_э - l_{ог})n/4$	352,68
18	Коэффициент потерь	φ, %	$\varphi = 10^2(Q_р - Q_н)/Q_р$	4,4
19	Расход электроэнергии на сварку	A, кВт-ч	$A = I_{св}\ U_д\ t_о$	594
20	Зазор (расстояние) между свариваемыми деталями	B, мм	табл. 3	
21	Длина сварного шва	l, мм	табл. 1	

$\alpha = 10$, $\beta = 2$; $\gamma = 7,8$ г/см^3; $l_{ог} = 50$ мм; $M = 0,5$

Таблица 3

Тип сварного шва

Наименование соединения	Условное обозначение	Форма подготовки кромок	Толщина металла h, мм	Зазор *b*, мм	Выполнение шва
Шов стыковой односторонний без скоса кромок	С 2		1,5–2,5 3,0–4,0	1 2	
Шов стыковой односторонний с V-образным скосом двух кромок	С 17		4,5–7,5 8,0–13,5 14,0–16,0	3 4 5	

a – притупление кромок, *a* = 1 мм

Таблица 4

Диаметр электрода

Толщина свариваемого металла *h*, мм	1,5–2,0	2,5–4,0	4,5–7,0	7,5–10,0	Более 10,0
Диаметр электрода $d_э$, мм	2	3	4	5	6
Коэффициент пропорциональности *K*, А/мм	30	35	40	45	50
Длина электрода $l_э$, мм	250	300	350	450	450

Таблица 5

Тип электрода

Тип электрода	Механические свойства металла сварного шва		
	Временное сопротивление при растяжении σ_B, МПа	Относительное удлинение ε, %	Ударная вязкость KCU, МДж/м^2
Э 38	380	14	0,3
Э 42	420	18	0,8
Э 42А	420	22	1,5
Э 46	460	18	0,8
Э 46А	460	22	1,4
Э 50	500	16	0,7
Э 50А	500	20	1,3
Э 55	550	20	1,2
Э 60	600	18	1,0
Э 70	700	14	0,6
Э 85	850	12	0,5
Э 100	1000	10	0,5
Э 125	1250	8	0,4

Э 150	1500	6	0,4

Таблица 6

Число слоев

Толщина свариваемой стали h, мм	1,0–5,0	5,5–8,0	8,5–10,0	10,5–14,0	14,5–16,0
Число слоев n	1	2	3	4	5

Таблица 7

Марка электрода

Тип электрода	Марка электрода	Диаметр электрода $d_э$, мм	Коэффициент наплавки $\alpha_н$, г/А·ч
Э 42	ОЗС-23	2; 3	8,5
	ВСЦ-4	3; 4	9,5
	ОМА-2	2; 2,5; 3	8
	АНО-6	4; 5	10
Э 42А	УОНИ-13/45	2; 2,5; 3; 4; 5	8,5
	СМ-11	3; 4; 5	10
Э 46	АНО-4	3; 4; 5	8,5
	ОЗС-6	3; 4; 5; 6	10
	МР-3	3; 4; 5; 6	7,5
	ОЗС-21	3; 4; 5	8,5
Э 46А	ВН-48	2,5; 3; 4; 5; 6	11
	ОЗС-22Р	3; 4; 5; 6	10
	УОНИ-13/55К	3; 4; 5	9,5
Э 50	ВСЦ-4А	3; 4	9,5
Э 50А	УОНИ-13/55	2; 2,5; 3; 4; 5	9
	АНО-11	3; 4; 5	9,5
	ДК-50	4; 5	10
Э 55	УОНИ-13/55У	4; 5; 6	10
Э 60	ВСЦ-60	5; 6	10
	УОНИ-13/65	2; 2,5; 3; 4; 5	9,5
	ОЗС-24	3; 4	9,5
Э 70	ВСФ-75У	4	9
Э 85	УОНИ-13/85	2; 2,5; 3; 4; 5	10
	НИАТ-3М	2; 2,5; 3; 4; 5	9,5
	ВСФ-85	3; 4	9,5
Э 100	ОЗШ-1	2; 2,5; 3; 4; 5	8,5

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Факультет ГХ

Глинникова Т. П.

Технология конструкционных материалов

Руководство по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 15.02.01 – "Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)»

очного обучения

Екатеринбург
2019

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАЗОВОЙ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ В ДВУХ ОПОКАХ

Цель работы

1. Изучить свойства и состав формовочных и стержневых смесей.
2. Изучить модельно-опочную оснастку, инструменты и приспособления, применяемые при формовке.
3. Изучить технологический процесс изготовления литейной формы.

Материалы и оборудование

1. Подмодельная плита.
2. Бункер с формовочной смесью.
3. Модель отливки.
4. Опоки.
5. Стержневой ящик.
6. Формовочный инструмент и приспособления.

Основные положения

Литейное производство – отрасль машиностроения, производящая литые изделия из различных металлов и сплавов. Сущность его состоит в получении литых заготовок – *отливок* – путем заливки расплавленного металла в литейную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки.

В машинах и промышленном оборудовании около 50 % всех деталей изготавливают литьем. Например, доля литых деталей в кузнечном молоте составляет 90 %, в металлорежущих станках – 80 %, в автомобилях и тракторах – 55 %.

Все способы литья разделяют на две группы:

- Литье в песчано-глинистые формы.
- Специальные способы литья, куда относится литье в металлические формы, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, центробежное литье и другие способы.

Литьем в песчано-глинистые формы изготавливают до 80 % всех отливок.

Свойства формовочных смесей

Для получения отливок высокого качества формовочные смеси, из которых делают разовые литейные формы, должны обладать определенными свойствами.

Прочность – способность смеси обеспечивать сохранность формы без разрушения при ее изготовлении и при заливке металла.

Пластичность – способность смеси воспроизводить очертание модели.

Газопроницаемость – способность пропускать газы через стенки формы. Газы вытесняются из полости формы при заливке жидкого металла. При недостаточной газопроницаемости в отливке могут образоваться газовые поры.

Термохимическая устойчивость, или ***непригораемость,*** – способность смеси не взаимодействовать с жидким металлом. Пленки пригара ухудшают качество поверхности отливки и затрудняют последующую обработку на металлорежущих станках.

Формовочная смесь состоит из следующих компонентов:

- Глина (связующее) – 8-10 %
- Кварцевый песок (наполнитель) – 84-88 %
- Каменноугольная пыль (противопригарная добавка) – 0,5-1 %
- Вода – остальное

Свойства стержневых смесей

Стержни служат для образования отверстий в отливках. Они работают в более тяжелых условиях под воздействием расплавленного металла и поэтому должны обладать повышенной прочностью.

Состав стержневой смеси: глина – 4-6 %, кварцевый песок – 90-92 %, вещества, обеспечивающие дополнительную прочность (сульфидная барда, жидкое стекло или синтетическая смола) – 2-3 %, вода – 3-4 %.

После изготовления стержни подвергаются просушке при 150 – 280 ^{o}C. При этом смола затвердевает, и стержень приобретает повышенную прочность.

Технологический процесс изготовления разовой литейной формы

1. В литейном цехе завода изготавливают формовочную и стержневую смеси.
2. В технологическом бюро по чертежу *детали* (рис. 1) разрабатывают чертеж *отливки* (см. рис. 2).

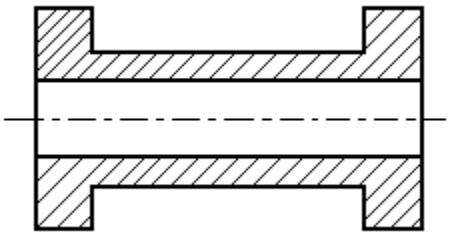


Рис. 1. Чертеж детали

При разработке чертежа отливки определяется *припуск на механическую обработку* и *припуск на усадку* при кристаллизации и охлаждении отливок. Предусматриваются *литейные уклоны*, которые служат для удобства извлечения модели из формы без ее разрушения, и *галтели* – скругления углов отливки для предотвращения образования трещин в этих местах.

Выбирается линия разъема модели и формы.

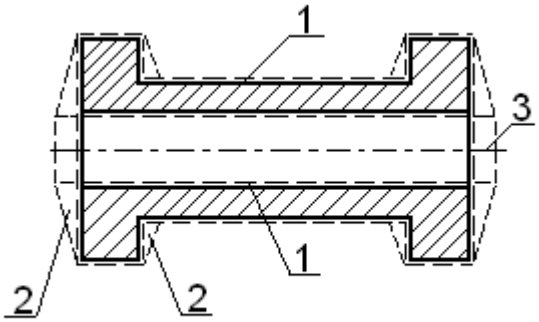


Рис. 2. Чертеж отливки:
1 – припуск на механическую обработку и усадку; 2 – литейные уклоны;
3 – плоскость разъема

3. По чертежу отливки в модельном отделении изготавливается *модель* отливки (рис. 3) и стержневой ящик.

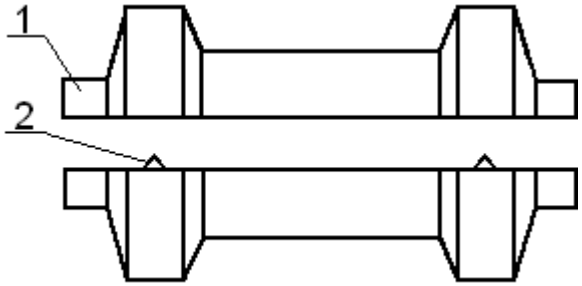


Рис. 3. Чертеж модели:
1 – стержневые знаки; 2 – фиксаторы

4. В полости стержневого ящика из стержневой смеси изготавливается стержень (рис. 4).

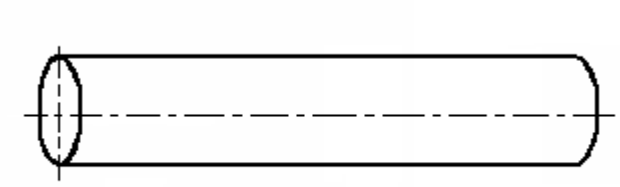


Рис. 4. Стержень

Технология формовки

5. На подмодельную плиту 4 (рис. 5) устанавливается половина модели (без фиксаторов) 3 и ставится нижняя опока 2. Поверхность модели покрывается тонким слоем модельной пудры (графита) для того, чтобы к ней при формовке не прилипала формовочная смесь. Для удержания пудры на поверхности моде-

ли модель смачивают керосином или соляркой. В опоку засыпается формовочная смесь 1 и уплотняется с помощью трамбовок.

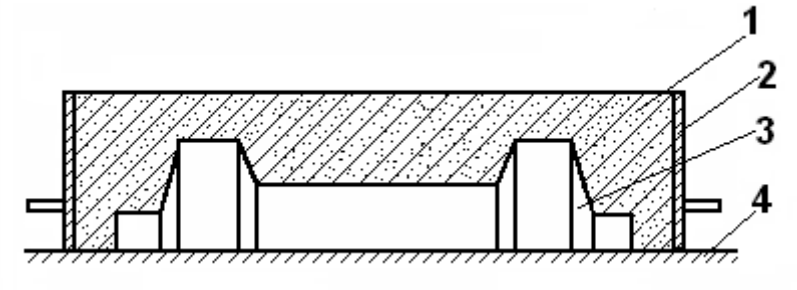


Рис. 5. Изготовление нижней полуформы:
1 – формовочная смесь; 2 – опока; 3 – модель; 4 – подмодельная плита

6. Готовая полуформа поворачивается на 180°. Устанавливается вторая половина модели по фиксаторам. Устанавливается верхняя опока, и жестко фиксируется взаимное положение опок.

Разъем литейной формы присыпается песком. Устанавливается модель стояка литниковой системы, производится засыпка и уплотнение формовочной смеси (рис. 6).

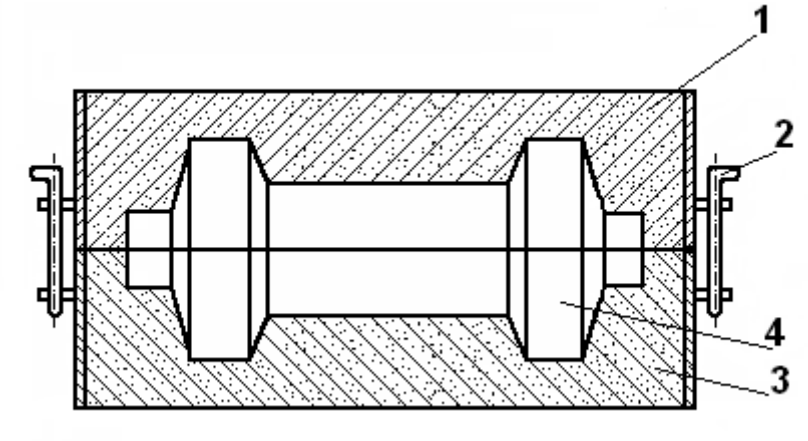


Рис. 6. Изготовление верхней полуформы:
1 – верхняя опока; 2 – устройство для центрирования опок; 3 – нижняя опока;
4 – модель

7. Удаляется модель стояка и начинается оформление *литниковой системы* (см. рис. 7): прорезается литниковая чаша. Накалываются вентиляционные каналы.
8. Верхняя опока с набитой в ней формовочной смесью снимается с нижней опоки. Удаляется модель. Прорезаются питатель и шлакоуловитель – части литниковой системы.
9. Сборка формы. Перед сборкой литейная форма осматривается, заделываются местные разрушения, из полости формы и литниковой системы удаляют частицы формовочной смеси. После укладки стержней верхняя половина формы устанавливается на нижнюю, и форма готова для заливки металла (рис. 8).

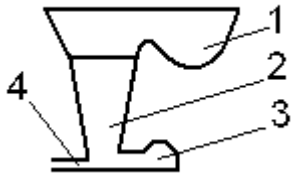


Рис. 7. Литниковая система:
1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатель

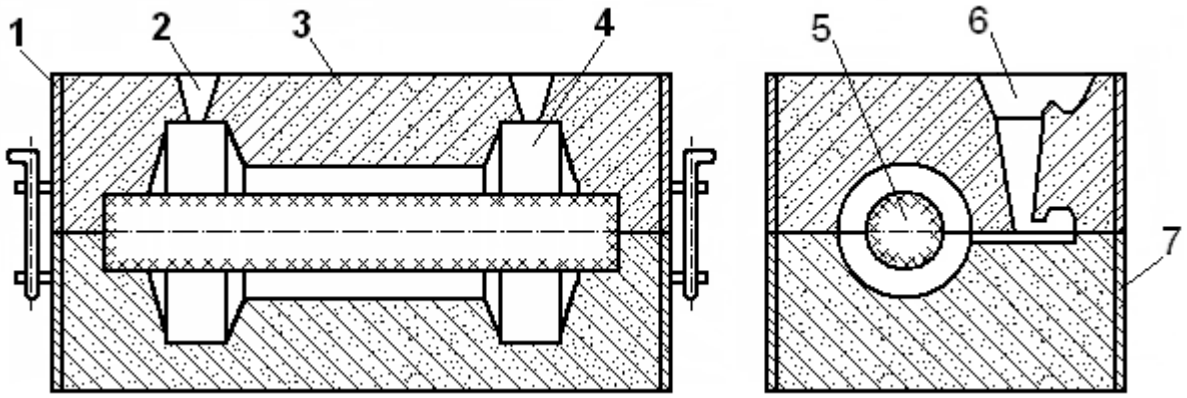


Рис. 8. Литейная форма в сборе:
1 – верхняя опока; 2 – вентиляционный канал (выпор); 3 – формовочная смесь;
4 – полость формы; 5 – стержень; 6 – литниковая система; 7 – нижняя опока

Содержание отчета

1. Отчет должен содержать основные данные о формовочных и стержневых материалах и о модельно-опочной оснастке. Особое внимание следует обратить на описание технологического процесса изготовления литейной формы с пояснениями, эскизами операций.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные способы литья.
2. Роль литейного производства в машиностроении (примеры).
3. Перечислите свойства формовочной смеси.
4. Что такое прочность и пластичность формовочной смеси?
5. Зачем нужны газопроницаемость и термохимическая устойчивость формовочной смеси?
6. Состав формовочной смеси.
7. Условия работы стержня и состав стержневой смеси.
8. Чем отличается чертеж отливки от чертежа детали?
9. Что такое модель, стержень, опоки? Для чего они нужны?
10. Устройство литниковой системы.
11. Перечислите операции изготовления литейной формы.
12. Из каких частей состоит литейная форма в сборе?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ (ЛИТЬЁ В КОКИЛЬ И ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ)

Цель работы

1. Познакомиться с методами литья: в металлические формы (кокили) и по газифицируемым моделям.
2. Получить отливки образцов для механических испытаний.
3. Изучить макроструктуру и определить ударную вязкость отливок, полученных литьём в кокиль и литьём по газифицируемым моделям.

Материалы и оборудование

1. Формовочная смесь.
2. Кокиль – металлическая литейная форма.
3. Газифицируемая модель (пенополистироловая).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основными сведениями по литью в кокиль и по газифицируемым моделям.
2. Выполнить экспериментальную часть.
3. Проанализировать полученный материал и сделать необходимые выводы.

Основные положения

1. Литьё в металлическую форму (кокиль)

Кокиль − металлическая литейная форма, которая обеспечивает высокую скорость кристаллизации металла и формирования отливки. Кокиль изготавливают из чугуна, стали и других сплавов.

Способ литья в кокиль имеет преимущества перед литьём в песчаные формы. Кокили выдерживают большое число заливок (от нескольких сот до десятков тысяч) в зависимости от заливаемого в них сплава: чем ниже температура заливаемого сплава, тем больше их стойкость. При этом способе исключается применение формовочной смеси, повышаются технико-экономические показатели производства, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда.

Высокая теплопроводность кокиля ускоряет процесс кристаллизации сплава и способствует получению отливок с высокими механическими свойствами. Высокая прочность металлических форм позволяет многократно получать отливки одинаковых размеров с небольшими припусками на механическую обработку. Минимальное физико-химическое взаимодействие металла отливки и формы повышает качество поверхности отливки.

К недостаткам этого способа литья относится высокая трудоёмкость изготовления и стоимость кокилей.

Существует опасность образования внутренних напряжений в отливке из-за отсутствия податливости металлической формы. В поверхностном слое кокильных чугунных отливок образуется структура цементита, что затрудняет их механическую обработку, поэтому необходима термическая обработка (отжиг) отливок.

В кокилях получают 45 % всех алюминиевых и магниевых отливок, 6 % стальных отливок, 11 % чугунных отливок. Этот способ литья экономически целесообразен в серийном и массовом производстве.

В зависимости от конфигурации и размеров отливки металлические формы делятся на неразъёмные и разъёмные.

В ***неразъёмных формах*** вся отливка целиком получается в одной форме (типа чашки). На рисунке 1 изображена неразъёмная вытряхиваемая форма. Ее применяют для получения простых отливок, имеющих достаточные уклоны на боковых стенках (плиты, коробки и т. п.).

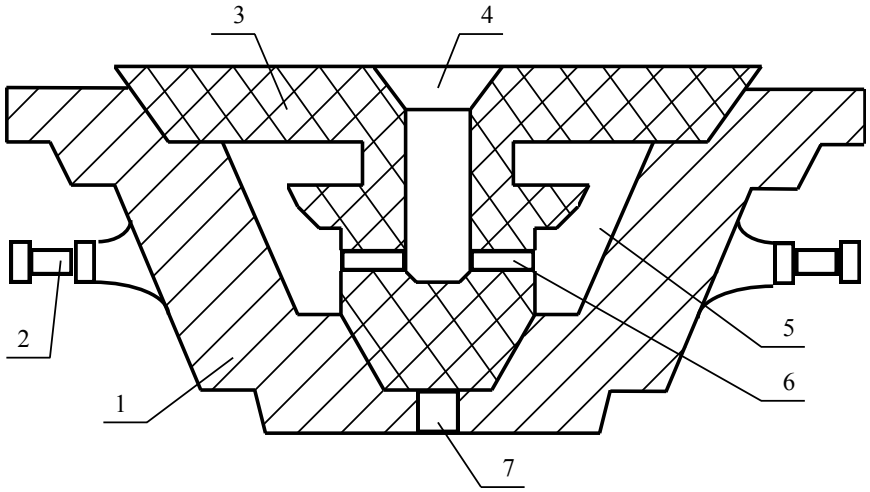


Рис. 1. Вытряхиваемая неразъёмная форма:
1 – корпус формы, 2 – цапфа для поворота формы при выбивке отливки, 3 – песчаный стержень, 4 – литниковая чаша со стояком, 5 – полость формы, 6 – питатели,
7 – вентиляционный канал

Внутреннюю и внешнюю поверхности отливки в неразъёмном кокиле формируют при помощи стержней. Литниковая система делается внутри стержня. Такие металлические формы обычно закрепляются при помощи цапфы на специальных стойках. После заливки производится поворот формы на 180° и удаляется (вытряхивается) отливка вместе со стержнем.

Разъёмные формы состоят из двух или более частей и, в свою очередь, разделяются на формы с горизонтальной, вертикальной и комбинированной плоскостями разъёма (см. рис. 2, 3).

Металлическую форму с горизонтальным разъёмом (рис. 2) применяют для таких же отливок, как и в неразъёмной форме, но с более сложной верхней поверхностью, образуемой рабочей частью верхней половины формы.

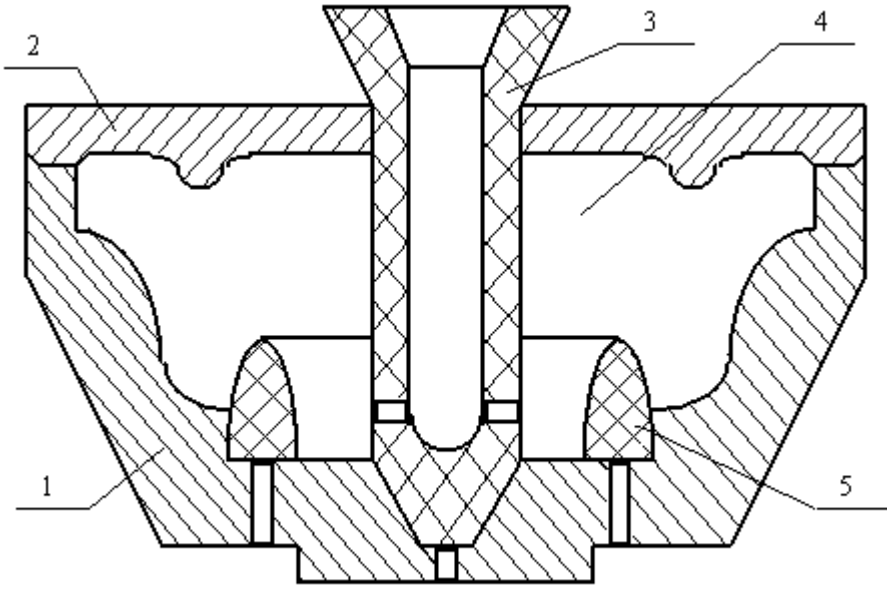


Рис. 2. Кокиль с горизонтальным разъёмом:
1 – нижняя часть формы, 2 – верхняя часть формы, 3 – центральный песчаный стержень,
4 – полость формы, 5 – нижний кольцевой стержень

Металлические формы с вертикальным разъёмом (рис. 3) применяют для изготовления более разнообразных и сложных отливок (корпусные детали, литые блоки цилиндров автомобильных двигателей, крупные поршни, крышки с массивными фланцами и т. д.).

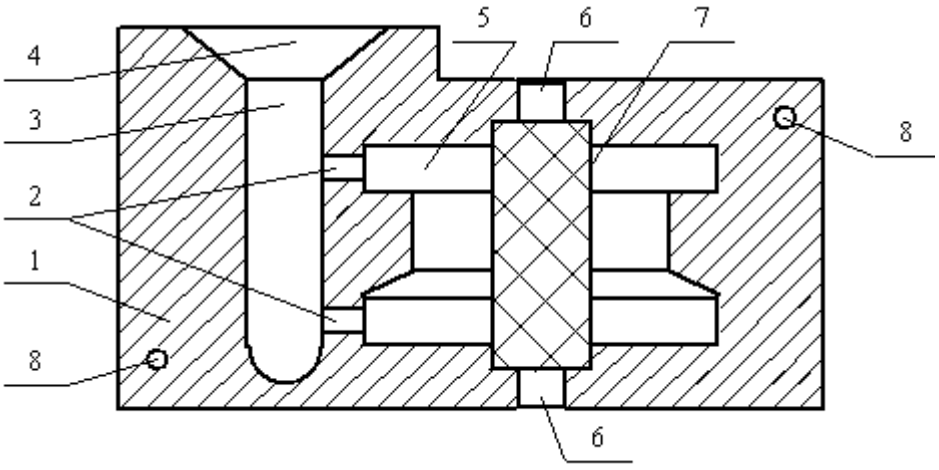


Рис. 3. Металлическая форма с вертикальным разъёмом, с песчаным стержнем:
1 – левая половина формы, 2 – каналы-питатели, 3 – стояк литниковой системы,
4 – литниковая воронка, 5 – полость формы, 6 – вентиляционные каналы,
7 – песчаный стержень, 8 – центрирующие отверстия

Металлические формы с комбинированным разъёмом применяют для отливки сложных по конфигурации деталей. Внутреннюю конфигурацию и отверстия в отливках получают с помощью стержней, песчаных или металлических.

Песчаные стержни применяют для отливок из стали и чугуна. Они обладают повышенной податливостью, газопроницаемостью и огнеупорностью. Однако чистота внутренней поверхности отливок хуже, чем при применении металлических стержней.

Металлические стержни применяют для сплавов с низкой температурой плавления, таких как алюминиевые, магниевые и др. Металлические стержни, не обеспечивающие свободной усадки отливки при охлаждении, обычно удаляются из отливки сразу после затвердевания, т. е. перед выбивкой всей отливки из формы. Для удаления газов из кокиля по линии разъёма изготавливают газовые каналы и выпоры. Газовые каналы делают обычно глубиной 0,2-0,5 мм. Через такие каналы не вытекает жидкий сплав, но легко удаляются газы.

Чтобы уменьшить скорость охлаждения отливок, избежать образования упрочнённого слоя на их поверхности и повысить стойкость кокиля, на его рабочую поверхность наносят теплоизоляционные покрытия. Их приготовляют из одного или нескольких огнеупорных материалов (кварцевой пыли, молотого шамота, графита, мела, талька и др.) и связующего материала (жидкого стекла, сульфидного щёлока и др.).

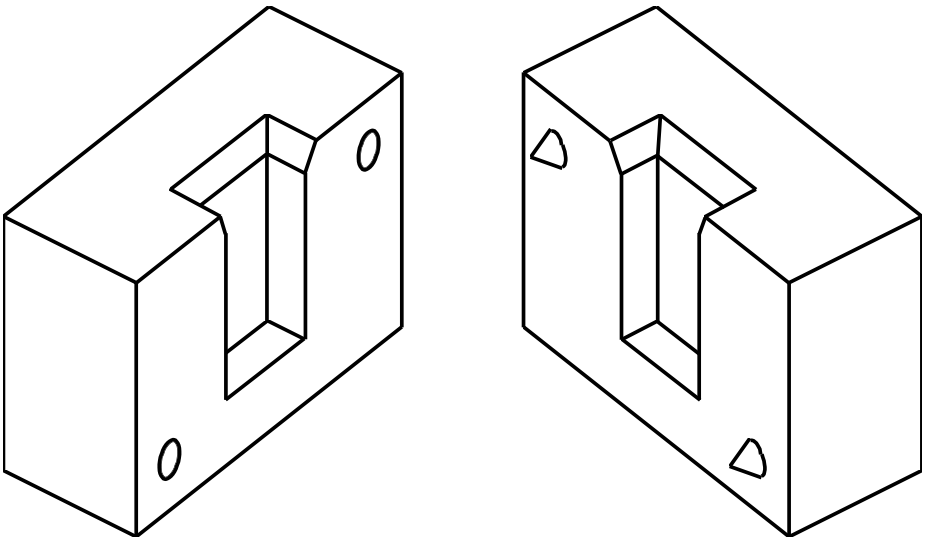


Рис. 4. Металлическая форма для изготовления испытуемого образца

Механизировать и автоматизировать процесс кокильного литья легче, чем процесс литья в песчаные формы. Для механизации применяют кокильные машины – однопозиционные и карусельные. В этих машинах автоматизируют следующие технологические операции: открывания и закрывания кокилей, установку и удаление металлических стержней и выталкивание отливки из кокиля.

В металлических формах получают отливки чугунные от 10 г до 15 т, стальные от 0,5 г до 5 т и из цветных металлов (медных, алюминиевых, магниевых) от 4 г до 400 кг.

2. Литьё по газифицируемым моделям

Очень часто возникает необходимость в разовых, единичных отливках тех или иных деталей. В этих случаях по традиционной технологии приходится предварительно делать деревянные модели для получения наружного отпечатка в литейной форме и стержневые ящики для образования внутренних полостей отливки. Трудоёмкость изготовления модельных комплектов в три – пять раз превышает трудоёмкость изготовления самой отливки. Для её уменьшения и снижения себестоимости разовых отливок новаторы судостроительной верфи г. Николаева предложили делать модели не из дерева, а из пенополистирола, который газифицируется расплавленным металлом. В последние годы использование пенополистирола в качестве модельного материала получает всё большее распространение. Использование пенополистирола (пенопласта) обеспечивает возможность получения различных отливок в неразъёмных формах без извлечения модельных комплектов из форм, без формовочных уклонов и с минимальными припусками на механическую обработку (рис. 5).

Пенополистирол – материал легко формирующийся, а это значит, что из него можно изготовить модели сложной конфигурации.

При литье по газифицируемым моделям для изготовления моделей применяется бисерный пенополистирол в виде гранул, в замкнутых ячейках которых содержится порошкообразный наполнитель (легкоплавкий компонент).

При этом для газифицируемых моделей применяют пенополистирол с объёмной массой 0,015-0,025 г/см^3. Пенополистирол с б***о***льшим удельным весом не содержит количества воздуха, необходимого для его сжигания, такой пенополистирол лишь расплавляется, не сгорая, тем самым заполняет часть формы и приводит к браку при отливке детали. Пенополистирол с меньшим удельным весом при формовке деформируется, что приводит к искажению формы и размеров отливки.

Применение пенополистироловых моделей сокращает трудоёмкость формовочных работ на 80 %, объём обрубных и зачистных работ на 70 %. Достоинство пенополистироловых моделей – их способность не усыхать и не набухать от влаги. Это исключает коробление при транспортировке и, особенно, хранении. При отливке деталей сложной конфигурации внешних и внутренних обводов, модель может быть изготовлена частями, которые собираются во время формовки.

К недостаткам литья по газифицируемым моделям нужно отнести, прежде всего, большое выделение газа при сгорании модели, что при неправильном ведении заливки (заливка должна вестись с определённой скоростью) и при плохой газопроницаемости формовочной смеси ведёт к образованию газовых пор в отливках, уменьшающих их прочность.

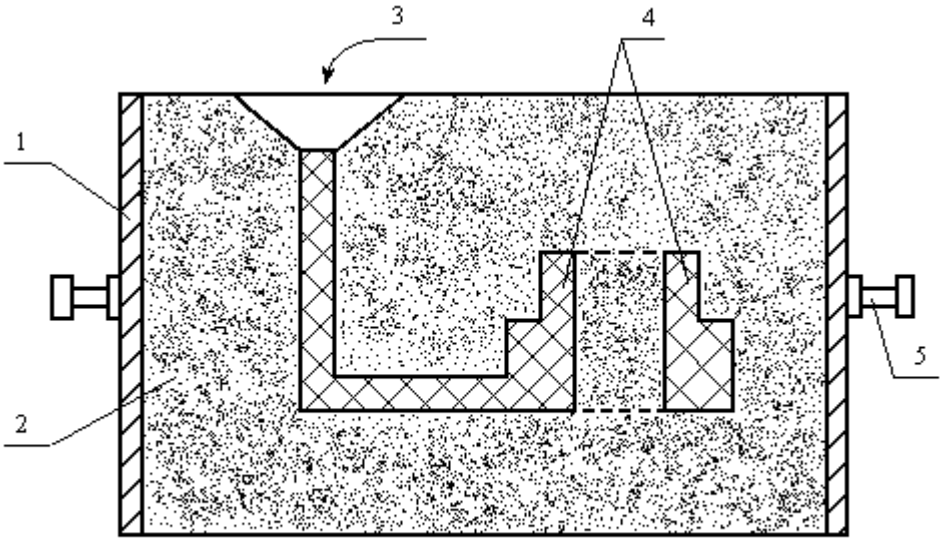


Рис. 5. Неразъёмная форма с пенополистироловой моделью:
1 – опока, 2 – формовочная смесь, 3 – расплавленный сплав,
4 – модель из пенополистирола (пенопласта), 5 – цапфы

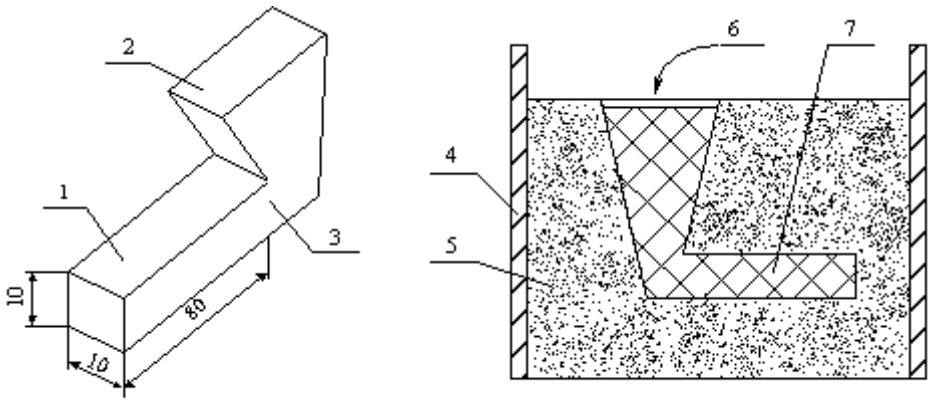


Рис. 6. Пенополистироловая модель для изготовления испытуемого образца
и её расположение в опоке:
1, 7 – пенополистироловая модель, 2 – литниковая система, 3 – линия отрезки литниковой системы от детали, 4 – опока, 5 – формовочная смесь,
6 – заливка расплавленного металла

Другим существенным недостатком пенопластовой модели является потеря точности при уплотнении формовочной смеси из-за податливости пенополистирола. Решить эту проблему можно с помощью электромагнитного поля и замены формовочной смеси железными опилками. На дно опоки, вставленной внутрь соленоида, присоединённого к сети переменного тока, насыпают слой железного порошка, ставят на него пенопластовую модель с литниковой системой и засыпают её доверху тем же железным порошком (опилками), затем включают ток, превращающий железный порошок в монолит, и заливают расплавленный металл, мгновенно сжигающий пенопласт. Как только отливка чуть затвердеет, ток выключают, и форма вновь становится порошком.

На установке успешно отливались магниевые блоки для автомобильных двигателей, причём качество не уступало кокильному литью. Отсутствие дорогостоящих кокилей, простота и универсальность магнитных форм с использованием газифицируемых моделей позволили снизить себестоимость продукции ровно вдвое.

Задание и методические указания по выполнению работы

1. Подготовить кокиль под заливку. Для этого необходимо зачистить внутреннюю полость кокиля от пригаров, окалины и старой огнеупорной смазки, а затем смазать полость кокиля огнеупорной смазкой. Собрать половинки кокиля и прогреть до 100-300 °С.

2. Подготовить формовочную смесь для формовки. Для этого её необходимо разрыхлить, удалить металлические включения в виде капель и приливов. Формовочная смесь должна быть совершенно сухой.

3. Заформовать пенопластовые модели в формовочную смесь.

4. Проследить за заливкой металла, выполняемой мастером, и за остыванием отливок, засекая время по часам.

5. Отделённые от литниковой системы образцы подвергнуть испытанию на ударную вязкость с помощью маятникового копра и результаты свести в таблицу. Объясните причины различия результатов испытаний ударной вязкости.

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Материалы и оборудование.
3. Описать (кратко) способы литья в кокиль и по газифицируемым моделям (обязательно включить в отчёт рис. 4, 6).
4. Определить ударную вязкость отлитых образцов по формуле $KC = \frac{A}{S}$; где

   A – работа, затраченная на излом образца [Дж];
   S – площадь поперечного сечения образца [м^2].
5. Описать ход экспериментальной части и результаты эксперимента с пояснениями, анализом и выводами. Объяснить, почему отливки имеют разную макроструктуру, ударную вязкость и качество поверхности.
6. Краткий вывод по результатам работы.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое кокиль и для чего он предназначен?
2. Какие преимущества у литья в кокиль по сравнению с литьём в песчаные формы?
3. Какие недостатки имеет литьё в кокиль?
4. Назовите область применения кокильного литья.

5. Какими бывают металлические формы в зависимости от конфигурации и размеров отливки?
6. В каких формах вся отливка целиком получается в одной форме (типа чашки)?
7. Для чего нужны цапфы?
8. Какие виды разъёмных форм вы знаете?
9. Для изготовления каких отливок применяют металлические формы с горизонтальным разъёмом?
10. Для изготовления каких отливок применяют кокили с вертикальным разъёмом?
11. Что такое стержень, и для чего он служит?
12. Какие виды стержней вы знаете, и для чего они применяются?
13. Что такое газовые каналы и выпоры, и для чего они применяются?
14. Что такое теплоизоляционные покрытия, из чего они состоят и для чего служат?
15. Что такое газифицируемая модель?
16. Каковы преимущества литья по газифицируемым моделям в сравнении с литьём в песчаные формы?
17. Каковы недостатки литья по газифицируемым моделям в сравнении с литьём в песчаные формы?
18. Какой плотности пенополистирол применяется при изготовлении газифицируемых моделей?
19. Что произойдёт, если плотность пенополистирола будет больше или меньше, чем необходимо для нормального процесса литья?
20. Перечислите пути повышения производительности труда при использовании методов литья в кокиль и по газифицируемым моделям.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТЛИВОК

Цель работы

1. Ознакомиться с основными приёмами проектирования литых деталей.
2. Разработать на основе чертежа детали конструкцию отливки и необходимую технологическую оснастку для изготовления песчано-глинистой формы в двух опоках.

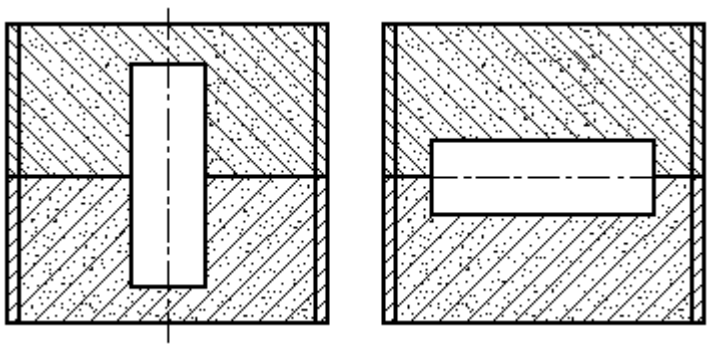
Основные положения

В настоящее время основными технологическими процессами получения заготовок деталей машин из металлов и сплавов являются различные способы литья. Наиболее часто применяется метод ***литья в песчано-глинистые разовые формы***. Литейная форма изготавливается обычно в двух опоках. При проектировании формы необходимо соблюдать **основные правила:**

1. Правило расположения отливки в форме с наименьшей высотой;
2. Правило параллельных лучей;
3. Правило вписанных окружностей;
4. Правило назначения галтелей;
5. Правило минимума стержней;
6. Правило необходимости уклонов;
7. Рекомендации по выбору плоскости разъёма.

Когда отливка имеет значительную длину и малое поперечное сечение, то целесообразно располагать её **с наименьшей высотой полости формы** (рис. 1). Малая высота формы (рис. 1, *б*) экономит формовочный материал. Кроме того, происходит выравнивание механических свойств по сечению отливки из-за малого влияния ликвации по удельному весу.

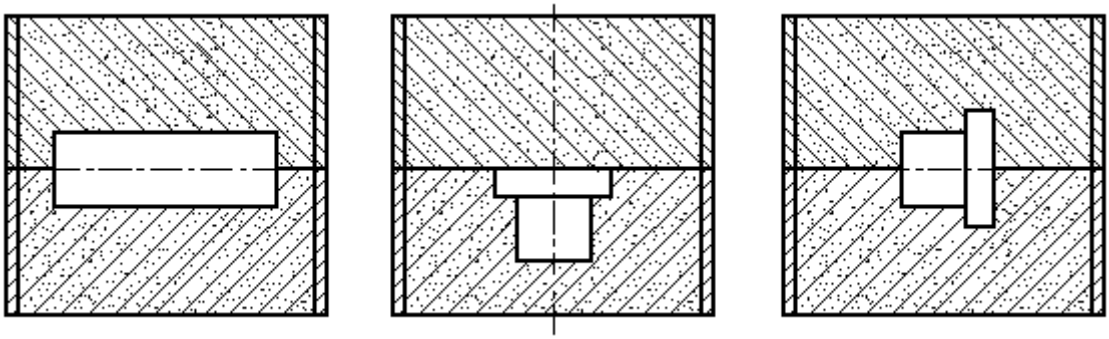
Ликвация – расслоение компонентов сплава по удельному весу в период остывания расплава. Легкие фракции стремятся вверх, тяжёлые – вниз; поэтому при расположении, показанном на рис. 1, *а*, возникает разность механических свойств верхней и нижней частей отливки.



а) *б)*

Рис. 1. Варианты литейной формы:
а – с вертикальным, *б* – с горизонтальным расположением оси отливки

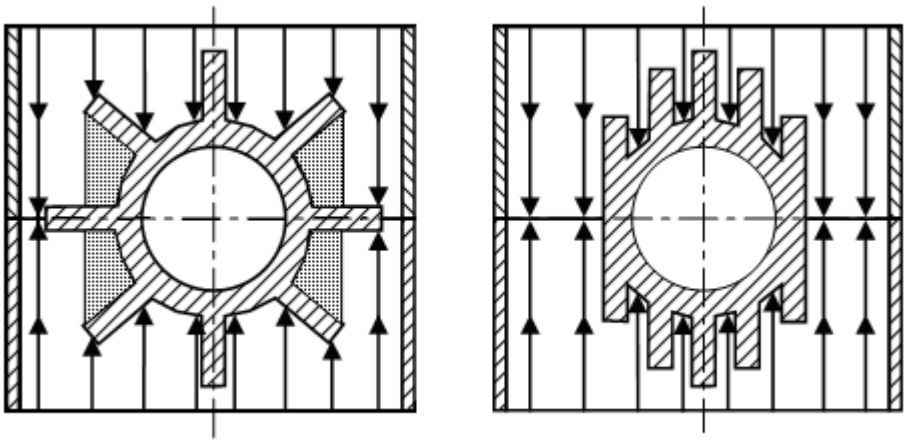
Поэтому детали, у которых один габаритный размер гораздо больше других, выгодно располагать так, чтобы максимальный размер лежал в горизонтальной плоскости, как показано на рис. 2, *а*. Детали с примерно одинаковыми габаритными размерами можно располагать как вертикально (рис. 2, *б*), так и горизонтально (рис. 2, *в*).



а) *б)* *в)*

Рис. 2. Варианты расположения отливки в литейной форме

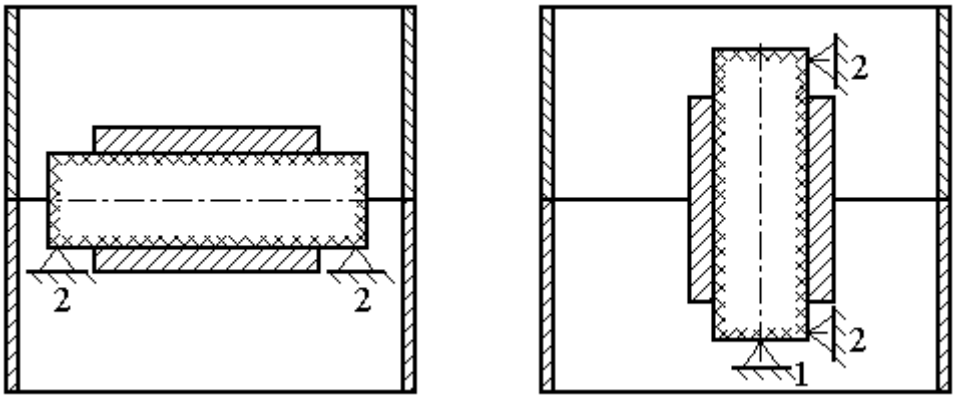
От расположения отливки будет зависеть конфигурация внешних обводов. Если необходимо отлить длинный корпус электродвигателя, имеющий рёбра охлаждения (рис. 3), то для лёгкого извлечения модели из формы по **правилу параллельных лучей** части отливки не должны давать затенённых участков при направлении на форму параллельных лучей снизу и сверху. Это правило также называют методом теневого рельефа. Мы видим, что на рис. 3, *а* это правило не соблюдается, значит, необходимо или изменить конфигурацию рёбер – сделать их параллельными лучам (рис. 3, *б*), или поменять расположение отливки на вертикальное.



а) *б)*

Рис. 3. Использование правила параллельных лучей

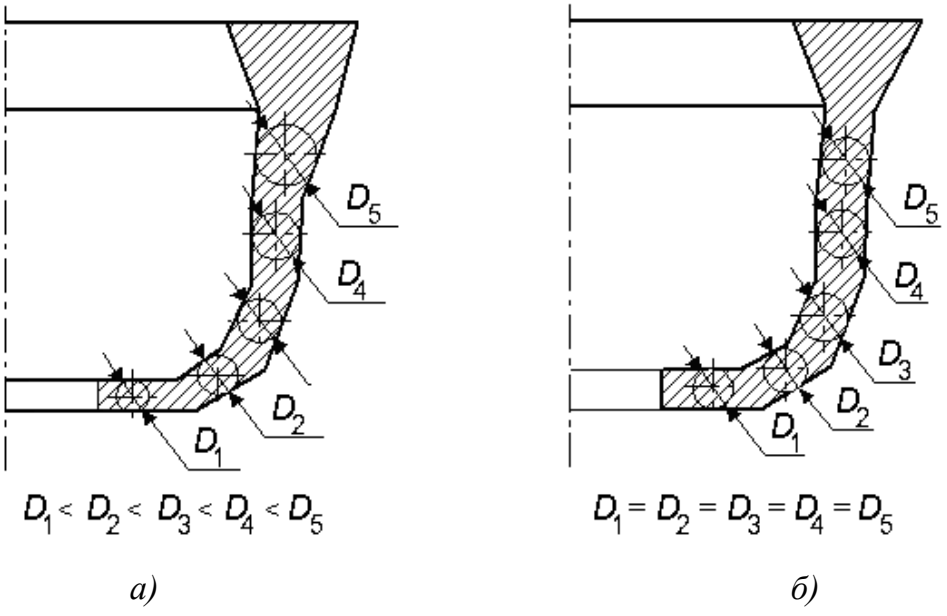
Вертикальное расположение оси пустотелой отливки в форме выгодно ещё и тем, что стержень, формирующий полость или отверстие в отливке, может иметь 2 и более опоры (рис. 4, *б*), т. е. занимает более устойчивое положение в форме, чем при горизонтальном расположении оси (рис. 4, *а*).



а) *б)*

Рис. 4. Варианты расположения пустотелой отливки

В основу конструкции литой детали в зависимости от требований должны быть положены принципы направленного или одновременного затвердевания при охлаждении. Направленное затвердевание обеспечивает получение отливок плотных, без усадочных раковин и пористости. Однако это приводит к усложнению формовки. При ***направленном затвердевании*** кристаллизация металла происходит снизу вверх, начиная от тонких сечений отливки в нижней части формы к более массивным сечениям в верхней части формы. Каждая расположенная выше часть отливки питает жидким металлом нижние части, являясь для них как бы прибылью. Правильность конструкции в этом случае проверяют **методом вписанных окружностей**. При этом окружность, вписанная в любое сечение отливки, должна свободно проходить по любым вышележащим сечениям в направлении кристаллизации (рис. 5, *а*).

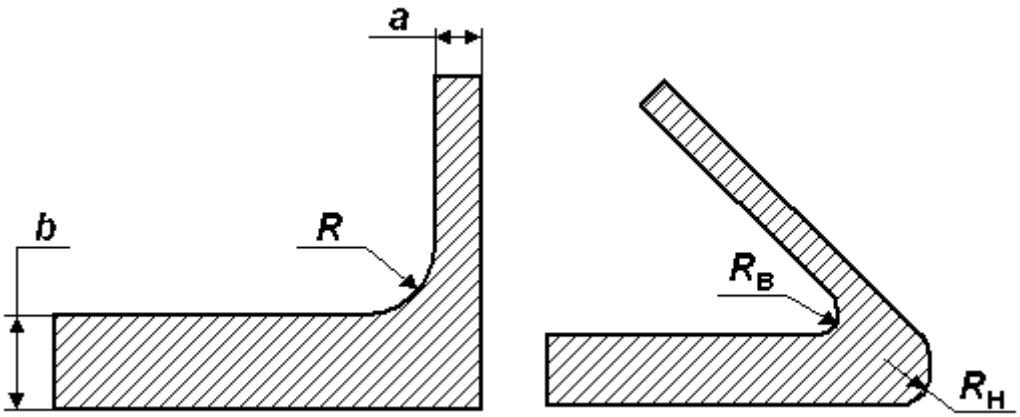


а) *б)*

Рис. 5. Применение метода вписанных окружностей

Конструирование в соответствии с принципом одновременного затвердевания при охлаждении применяют для мелких и средних тонкостенных отливок, когда к литой детали не предъявляют высоких требований по плотности. Наличие центральной пористости допускается. Отливки, сконструированные с учётом принципа одновременного затвердевания, имеют одинаковую толщину, начиная с нижней и кончая верхней частью детали (рис. 5, *б*).

Толщина стенок литых деталей назначается, исходя из требуемой расчётной прочности с учётом жидкотекучести металла. При сопряжении стенок применяют *галтели* (радиусы внутренних закруглений), рис. 6.



а) *б)*

Рис. 6. Галтели при сопряжении стенок разной толщины

Галтели применяются для предупреждения образования трещин в углах сопряжения стенок. Радиус галтели (рис. 6, *а*) рассчитывается по формуле

$$R = (a + b)/2. \quad (1)$$

Соотношение толщин сопрягаемых стенок отливки не должно превышать двух.

$$b/a \leq 2. \quad (2)$$

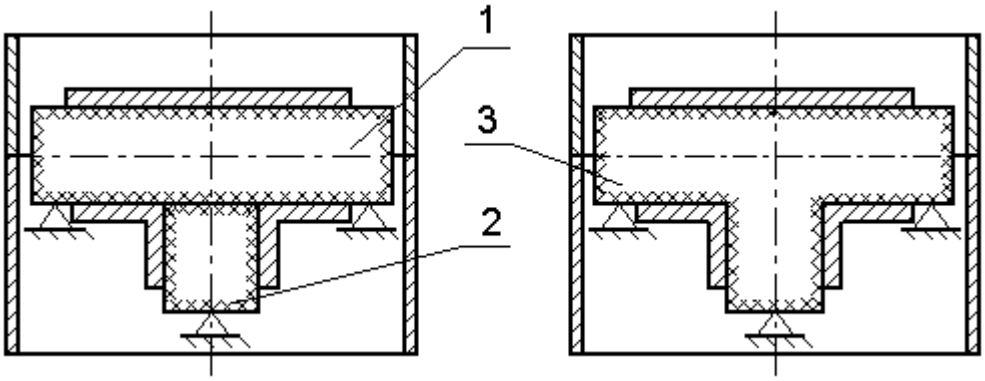
При угловых сопряжениях стенок для получения плавного перехода делают скругление с внешним радиусом (рис. 6, *б*), рассчитанным по формуле

$$R_н = a + b. \quad (3)$$

Внутренние полости и отверстия изготавливают с помощью стержней и «болванов». Внешняя конфигурация стержней повторяет внутренние обводы полости отливки. Стержни изготавливаются в стержневых ящиках.

Для образования полостей сложной конфигурации применяют сборные стержни, состоящие из нескольких простых частей (рис. 7, *а*). Однако в форме должно быть **как можно меньше стержней**. Если вместо двух стержней 1 и 2

(рис. 7, *а*) использовать один стержень 3 (рис. 7, *б*), то у него будет три фиксированные точки опоры, в то время как в первом варианте – две и одна точка опоры. Кроме того, увеличение количества стержней усложняет и удорожает технологический процесс изготовления литейной формы и снижает точность отливки.



а) *б)*

Рис. 7. Применение правила минимума стержней

Стержни, применяемые при изготовлении глухих полостей отливки, имеют всего одну опору, и поэтому могут потерять устойчивость. При сборке они могут упасть в полость формы, что приведёт к засорению расплава и нарушению конфигурации формы. Для устойчивости одноопорных стержней изготавливается искусственная опора 2 (жеребейка), которая устанавливается между стержнем 1 и стенками формы (рис. 8).

Жеребейка – металлический стержень, имеющий химический состав, близкий по составу к сплаву, из которого отливается деталь. Применение жеребеек крайне нежелательно, так как они являются источниками образования дефектов в отливках (газовые раковины, несвариваемость).

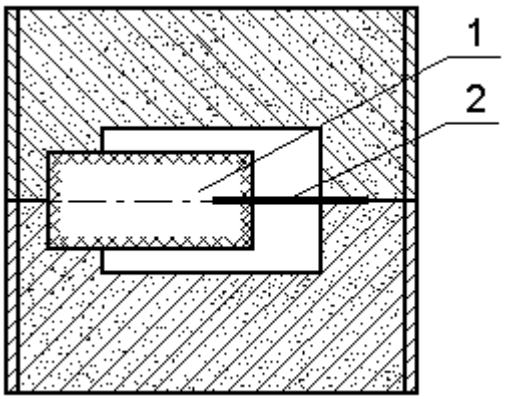


Рис. 8. Применение жеребейки в литейной форме

Иногда для получения глухих (несквозных) отверстий вместо стержней применяют «болваны». Они дают возможность изготавливать форму без стержней, выполняя их функции. *Болван* – часть формы, не выступающая за плос-

кость разъёма. Высота внутренней полости, выполняемой «болваном» в нижней части формы не должна превышать ширину или диаметр её сечения $H \leq B$ (рис. 9). Если же внутренняя полость выполняется «болваном» в верхней части формы, то $h \leq 0{,}3 \cdot b$.

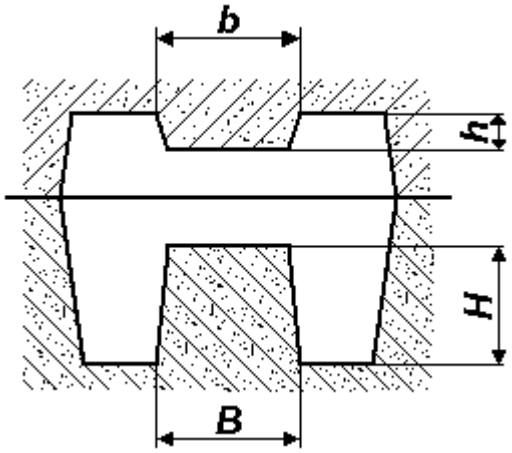


Рис. 9. Применение «болванов» для выполнения полостей отливки

Положение стержня должно быть строго зафиксировано в полости формы. Для этого предусматриваются стержневые (литейные) знаки, как продолжения отверстий. В местах отверстий у детали модель имеет выступающие части (рис. 10, 1) для получения в форме так называемых литейных знаков (рис. 10, 2).

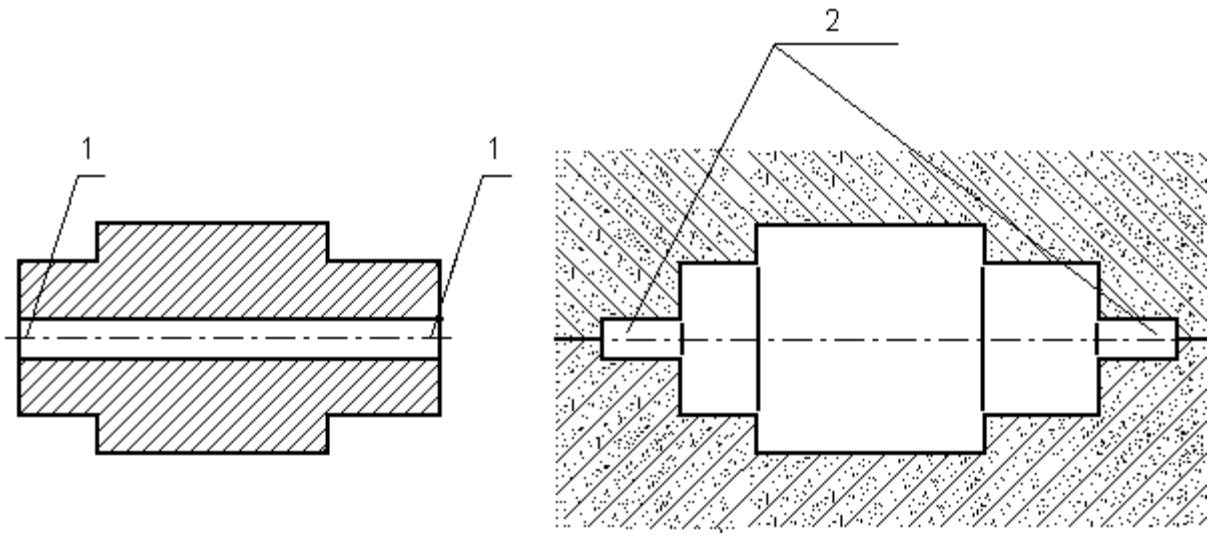


Рис. 10. Деталь и литейная форма для её получения

Для лучшего извлечения моделей из формы их вертикальным поверхностям задаются *формовочные уклоны* (рис. 11). Величина уклонов может составлять до 3° в зависимости от высоты модели. Формовочные уклоны задаются также моделям «болванов» и знаковым частям стержней (до 15°).

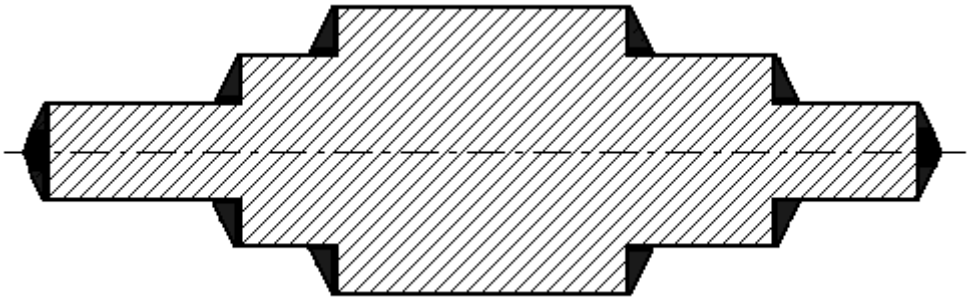


Рис. 11. Применение формовочных уклонов

Модель отливки выполняется в соответствии со всеми этими правилами; кроме того, учитываются припуски на механическую обработку и усадку (рис. 12, область 1).

Припуск на механическую обработку – слой металла, предусмотренный для снятия в процессе механической обработки с целью получения необходимой точности размеров и шероховатости поверхностей. Он зависит от материала отливки, способа литья, объёма производства, положения обрабатываемой поверхности в форме.

Припуск на усадку – слой металла компенсирующий уменьшение объема отливки во время кристаллизации и остывания. Он зависит от величины усадки применяемого сплава.

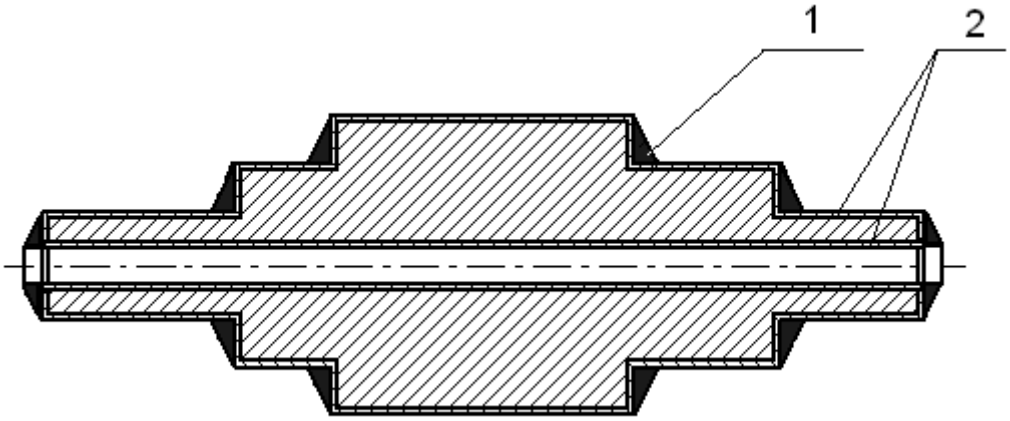


Рис. 12. Припуски на механическую обработку и усадку

Для облегчения формовки внутренней полости модель делится плоскостями разъёма, чаще всего на две части. **Плоскость разъёма обычно совпадает с одной из осей симметрии отливки.** Этим достигается выполнение правила параллельных лучей и экономия литейных материалов за счёт меньших затрат металла на изготовление уклонов.

Литниковая система к отливке подводится в плоскости разъёма формы. Определение размеров элементов литниковых систем для отливок из различных сплавов производится с помощью соответствующих диаграмм и эмпирических

формул. С учётом массы расплавленного металла и скорости заливки определяется площадь поперечных сечений питателей, шлакоуловителя и стояка.

Иногда, для исключения образования при кристаллизации усадочных раковин в сложных отливках, в форме выполняется дополнительная ёмкость, в которой находится жидкий металл. Эта ёмкость называется *прибылью* (рис. 13, 1). Она соединена с полостью формы и питает отливку жидким расплавом по мере усадки металла в форме. Прибыль устанавливается в том месте формы, где расположен наибольший объём жидкого металла. При необходимости использования прибылей по эмпирическим формулам (в зависимости от размеров питаемого узла) определяется длина и ширина основания прибыли и её высота.

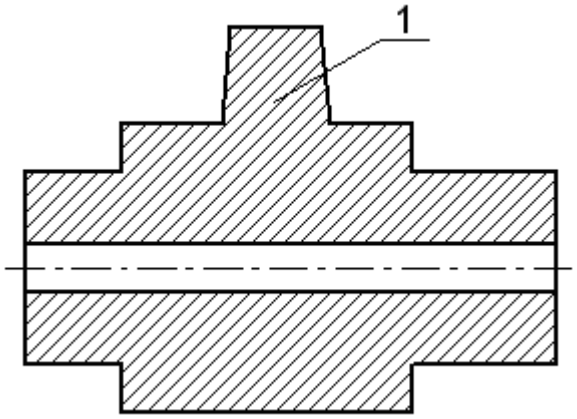


Рис. 13. Прибыль и место её расположения в форме

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с общими положениями конструирования отливок.

2. В соответствии с полученным заданием изобразить эскиз готовой детали (рис. 14, *а*).

3. Выбрать положение отливки в форме при заливке, определить конфигурацию модели и стержня (стержней), задать поверхность разъёма модели и формы с использованием правила параллельных лучей.

4. Изобразить эскиз отливки с учётом припуска на механическую обработку (припуск назначать только на поверхности, связанные размерами), формовочных уклонов и закруглений (рис. 14, *б*).

5. Изобразить эскиз модели, указать поверхность разъёма (РМФ), выделить стержневые знаки (рис. 14, *в*).

6. Изобразить эскиз стержня (стержней), с учётом уклонов стержневых знаков (рис. 14, *г*), продумать конструкцию стержневого ящика.

7. Изобразить вертикальный разрез литейной формы с указанием рабочей полости и литниковой системы (рис. 14, *д*).

Пример выполнения задания приведён на рис. 14.

Примечания:

1. Формовка должна выполняться в двух опоках.

2. Не допускается применение напусков, т. е. назначение дополнительных объёмов металла для упрощения конфигурации деталей.

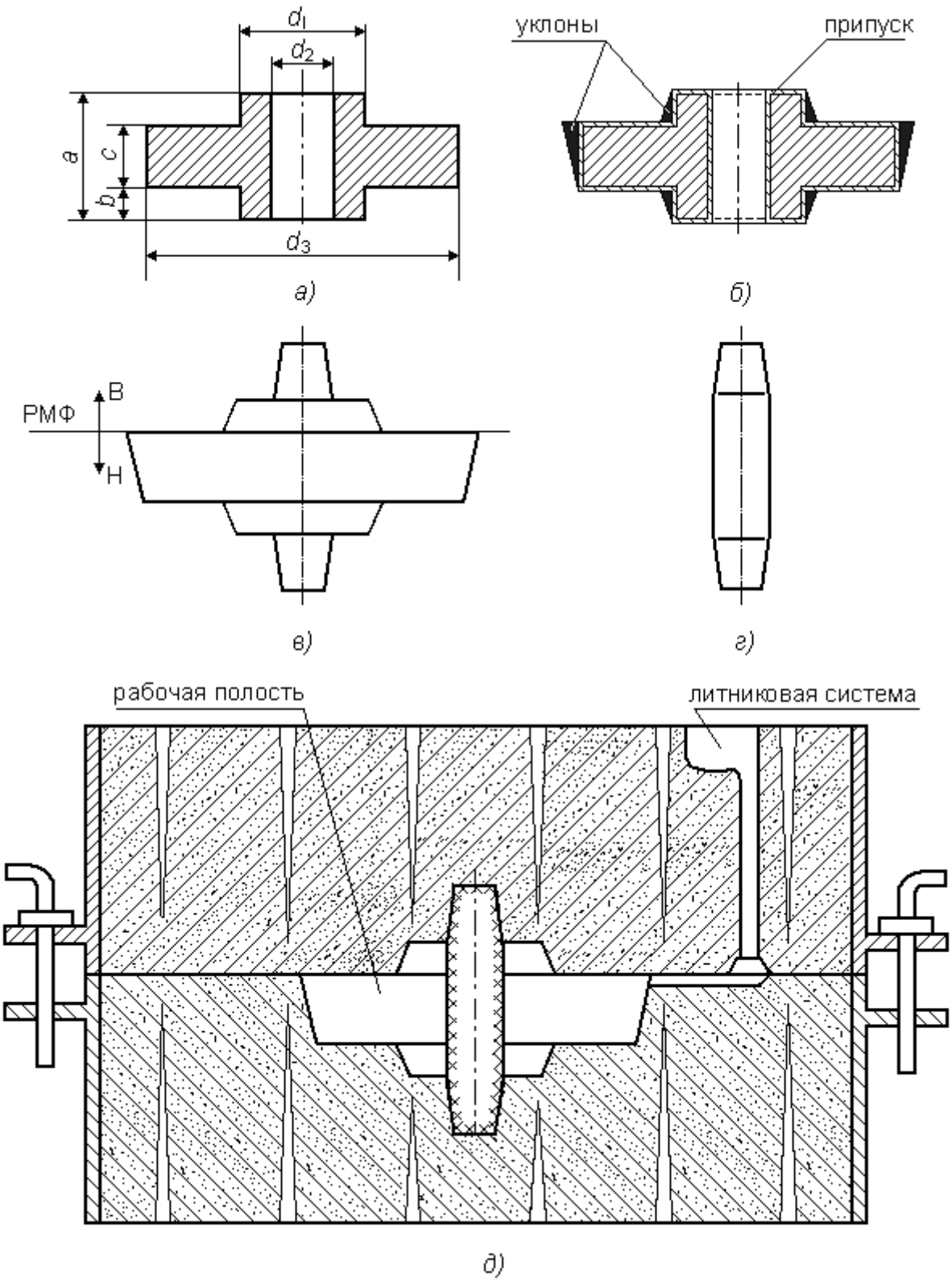


Рис. 14. Пример выполнения задания:
а) эскиз детали; *б)* эскиз отливки; *в)* эскиз модели;
г) эскиз стержня; *д)* вертикальный разрез литейной формы

Содержание отчета

1. Цель работы

2. Основные правила проектирования отливок.

3. Этапы конструирования разовой песчано-глинистой формы в соответствии с индивидуальным заданием.

4. Продольный и поперечный разрезы формы с присоединённой литниковой системой.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите преимущества расположения отливки в форме с наименьшей высотой полости формы.

2. Что такое ликвация?

3. Для чего применяют правило параллельных лучей?

4. Назовите преимущества и недостатки конструкции литой детали, выполненной в соответствии с принципом направленного затвердевания.

5. Какие литые детали выполняются в соответствии с принципом одновременного затвердевания при охлаждении и почему?

6. В чём сущность метода вписанных окружностей?

7. Что такое галтель, и для чего применяют галтели?

8. Почему в форме должно быть как можно меньше стержней?

9. Что такое «болван», и для чего он применяется?

10. Что такое жеребейка, и для чего её применяют?

11. С какой целью задаются формовочные уклоны?

12. Что такое припуск на механическую обработку?

13. Что такое усадка?

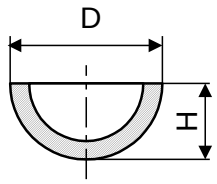
14. Для чего применяются литейные знаки?

15. С какой целью применяется прибыль? Где она устанавливается?

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

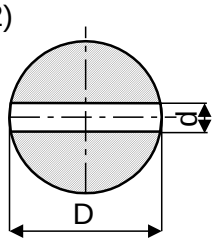
II уровень

1)

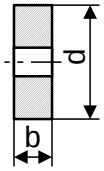


H < D

2)

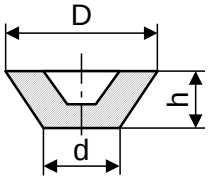


3)



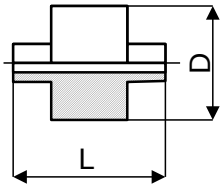
b < d

4)



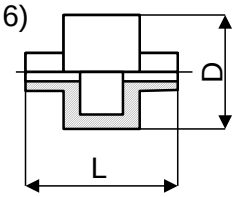
h < d < D

5)



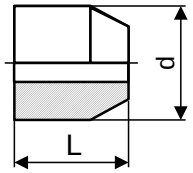
D < L

6)



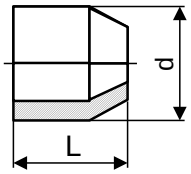
D < L

7)



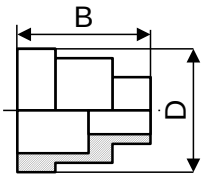
d < L

8)



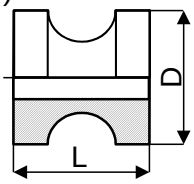
d < L

9)



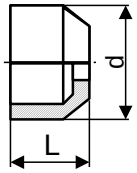
D < B

10)



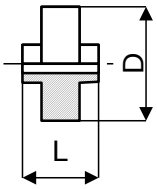
D = L

11)



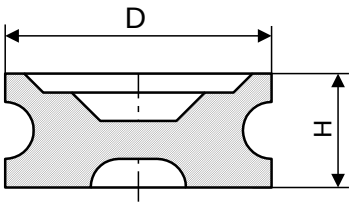
L < d

12)

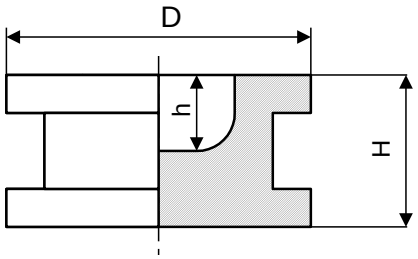


L < D

13)



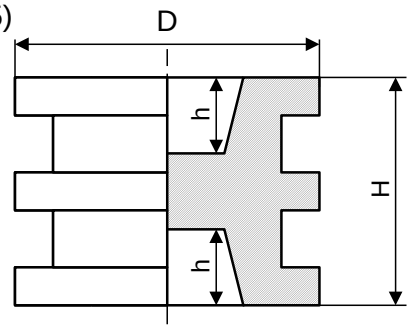
14)



H < D

h = D/2

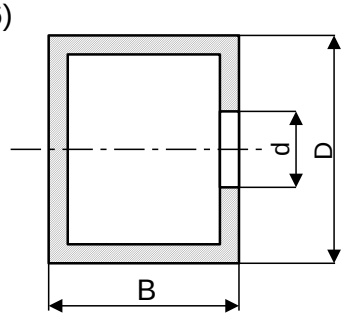
15)



H = D

h = D/3

16)



B < D

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КУЗНЕЧНОЙ КОВКИ

Цель работы

1. Познакомиться с оборудованием и технологическим процессом кузнечной ковки.
2. Изучить основные операции кузнечной ковки.
3. Научиться выбирать оборудование, назначать технологию ковки изделий.

Материалы и оборудование

1. Пневматический молот с весом падающих частей 75 кг.
2. Нагревательная печь с термопарой и потенциометром.
3. Мерительный инструмент (штангенциркуль, линейка).
4. Углеродистая сталь.

Порядок выполнения работы

1. Прочитайте внимательно основные положения по теме работы.
2. Познакомьтесь с оборудованием, инструментом, приспособлениями, применяемыми для свободной ковки. Изучите устройство и принцип работы пневматического молота.
3. Познакомьтесь с основными операциями свободной ковки (осадка, высадка, протяжка), зарисуйте заготовки и полученные поковки. Выполнение операций на молоте производится мастером.
4. Выполните расчетные задания по указанию преподавателя. Дайте пояснения Ваших решений.
5. Соблюдайте технику безопасности. Не трогайте поковки до полного охлаждения и находитесь на безопасном расстоянии от работающего молота.
6. Напишите о выполненной работе качественный отчет.

Основные положения

Кузнечной ковкой называют технологический процесс, при котором металл деформируется с помощью ударов кузнечного молота или нажатия пресса.

Ковку еще называют ***свободной***, потому что заготовка свободно деформируется в горизонтальном направлении под действием вертикальных ударов молота. Это хорошо видно на примере операции протяжки. Ручная ковка применяется для изготовления мелких поковок, главным образом, в ремонтных мастерских (см. рис. 1). При ручной ковке удары наносятся кувалдой (тяжелый молоток весом порядка десяти кг).

Среди преимуществ ковки следует отметить: возможность изготовления поковок различного веса, формы и размеров; отсутствие дорогостоящей

оснастки; использование относительно простого и универсального инструмента.

К недостаткам метода относятся: сравнительно низкая производительность труда, невысокая точность получаемых поковок, большие припуски на последующую механическую обработку, приводящие к потерям металла в стружку.

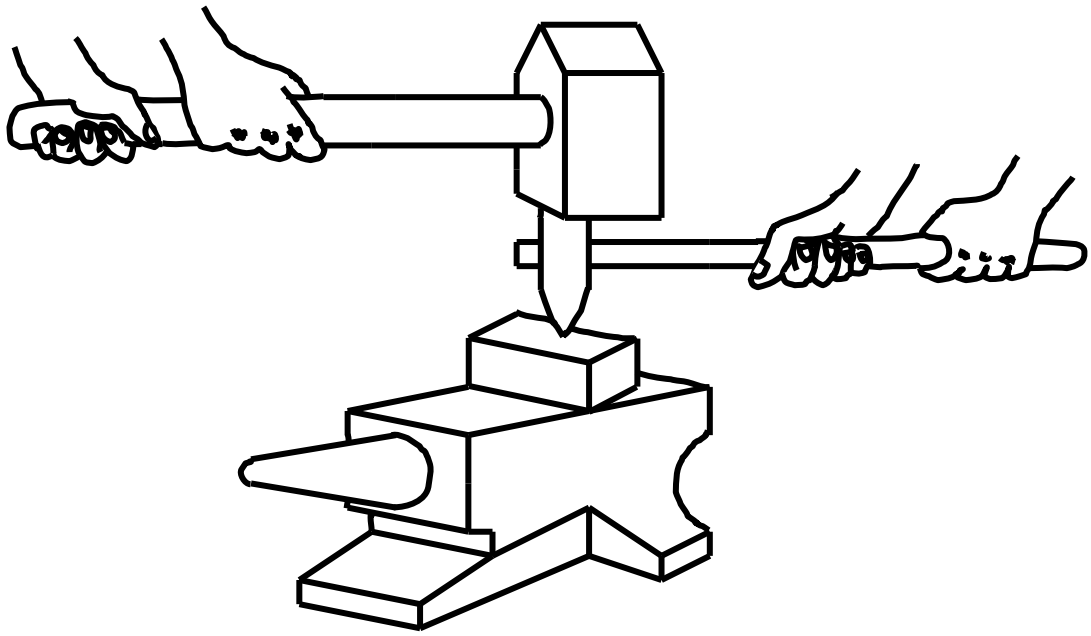


Рис. 1. Ручная ковка

Перед ковкой заготовки подвергаются нагреву с целью повышения пластичности металла и облегчения процесса ковки.

Изменение прочности и пластичности при нагреве некоторых металлов и сплавов даны в табл. 1.

Таблица 1

Марка стали, сплава	Температура обработки, °С				
	200	600	800	1000	1200
Сталь Ст3	42/25	21/–	8/70	5/80	3/88
Сталь 45	64/16	32/25	12/48	5/53	3/64
Сталь У12	68/5	18/1	11/52	4/65	2/92
30ХГСА	64/12	18/–	6/–	3/30	1/60
40Х9С2	75/15	29/–	5/68	4/29	2/72
Медь МЧ	27/40	4/56	1/70	–/77	–
Латунь Л68	33/56	5/34	2/72	–	–
Титановый сплав ВТ3	80/16	60/20	8/100	4/100	–

Примечание: в числителе приведен предел прочности при растяжении в кг/мм^2, в знаменателе – относительное удлинение в %.

Температурный интервал ковки определяется по табл. 2.

Таблица 2

Наименование металла и сплава	Температура, °С	
	начало ковки	окончание ковки
Конструкционные углеродистые стали	1200–1300	800
Инструментальные углеродистые стали	1050–1100	820
Легированные стали:		
низколегированные	1100	820–850
среднелегированные	1100–1150	850–875
высоколегированные	1150–1200	875–900
Алюминий	500	310
Алюминиевые сплавы	470–490	350–400
Медь	900	650
Медные сплавы: бронза	850	700
латунь	750	600
Магниевые сплавы	370–430	300–350

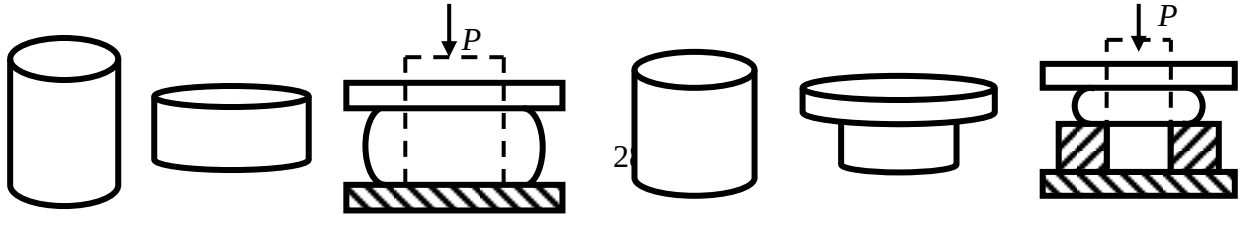
Превышение температуры нагрева металлов при ковке ведет к образованию дефектов, называемых перегревом и пережогом. *Перегрев* – это рост зерна металла сверх допустимого, что ведет к снижению механических свойств. *Пережог* означает окисление границ зерен, такой металл разваливается при ковке.

Ковка при температуре ниже нижнего предела температурного интервала приводит к разрушению металла из-за недостаточной пластичности.

Технологический процесс ковки представляет собой совокупность определенных операций, основными из которых являются:

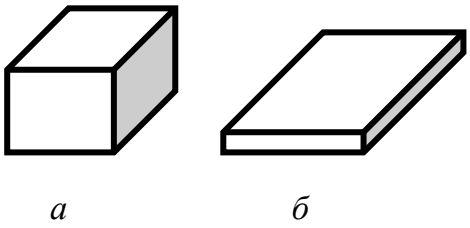
1. ***Осадка*** – операция увеличения площади поперечного сечения заготовки за счет уменьшения высоты (см. рис. 2).
2. ***Высадка*** представляет собой осадку части заготовки (см. рис. 3).
3. ***Протяжка*** – увеличение длины заготовки за счет уменьшения толщины (см. рис. 4).
4. ***Рубка*** – разделение заготовки на части (см. рис. 5).
5. ***Прошивка*** – операция получения отверстия в заготовке (см. рис. 6). Различают глухую прошивку и сквозную (на рис. 6 показана сквозная прошивка).
6. ***Раскатка*** – увеличение диаметра кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины кольца (см. рис. 7).
7. ***Передача*** – смещение одной части заготовки относительно другой (см. рис. 8).

На всех рисунках буквами обозначены: *а* – заготовка; *б* – поковка; *в* – схема операции. Существуют и другие операции ковки.



а *б* *в*

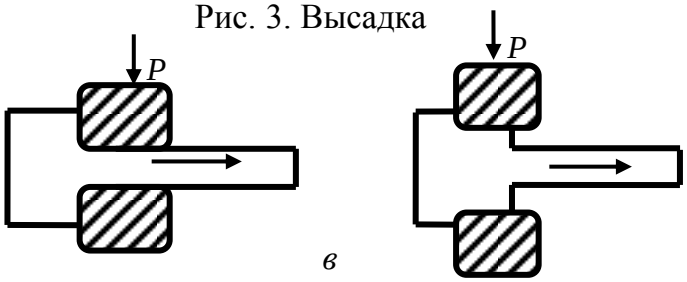
Рис. 2. Осадка



а *б*

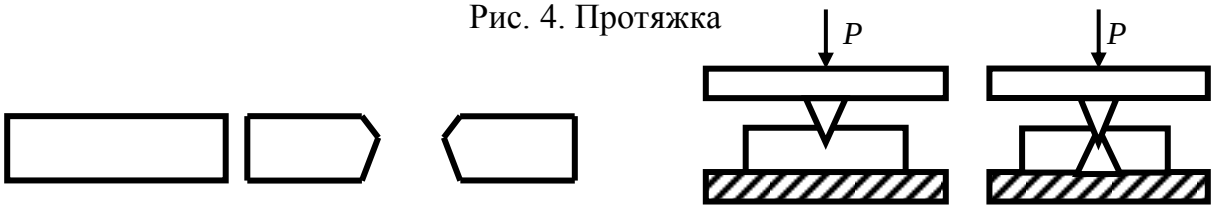
а *б* *в*

Рис. 3. Высадка



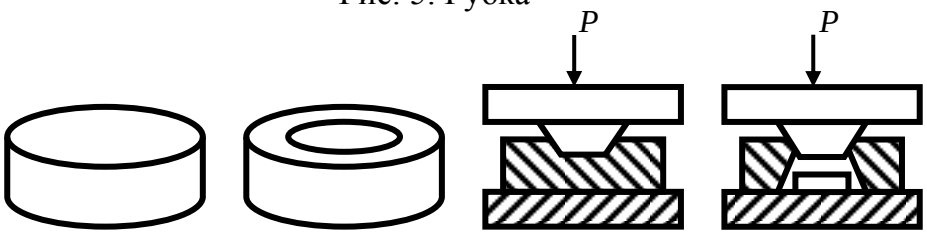
в

Рис. 4. Протяжка



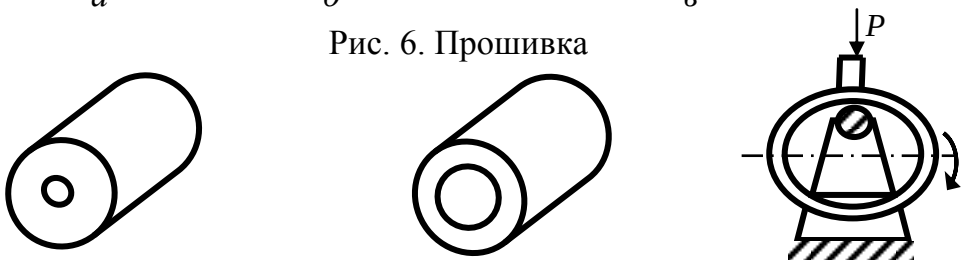
а *б* *в*

Рис. 5. Рубка



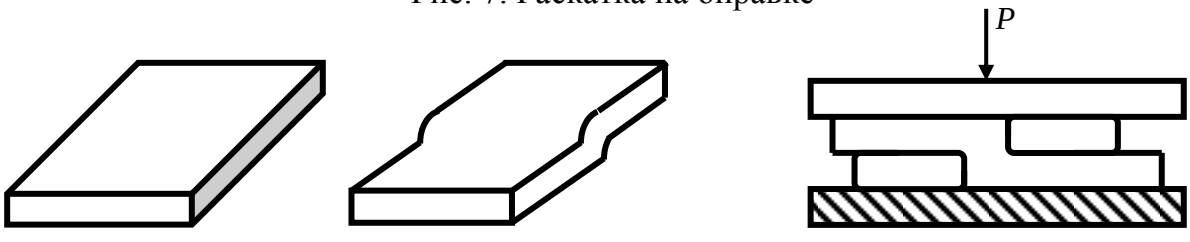
а *б* *в*

Рис. 6. Прошивка



а *б* *в*

Рис. 7. Раскатка на оправке



а *б* *в*

Рис. 8. Передача

Величина деформации при ковке характеризуется коэффициентом уковки $K_у$:

$$K_у = F_{max}/F_{min},$$

где F_{max} и F_{min} – максимальная и минимальная площадь поперечного сечения до и после ковки.

При ковке заготовок из проката чаще всего коэффициент уковки бывает 1,3–1,5, а при ковке слитков $K_У$ = 3–10. Чем больше коэффициент уковки слитков, тем лучше структура металла и выше его механические свойства.

Оборудованием для ковки являются ковочные молоты и прессы. ***Молоты*** – это машины ударного действия, а ***прессы*** – машины с медленным приложением нагрузки.

Мелкие поковки обычно куют на пневматических молотах, крупные – на паровоздушных ковочных молотах, а очень крупные и тяжелые поковки – на гидравлических прессах.

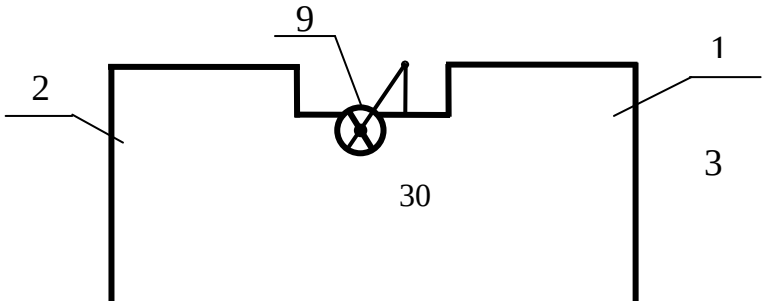
Схема пневматического молота представлена на рис. 9.

Пневматический молот имеет два цилиндра: компрессорный 1 и рабочий 2. Поршень 3 компрессорного цилиндра нагнетает воздух в рабочий цилиндр 2 и приводит в движение рабочий поршень 4, который выполнен за одно целое с массивным штоком 5 и называется бабой молота. Возвратно-поступательное движение поршня компрессорного цилиндра осуществляется кривошипно-шатунным механизмом 6, который получает движение от электромотора 7 через клиновидную ременную передачу 8 или с помощью зубчатых колес.

Оба цилиндра молота соединены воздушными каналами так, чтобы сжатый воздух поступал в рабочий цилиндр попеременно снизу и сверху, заставляя бабу молота двигаться вверх и вниз.

Управление молотом осуществляется воздушными кранами 9. Краны открываются и закрываются с помощью ножной педали 10. Крановое воздухораспределение обеспечивает работу молота единичными или несколькими ударами, автоматически следующими один за другим, либо позволяет прижимать поковку к нижнему бойку. А также позволяет удерживать бабу на весу в верхнем положении при работающем компрессоре.

Верхний боек 11 хвостовиком в форме ласточкиного хвоста и клином прикрепляется к бабе молота, а нижний боек 12 – к подушке 13, устанавливаемой на массивном металлическом основании – шаботе 14. Шабот не связан со станиной молота. Вес шабота должен быть в 15–20 раз больше *веса падающих частей* молота, который является характеристикой мощности молота. Это вес всех деталей молота, перемещающихся в его верхний части (рабочего поршня, бабы и верхнего бойка). Чем больше вес падающих частей, тем выше энергия удара верхнего бойка по заготовке. Пневматические молоты изготавливаются с весом падающих частей от 50 кг до 1000 кг, а паровоздушные – от 1000 кг до 8000 кг. Поэтому паровоздушные молоты применяют для ковки более крупных, массивных поковок.



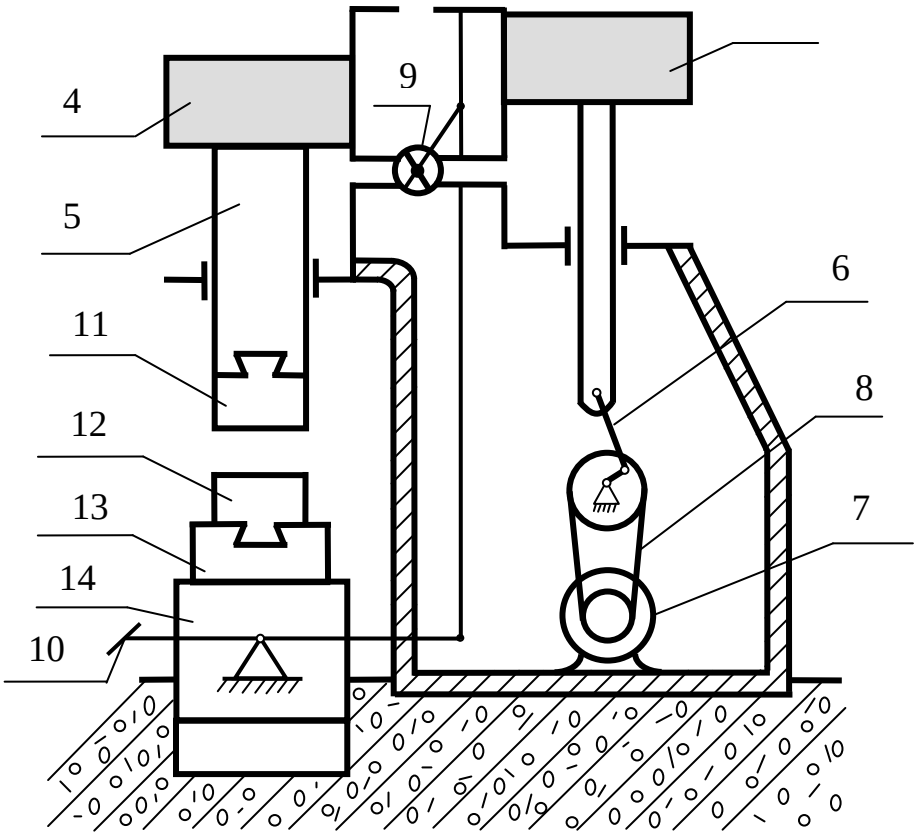


Рис. 9. Пневматический ковочный молот

Гидравлические прессы используют для ковки очень крупных, тяжелых изделий. В этих машинах верхний боек, соединенный с другими подвижными частями пресса, приводится в движение давлением жидкости в главном рабочем цилиндре. В качестве такой жидкости обычно используется минеральное масло под давлением 20–50 МПа. Деформация металла на гидравлическом прессе происходит достаточно медленно (несколько секунд, иногда десятки секунд). Здесь нет ударов. В качестве характеристики мощности пресса берется усилие, развиваемое им и передаваемое заготовке. Для ковки используются гидравлические прессы с усилием от 300 т до 15000 т.

Для сравнения мощности молота и пресса можно принять, что 1 т веса падающих частей молота примерно эквивалента 100 т усилия пресса. На прессах можно ковать массивные, крупные слитки. Так, например, на прессе с усилием 1000 т можно ковать слитки весом до 8 т, на прессе с усилием 15000 т – слитки весом до 350 т.

На практике при выборе мощности оборудования для свободной ковки пользуются специальными справочниками, таблицами, формулами. Так, необходимая мощность молота может быть определена по формуле:

$$G = K \cdot F,$$

где G – вес падающих частей молота в кгс,

F – площадь поперечного сечения заготовки в см^2,

K – коэффициент, равный для углеродистой стали 5, для легированной стали 7, для цветных металлов 3,5.

Необходимое усилие пресса можно найти по формуле:

$$P = F \cdot \sigma_B, \text{ кгс},$$

где σ_B – предел прочности металла при температуре ковки, кгс/см^2,

F – площадь соприкосновения бойка с поковкой в см^2.

При изготовлении поковок свободной ковкой размеры их делаются больше размеров детали по чертежу на величину припусков.

Припуск Z – это увеличение размеров детали для последующей механической обработки на металлорежущих станках с целью получения необходимой точности размеров и качества поверхности детали.

Допуск Δ – это допустимое отклонение от размера поковки, т. е. точность, с которой должна быть изготовлена поковка.

Пояснения припусков и допусков даны на рис 10:

А – размер детали по чертежу;

Б – наименьший допустимый размер поковки: Б = В – Δ/2;

В – номинальный (расчетный) размер поковки: В = А + Z;

Г – наибольший допустимый размер поковки: Г = В + Δ/2.

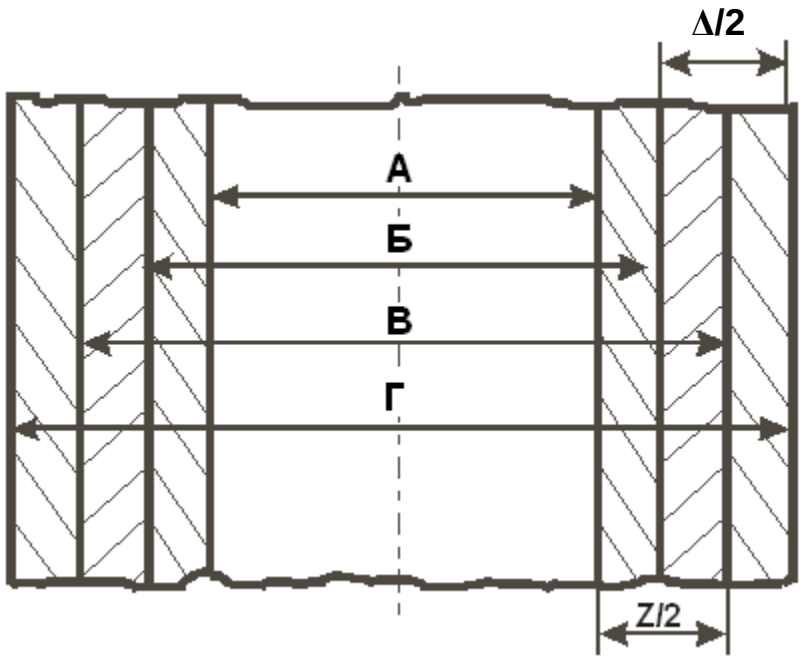


Рис. 10. Припуски и допуски на размер поковки

Величина припусков и допусков зависит от многих факторов. Приближенно припуски (в мм) на механическую обработку могут быть определены по следующим формулам.

1. При ковке на молоте:

а) припуск на диаметр или толщину поковки D

$$Z_1 = 0{,}06 \cdot D + 0{,}0017 \cdot L + 2{,}8;$$

б) припуск на длину поковки L

$$Z_2 = 0{,}08 \cdot \mathrm{D} + 0{,}002 \cdot \mathrm{L} + 10.$$

1. При изготовлении поковок на прессе:

а) припуск на диаметр или толщину поковки D

$$Z_1 = 0{,}06 \cdot D + 0{,}002 \cdot L + 2{,}3;$$

б) припуск на длину поковки L

$$Z_2 = 0{,}05 \cdot D + 0{,}05 \cdot L + 26.$$

2. Допуски (в мм) на размеры поковок можно приближенно определить из выражений:

а) на диаметр или толщину поковки D

$$\Delta_1 = 0{,}028 \cdot D + 0{,}0004 \cdot L + 0{,}5;$$

б) на длину поковки L

$$\Delta_2 = 0{,}03 \cdot D + 0{,}003 \cdot L + 1{,}2.$$

Тогда номинальный диаметр или толщина поковки ($D_П$) определяется как

$$D_П = D + Z_1,$$

а допустимые наибольший и наименьший диаметры выражаются как

$$D_{П\,max} = D_П + \Delta_1/2;$$

$$D_{П\,min} = D_П - \Delta_1/2.$$

Номинальная длина поковки составит: $L_П = L + Z_2$, а допустимые наибольшая и наименьшая длина выразятся как

$$L_{П\,max} = L_П + \Delta_2/2;$$

$$L_{П\,min} = L_П - \Delta_2/2.$$

Допуски устанавливаются на все размеры поковки, в том числе и на те, которые не подвергаются последующей механической обработке.

Задания для индивидуальной работы

1. Определить виды выполненных мастером операций ковки. Произвести необходимые измерения и определить коэффициент уковки при каждой из них.

2. Определить необходимую мощность молота или пресса и виды операций для ковки следующих изделий:

а) из медной заготовки диаметром 100 мм и длиной 120 мм нужно получить поковку квадратного сечения (60×60 мм);

б) слиток из стали У12 сечением 100×100 мм и длиной 1300 мм нужно проковать и получить вал диаметром 80 мм;

в) из заготовки из стали марки Ст3 диаметром 150 мм и высотой 120 мм нужно получить кольцо с наружным диаметром 200 мм и внутренним 80 мм;

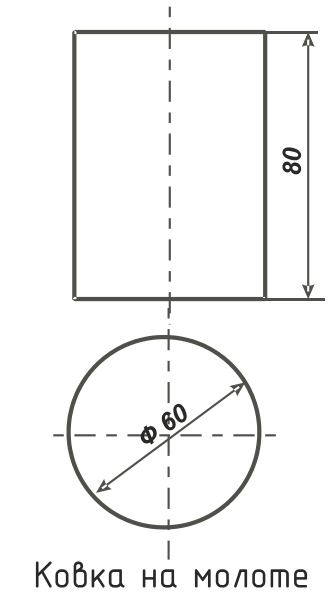
г) латунную заготовку диаметром 30 мм необходимо проковать на шестигранник;

д) заготовку из стали 45 сечением 800×800 мм и длиной 1100 мм нужно проковать и получить вал диаметром 600 мм;

е) слиток из стали 30ХГСА сечением 1200×1200 мм и длиной 2600 мм нужно проковать и получить трехступенчатый вал с диаметрами ступеней 1000, 850 и 680 мм;

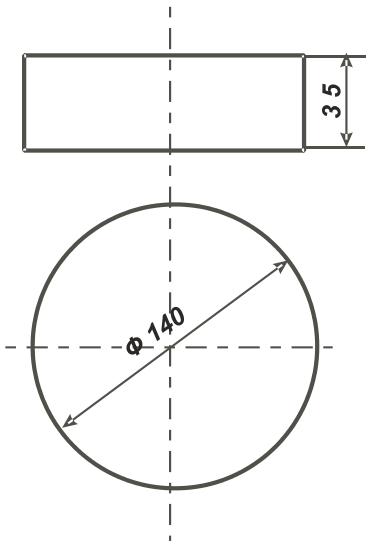
ж) из стали 40Х9С2 получить поковку в виде диска диаметром 82 мм и толщиной 36 мм.

3. Определить припуски и допуски на поковки следующих изделий:



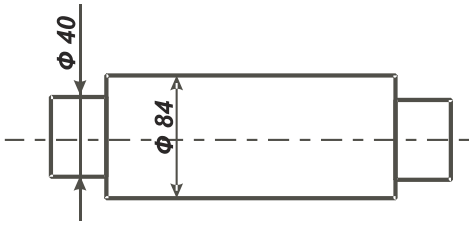
Ковка на молоте

а



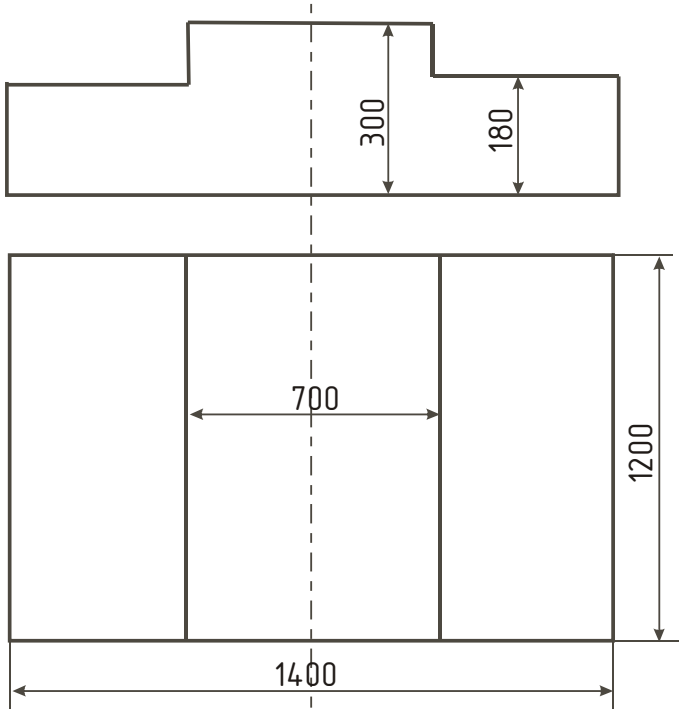
Ковка на прессе

б



Ковка на молоте

в



г

4. Поступил заказ на изготовление изделий (поковок) диаметром 100 мм, высотой 100 мм. На складе прутков такого диаметра не оказалось, в наличии были прутки диаметром 80 мм.

Определите, какой длины заготовку нужно отрезать от прутка, чтобы получить поковку диаметром 100 мм и длиной 100 мм.

Известно, что объем заготовки при обработке давлением остается постоянным:

$$V_{\text{заготовки}} = V_{\text{поковки}}.$$

Объем цилиндра $V = \pi R^2 \cdot h$.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Оборудование и материалы, используемые в работе.
3. Основные положения по технологии и оборудованию кузнечной ковки, определение припусков и допусков на поковки.
4. Расчетные задания с необходимыми зарисовками и пояснениями.
5. Анализ результатов работы.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой технологический процесс называется кузнечной ковкой?
2. В чем преимущества и недостатки свободной ковки?
3. Для чего металл перед ковкой нагревают?
4. Что такое перегрев и пережог металла?
5. Поясните, что собой представляют основные операции ковки.
6. Что такое коэффициент уковки?
7. В чем разница между деформацией на молоте и на прессе?
8. Перечислите основные части пневматического ковочного молота.
9. Как определяется мощность молота и пресса?
10. Что такое припуск и допуск?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ И КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Цель работы

1. Изучить оборудование и основные параметры режима ручной дуговой сварки.
2. Изучить разновидности и оборудование электрической контактной сварки.
3. Освоить элементы практических навыков сварки.

Материалы и оборудование

1. Сварочный пост ручной дуговой сварки.
2. Машины для электрической контактной сварки.
3. Приборы для измерения напряжения и тока.
4. Образцы для сварки и сварочные материалы.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основными сведениями по теме работы.
2. Выполнить экспериментальную часть в соответствии с методическими указаниями.
3. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по результатам работы.

Основные положения

1. Ручная дуговая сварка покрытым плавящимся электродом

Сварка – это процесс получения неразъемных соединений путем установления межатомных связей между поверхностями свариваемых заготовок за счет их плавления и пластической деформации.

В производстве сварных металлоконструкций чаще других способов используется ручная дуговая сварка, что обусловлено следующими ее преимуществами: высокими прочностными свойствами сварных соединений, возможностью применения в труднодоступных местах, простотой и надежностью оборудования, широким выбором типов сварочных электродов и, следовательно, большим диапазоном технологических возможностей.

При ручной сварке дуга горит между заготовкой и электродом, закрепленном в электрододержателе, который держит в руке сварщик. Все операции по зажиганию дуги, перемещению дуги относительно изделия и подаче электрода в зону дуги выполняются вручную.

Сварка основана на использовании тепловой энергии электрической дуги, в столбе которой развивается температура 6000–8000 °С. ***Сварочная дуга*** представляет собой мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка начинается в момент зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. Процесс зажигания дуги обычно включает три этапа:

1) короткое замыкание электрода на заготовку, при этом в точках касания происходит разогрев металла;

2) отвод электрода на расстояние 3–6 мм. На этом этапе под действием электрического поля начинается эмиссия электронов с поверхности разогретых пятен. Столкновение быстро движущихся электронов с молекулами газов и паров металла приводит к ионизации воздушного зазора, дуговой промежуток становится электропроводным;

3) возникновение устойчивого дугового разряда.

2. Оборудование для ручной дуговой сварки

Источник питания сварочной дуги – это устройство, которое позволяет получать необходимый по роду и силе ток. Источники сварочного тока должны иметь специальную *внешнюю характеристику*, т. е. зависимость напряжения на его выходных клеммах от тока в электрической цепи, которая может быть крутопадающей, пологопадающей, жесткой и возрастающей.

Работу любого источника характеризуют три основных его состояния: *режим холостого хода* (сварочная цепь разомкнута, дуга не горит), *режим короткого замыкания* (в сварочной цепи течет ток короткого замыкания) и *режим нагрузки* (дуга горит устойчиво при заданном рабочем токе). Этим состояниям соответствуют определенные точки его внешней характеристики.

Для ручной дуговой сварки используются источники с крутопадающей характеристикой. Для получения такой характеристики используются трансформаторы с повышенным индуктивным сопротивлением X_m, (для обычного силового $X_m \approx 0$). Тогда напряжение на выходе трансформатора (напряжение сварочной дуги $U_д$) будет определяться формулой

$$U_д = \sqrt{U_{xx}^{\ 2} - Y_д^{\ 2} \times X_m^{\ 2}},$$

где U_{xx} – напряжение холостого хода трансформатора (В)

$Y_д$ – ток дуги (сила сварочного тока, А)

X_m – индуктивное сопротивление сварочного трансформатора (Ом).

Увеличение сварочного тока (при уменьшении длины дуги) вызывает снижение напряжения на дуге и наоборот, т. е. электрическая мощность дуги почти не изменяется, и этим обеспечивается стабильное горение сварочной дуги. Максимальная сила тока, соответствующая режиму короткого замыкания на первом этапе зажигания дуги, также ограничена, что предупреждает перегрев проводов и самих источников тока и определяется величиной индуктивного сопротивления трансформатора X_m:

$$Y_{кз} = \frac{U_{xx}}{X_m}.$$

Таким образом, регулирование тока короткого замыкания и сварочного тока в различных конструкциях сварочных трансформаторов выполняется за счет изменения величины его индуктивного сопротивления X_m.

Источник тока должен быть электробезопасным для сварщика (вторичное напряжение источника на холостом ходу ограничено величиной 60–80 В). Следует помнить, что абсолютно безопасным является напряжение 36 В для сухих помещений и 12 В – для сырых. Однако при напряжении ниже 60 В возникают трудности при возбуждении дуги, таким образом, сварочное напряжение не является абсолютно безопасным и при определенных условиях (болезненное состояние, алкогольное опьянение, сырое помещение и т. д.) может привести к смертельному исходу.

Для ручной дуговой сварки в зависимости от рода тока в сварочной цепи используют источники переменного тока – *сварочные трансформаторы* и источники постоянного тока – *сварочные выпрямители* и *генераторы*.

Источники переменного тока более распространены, так как обладают рядом технико-экономических преимуществ: сварочные трансформаторы проще в эксплуатации, значительно долговечнее и обладают более высоким КПД, чем выпрямители и генераторы.

Существуют сварочные трансформаторы двух групп:

1. Трансформаторы с нормальным магнитным рассеиванием. Эти трансформаторы могут быть двух типов. В первом случае дроссель может выполняться отдельно от трансформатора. Во втором – в однокорпусном исполнении.

2. Трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием также разделяются на два типа: с подвижным шунтом или с подвижной обмоткой.

Наиболее широко используются трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием и подвижной первичной обмоткой. Трансформатор (рис. 1) состоит из замкнутого магнитопровода 1, который собирается из пластин электротехнической стали, и двух обмоток. Вторичная обмотка 3 крепится на магнитопроводе неподвижно. Первичная обмотка 4, подключаемая к промышленной сети, может свободно перемещаться вдоль стержней магнитопровода с помощью винтового механизма 2. Первичная и вторичная обмотки разнесены друг относительно друга, что обусловливает повышенное индуктивное сопротивление трансформатора вследствие появления магнитных потоков рассеяния. При работе трансформатора основной магнитный поток Φ_o, создаваемый первичной и вторичной обмотками, замыкается через магнитопровод. Часть магнитного потока замыкается вокруг обмоток через воздушное пространство, образуя потоки рассеяния Φs_1 и Φs_2. С увеличением расстояние между обмотками увеличиваются потоки рассеяния и, следовательно, возрастает индуктивное сопротивление трансформатора.

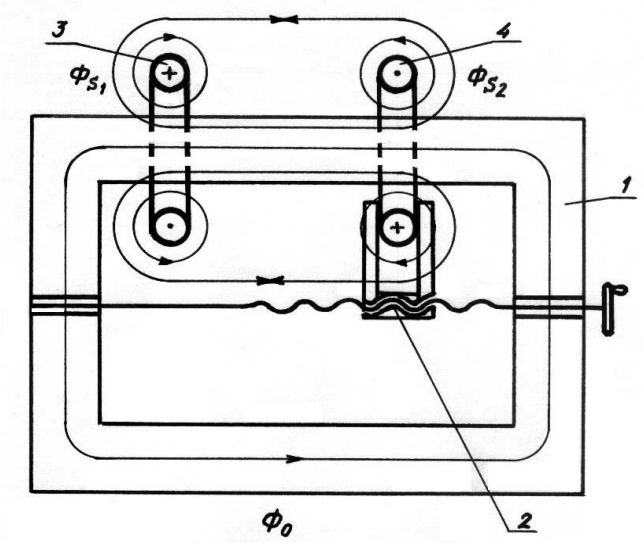


Рис. 1. Схема сварочного трансформатора

Для регулирования сварочного тока изменяют расстояние между обмотками трансформатора. Минимальный сварочный ток соответствует наибольшему расстоянию между обмотками и максимальным потокам рассеяния.

Кроме традиционных источников питания дуги для ручной дуговой сварки все более широко применяются *инверторные источники переменного тока*. При достаточно большой мощности они имеют малые габариты и массу.

Рабочее место сварщика (*сварочный пост*) при небольших габаритах изделий организуют в сварочных кабинах размерами 2,0×2,5×2,0 м. Обязательна вытяжная вентиляция. В кабине устанавливают сварочный трансформатор, предусматривают наличие рубильников, кабелей, электрододержателя, заземления источника питания, корпусов рубильников, сварочных столов. На посту должен находиться комплект приспособлений: зубило, молоток и металлическая щетка для удаления шлака, электрошкаф для прокалки электродов, мерительный инструмент, щитки и маски для предохранения сварщика от брызг металла, частиц шлака искр и излучения. Щиток удерживается в руке, а маска надевается на голову и освобождает руку сварщика. Щиток и маска имеют смотровое окно со светофильтром, который поглощает опасные излучения дуги. Различают ослабляющие светофильтры постоянной плотности (черные стекла), которые имеют оптическую плотность (число, показывающее, во сколько раз снижается яркость свечения дуги) от 3 до 13 в зависимости от марки, а также светофильтры с изменяющейся оптической плотностью. Последние без дуги прозрачны, а при ее зажигании за время менее 0,01 с оптическая плотность фильтров автоматически возрастает до номинальной. Действие таких светофильтров основано на способности жидких кристаллов менять свою оптическую плотность под влиянием внешних воздействий.

Спецодежду для сварщика изготавливают из плотного брезента или сукна, на ней не должно быть открытых карманов. Обувь должна иметь глухой верх, брюки навыпуск. Рукавицы изготавливают из плотного брезента, кожи или асбестовой ткани.

3. Сварочные электроды

Электрод для ручной дуговой сварки (см. рис. 2) представляет собой металлический стержень 1 длиной 300–450 мм, на поверхность которого нанесено покрытие 2. В процессе сварки дуга 6 горит между стержнем электрода и основным металлом. Стержень электрода плавится и вместе с металлом расплав-

ленных кромок свариваемых заготовок образует металлическую ванну 4. Плавится также и покрытие электрода, образуя защитную шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла, что предохраняет его от вредного воздействия атмосферы. Совокупность металлической и шлаковой ванн называют *сварочной ванной*. По мере движения дуги металлическая ванна затвердевает, и формируется сварной шов 5. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку 3.

Стержни электродов изготовлены из сварочной проволоки. Стандартом предусмотрено 77 марок стальной проволоки диаметром 0,2–12 мм, которые делятся на три группы: низкоуглеродистую (Св-08А и др.), легированную (Св-10Х5М и др.) и высоколегированную (Св-06Х19Н10М3Т и др.). В марках проволоки «Св» означает «сварочная», первые две цифры – содержание углерода в сотых долях процента, последующие буквы и цифры – содержание легирующих элементов в соответствии с маркировкой легированных сталей; последняя буква «А» – пониженное содержание серы и фосфора.

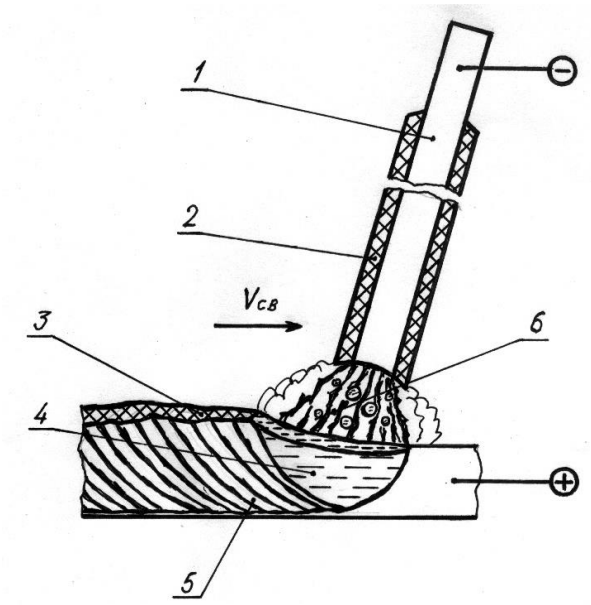


Рис. 2. Схема процесса сварки

Покрытия электродов предназначены для обеспечения стабильного горения дуги, защиты расплавленного металла от воздействия атмосферы и формирования металла шва с заданным составом и свойствами. Равномерное горение дуги достигается за счет введения в покрытие стабилизирующих компонентов – легкоионизирующихся веществ (соединений натрия, калия, кальция в виде мела, мрамора и т. п.). Газовая защита сварочной ванны выполняется введением в покрытия газообразующих веществ: целлюлозы, крахмала и др. Для обеспечения шлаковой защиты в покрытия вводят шлакообразующие элементы – рутиловый концентрат, полевой шпат, марганцевую руду. Для удаления кислорода из сварочной ванны в покрытия вводят раскисляющие компоненты – сплавы железа с активными металлами, например, ферромарганец. Входящий в его состав марганец реагирует с растворенным в ванне кислородом, а также с кислородом оксидов и восстанавливает чистое железо, сам марганец при этом окисляется и уходит в шлак. После застывания шлак образует на поверхности шва твердую стекловидную корку. При удалении шлаковой корки ударами молота следует беречь глаза от разлетающихся стекловидных частичек шлака, закрываясь щитком или маской. В покрытия также вводят легирующие элементы для легирования металла шва. Кроме того, в покрытия добавляют пластификаторы и связующие, придающие покрытию прочность и хорошее сцепление со стержнем.

Различают следующие виды покрытий:

1) ***кислые*** (основные компоненты – MnO и SiO_2), обладают хорошими технологическими свойствами, но при сварке выделяют токсичные соединения марганца, поэтому их применение сокращается;

2) ***рутиловые*** (основной компонент – TiO_2), обладают высокими сварочно-технологическими свойствами;

3) ***основные*** (содержат $CaCO_3$ и $MgCO_3$), технологические свойства ограничены;

4) ***целлюлозные*** (основные компоненты – целлюлоза и другие органические вещества), создают хорошую газовую защиту и образуют малое количество шлака, например электроды ОМА2.

Стандартное условное обозначение электродов содержит основную информацию о сварочных электродах.

4. Режим сварки

Основными параметрами режима ручной дуговой сварки являются диаметр электрода и сила сварочного тока.

Диаметр электрода d выбирается в зависимости от толщины листов свариваемого металла S с помощью табл. 1.

Таблица 1

S, мм	1–2	3–5	6–10	11–15	16–20	21 и более
d, мм	2–3	3–4	4–5	5	5–6	6–8

Сила сварочного тока I определяется по формуле:

$$I = (20 + 6d)\cdot d, \text{ А}.$$

При сварке высоколегированных сталей для уменьшения перегрева металла расчетное значение силы тока уменьшают на 20–30 %.

В производственных условиях для определения силы сварочного тока ориентируются на паспортные данные электродов.

Листы толщиной до 6 мм свариваются встык с одной стороны, а до 12 мм – с двух сторон без разделки кромок. При односторонней сварке листов толщиной более 6 мм выполняется обычно V-образная разделка кромок под углом 60° (рис. 3, а). Если шов можно выполнять с двух сторон, то для толщин свыше 12 мм делают X-образную разделку (рис. 3, б). Существуют и другие виды разделки кромок.

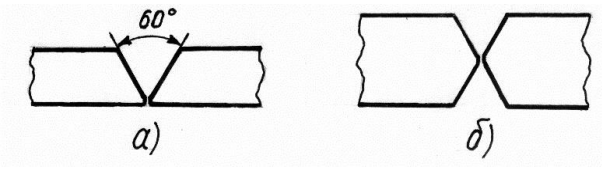


Рис. 3. V-образная (а) и X-образная (б) разделка кромок

При толщине свариваемых листов более 6 мм производится многопроходная сварка, так при стыковой сварке листов толщиной 20 мм выполняется 6–7 проходов.

Ручная сварка удобна при выполнении коротких и криволинейных швов в любых пространственных положениях – нижнем, вертикальном, горизонтальном, потолочном (рис. 4), при наложении швов в труднодоступных местах, а также при монтажных работах и сборке конструкций сложной формы.

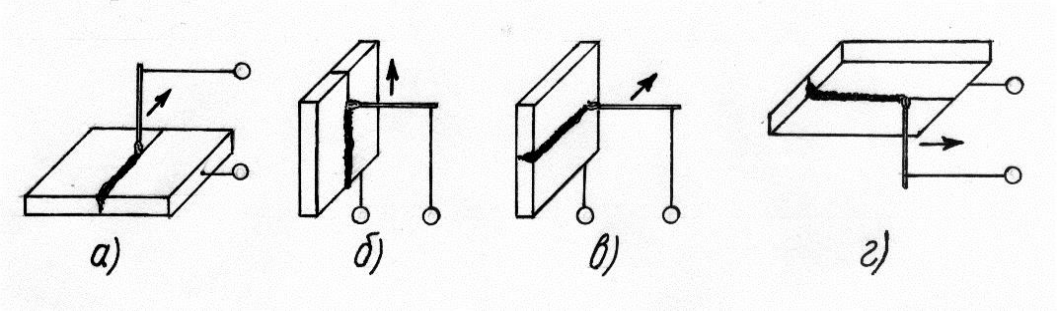


Рис. 4. Возможные пространственные положения при сварке:
а – нижнее; б – вертикальное; в – горизонтальное; г – потолочное

Подводимая к свариваемому изделию теплота характеризуется тепловой мощностью дуги. *Полная тепловая мощность* сварочной дуги

$$Q = K \cdot I \cdot U, \text{ Вт},$$

где I – сила сварочного тока, А,

U – напряжение на дуге, В,

K – коэффициент несинусоидальности напряжения и тока (для переменного тока $K \approx 0{,}84$).

Часть мощности дуги рассеивается, а то количество теплоты, которое вводится в свариваемое изделие, называется *эффективной тепловой мощностью* сварочной дуги:

$$G = r \cdot Q, \text{ Вт},$$

где r – КПД дуги (для ручной дуговой сварки $r \approx 0{,}81$).

Основными *дефектами* сварных соединений являются непровары и несплавления, трещины, раковины и поры.

Качество полученных соединений определяется различными средствами технического контроля: внешним осмотром, неразрушающими и разрушающими методами и др.

5. Электроконтактная сварка

Контактная сварка – это процесс образования неразъемного соединения за счет нагрева металла проходящим через пятно контакта электрическим током и пластической деформации сварного шва сжимающим усилием. Максимальное количество тепла выделяется в месте сварочного контакта из-за незначительной площади вершин микровыступов и наличия пленок загрязнений и оксидов на поверхности. При непрерывном сдавливании заготовок нагретый

металл в местах контакта деформируется, поверхностные оксидные пленки разрушаются и удаляются из зоны контакта. Нагрев продолжается до необходимого пластичного состояния или оплавления материала заготовок.

Параметрами режима контактной сварки являются величина сжимающего усилия P (Н), плотность тока j (А/мм^2) и время протекания тока τ (с).

Основными способами контактной сварки являются стыковая, точечная и шовная сварка.

5.1. Стыковая сварка

При ***стыковой сварке*** изделия свариваются по всей поверхности соприкосновения. Способ применяется, в основном, для соединения заготовок из сортового проката и труб. Свариваемые заготовки закрепляют в зажимах сварочной машины, сдавливают силой P и включают ток (рис. 5). По окончании нагрева ток отключают и одновременно увеличивают сжимающее усилие P, – производят осадку (проковку).

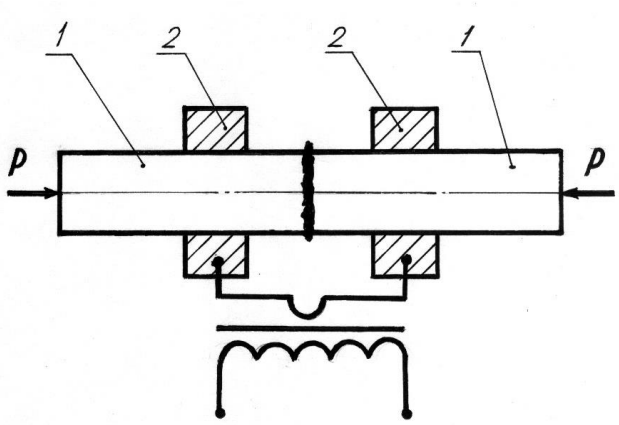


Рис. 5. Схема стыковой контактной сварки:
1 – заготовка; 2 – зажим

Стыковую сварку с разогревом стыка до пластического состояния называют *сваркой сопротивлением*, а при разогреве до оплавления – *сваркой оплавлением*.

Циклограммой сварки называют совместное графическое изображение силы тока и величины давления в процессе сварки. Циклограммы различных способов сварки похожи, время прохождения сварочного тока обычно существенно меньше времени приложения сжимающего усилия P (рис. 6).

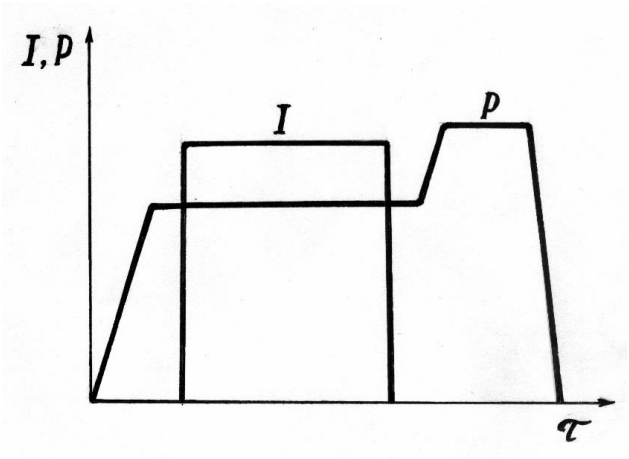


Рис. 6. Циклограмма контактной стыковой сварки сопротивлением

Перед стыковой сваркой сопротивлением заготовки очищают различными методами, и торцы их плотно подгоняют друг к другу. Сварка оплавлением не требует особой подготовки места соединения, так как в процессе оплавления выравниваются все неровности стыка, а загрязнения удаляются. Стыковой сваркой соединяют заготовки из сталей, медных, алюминиевых и других сплавов при изготовлении концевого режущего инструмента, железобетонной арматуры, длинномерных трубчатых изделий, железнодорожных путей и т. д.

5.2. Точечная сварка

Точечной сваркой называется способ контактной сварки, при котором заготовки соединяются на отдельных ограниченных участках соприкосновения – точках. Листовые заготовки толщиной 0,2–6 мм сжимают между электродами сварочной машины (см. рис. 7) и включают ток. Нагрев продолжают до расплавления внутренних контактирующих слоев. После этого ток выключают, давление несколько увеличивают, а затем снимают. В результате образуется литая сварная точка. Кристаллизация точки протекает под давлением, это позволяет избежать образования усадочных раковин. Перед сваркой место соединения очищают от загрязнений и оксидных пленок. Параметры режима сварки (силу тока, время и давление) подбирают по справочным таблицам, а затем корректируют опытным путем. Точечную сварку применяют для изготовления изделий из сталей, алюминиевых сплавов в различных отраслях промышленности. Незаменима точечная сварка в автомобилестроении при изготовлении кузовов, кабин, дверей.

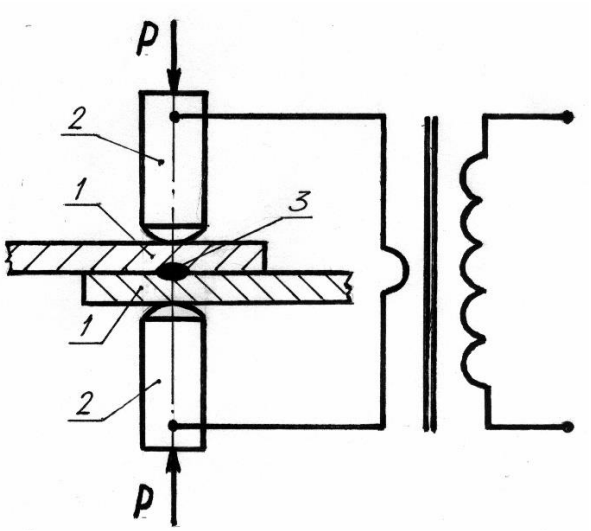


Рис. 7. Схема контактной точечной сварки:
1 – заготовка; 2 – электрод; 3 – сварная точка

5.3. Шовная сварка

Шовной сваркой называется разновидность контактной сварки, при которой подвод тока от источника питания к свариваемым заготовкам осуществляется при помощи двух вращающихся дисковых электродов – роликов (рис. 8). Листовые заготовки собирают внахлест, зажимают между электродами и пропускают ток. При движении роликов по заготовкам образуются перекрывающие друг друга сварные точки, в результате чего получается сплошной герметичный шов. Шовная контактная сварка – высокопроизводительный процесс, ее скорость может достигать 10 м/мин, она широко применяется для соединения сталей, алюминиевых, магниевых и титановых сплавов; толщина листов – от 0,3 до 4,0 мм. Особенно

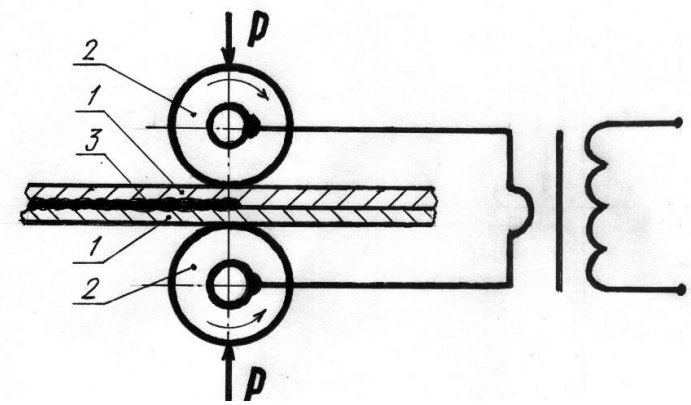


Рис. 8. Схема контактной точечной сварки:
1 – заготовка; 2 – электрод-ролик; 3 – сварной шов

эффективно применение шовной сварки в массовом производстве при изготовлении емкостей для жидкостей и газов. Широко применяется шовно-стыковая сварка труб с прямым продольным сварным швом.

5.4. Сварка аккумулированной энергией

Недостатком контактной сварки является кратковременное импульсное потребление значительной мощности в момент сварки, что создает существенную нагрузку для питающей электрической сети. Сварка предварительно накопленной энергией позволяет создать более благоприятные условия нагружения для сети.

Существует четыре разновидности ***сварки аккумулированной энергией***:

1) *конденсаторная* – энергия накапливается в батарее конденсаторов;

2) *электромагнитная* – энергия запасается в магнитном поле специального сварочного трансформатора;

3) *инерционная* – энергия запасается во вращающихся частях генератора;

4) *аккумуляторная* – энергия накапливается в аккумуляторной батарее.

Наиболее широко применяется конденсаторная сварка, она используется в производстве электроизмерительных и авиационных приборов, часовых механизмов, фотоаппаратов, элементов полупроводников и электронных схем.

Основными *дефектами* соединений при стыковой сварке являются непровары, а также чрезмерный рост зерна и обезуглероживание сталей из-за перегрева. Основной показатель качества точечной и шовной сварки – размеры ядра сварной точки и литой зоны шва.

Качество контактной сварки контролируют внешним осмотром, методами неразрушающего контроля, а непровар – разрушением образцов в тисках молотком и зубилом.

Методические указания по выполнению работы

1. Под руководством учебного мастера зажечь дугу и выполнить ручную дуговую сварку образцов.

2. Определить значения напряжения и силы тока в сварочной цепи при работе трансформатора в режиме холостого хода, при устойчивом горении дуги и при коротком замыкании, результаты внести в табл. 2.

Таблица 2

Режим работы трансформатора	*U*, В	*I*, А
1. Холостой ход		
2. Устойчивое горение дуги		
3. Короткое замыкание		

3. По данным табл. 2 построить внешнюю вольт-амперную характеристику сварочного трансформатора.

4. Определить полную тепловую мощность и эффективную тепловую мощность сварочной дуги.

5. Под наблюдением учебного мастера произвести точечную сварку пластин и стыковую сварку прутков. Определить качество сварки внешним осмотром.

6. Сделать выводы по работе.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Краткие сведения о ручной дуговой и электроконтактной сварке.
3. Внешняя характеристика источника сварочного тока.
4. Выводы по работе.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем обусловлено широкое применение ручной дуговой сварки?
2. Какую дугу называют сварочной?
3. Как зажигают сварочную дугу?
4. Можно ли зажечь сварочную дугу, не касаясь электродом заготовки?
5. Почему источник сварочного тока с крутопадающей характеристикой обеспечивает устойчивое горение дуги?
6. Как обеспечивается крутопадающая характеристика сварочного трансформатора?
7. Как выполняют плавное регулирование сварочного тока трансформатора?
8. Как устроен сварочный пост ручной дуговой сварки?
9. Что такое оптическая плотность ослабляющего светофильтра?
10. На какие группы делят сварочные стальные проволоки и как их маркируют?
11. Для чего предназначены электродные покрытия и какие компоненты входят в их состав?
12. Что понимается под режимом ручной дуговой сварки?
13. Как обозначают сварочные электроды?
14. В каких пространственных положениях выполняется ручная дуговая сварка?
15. В какой последовательности выполняется стыковая сварка?
16. Что такое циклограмма контактной сварки?
17. Какие изделия производят с использованием точечной сварки?
18. Какие изделия производят с использованием шовной сварки?
19. Какие существуют разновидности сварки аккумулированной энергией?
20. Для каких изделий применяется контактная стыковая сварка?
21. Каковы основные дефекты контактной сварки?

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ДОПУСКИ и ПОСАДКИ

Методическое пособие для студентов специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования»

Автор: Новикова Н.А.ст.преподаватель

2017

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Допуски и посадки» является одной из важнейших дисциплин, так как неразрывно связана с главной задачей современного машиностроения – обеспечение высокого качества выпускаемой продукции. Качество изделий машиностроения, как и любого другого вида продукции, является физической категорией, зависящей от множества конструкторских, технологических и организационно-технологических факторов, проявляющихся на этапах жизненного цикла изделия. Установлено, что до 90% эксплуатационных свойств деталей изделий машиностроения может быть достигнуто за счет соответствующего нормирования точностей геометрических параметров элементов деталей и их поверхностей. К таким эксплуатационным свойствам следует отнести взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц, износостойкость трущихся поверхностей, долговечность, герметичность и прочность соединений и др.

Знания , умения и навыки, полученные в результате изучения дисциплины «Допуски и посадки» помогут студентам пользоваться государственными стандартами при нормировании точности геометрических параметров гладких цилиндрических и типовых деталей и сборочных единиц, обозначать их на рабочих чертежах.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Взаимозаменяемость – свойство независимо изготовленных деталей и сборочных единиц занимать свое место в изделии без дополнительной механической или ручной обработки при сборке, обеспечивая при этом нормальную работу собираемых узлов, механизмов, машин. Взаимозаменяемость не обеспечивается только точностью геометрических параметров, Взаимозаменяемыми должны быть форма, механические, электрические и другие количественные и качественные характеристики деталей и сборочных единиц. Такая взаимозаменяемость называется полной. Полную взаимозаменяемость экономически целесообразно применять для деталей, изготовленных с допусками не точнее 6-го квалитета.

При полной взаимозаменяемости:

- упрощается процесс сборки – он сводится к простому соединению деталей рабочими преимущественно невысокой квалификации;

- появляется возможность точно нормировать процесс сборки во времени, устанавливать необходимый темп работы и применять поточный метод;

- создаются условия для автоматизации процессов изготовления и сборки изделий;

-упрощается и удешевляется ремонт изделий, гак как любая изношенная или поломанная деталь или сборочная единица может

быть заменена новой (запасной).

Иногда для удовлетворения эксплуатационных требований необходимо изготовлять детали и сборочные единицы с малыми экономически неприемлемыми или технологически трудно выполнимыми допусками. В этих случаях для получения требуемой точности сборки применяют групповой подбор деталей (селективную сборку), компенсаторы, регулирование положения некоторых частей машин и приборов, пригонку и другие дополнительные технологические мероприятия при обязательном выполнении требовании к качеству сборочных единиц и изде ий. Такую взаимозаменяемость называют неполной (ограниченной). Ее можно осуществлять не по всем, а только по отдельным геометрическим или другим параметрам.

Внешняя взаимозаменяемость — это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий (монтируемых в другие более сложные изделия) и сборочных единиц по эксплуатационным показателям, а также по размерам и форме присоединительных поверхностей. Например, в электродвигателях внешнюю взаимозаменяемость обеспечивают по частоте вращения вала и мощности, а также по размерам присоединительных поверхностей; в подшипниках качения — по наружному диаметру наружного кольца и внутреннему диаметру внутреннего кольца.

Внутренняя взаимозаменяемость распространяется на детали, сборочные единицы и механизмы, входящие в изделие. Например, в подшипнике качения внутреннюю групповую взаимозаменяемость имеют тела качения и кольца.

2. ПОНЯТИЯ О РАЗМЕРАХ, ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

Под размером понимают числовое значение линейной или угловой величины в выбранных единицах измерения. Различают номинальный, действительный и предельные размеры.

Номинальный размер — это размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений. Номинальный размер, общий для отверстия и вала, образующих соединение, называется номинальным размером соединения. Это основной размер, полученный на основе кинематических, динамических и прочностных расчетов или выбранный из конструктивных, технологических, эксплуатационных, эстетических и других соображений и указанный на чертеже. Полученный, таким образом номинальный размер должен быть округлен до ближайшего стандартного из ряда нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69 «Нормальные линейные размеры».

Действительный — это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью. Величина допускаемой погрешности измерения, по которой выбирается необходимое средство измерения, регламентируется ГОСТ 8.051-81 в зависимости от точности изготовления, заданной на чертеже.

Предельные размеры — это два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Больший из двух предельных размеров

называется *наибольшим предельным размером,* а меньший- *наименьшим предельным размером.*

Принято обозначать номинальный, действительный и предельные размеры для отверстий - D, D_r, D_{max}, D_{min};

для валов – d, d_r, d_{max}, d_{min}..

При выходе действительного размера за предельные – деталь считается бракованной.

Условие годности для отверстий: $D_{min} \le D_r \le D_{max}$;

для валов $d_{min} \le d_r \le d_{max}$.

Для упрощения простановки размеров на чертежах вместо предельных размеров проставляют предельные отклонения. Предельные отклонения подразделяют на верхнее и нижнее.

Верхнее — это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами, *нижнее отклонение* — это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

В ГОСТ 25346-89 приняты условные обозначения: верхнее отклонение отверстия —*ES*, вала — *es*, нижнее отклонение отверстия — *El*, вала — *ei*.

Согласно определениям:

Для отверстий

$$ES = D_{max} - D; \qquad El = D_{min} - D;$$

Для валов

$$es = d_{max.} - d\ ; \qquad ei = d_{min} - d\ ;$$

Предельные отклонения могут иметь положительные и отрицательные значения, или одно из них может быть равным нулю.

Допуск размера — это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями. Допуск обозначается IT или T_D – допуск отверстия и T_d – допуск вала.

Согласно определениям:

Допуск отверстия

$$T_D = D_{max} - D_{min}\ ;$$

Допуск вала

$$T_d = d_{max} - d_{min}\ .$$

Допуск размера всегда положительная величина.

Поле допуска - это поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Для графического изображения полей допусков, позволяющего понять соотношения номинального и предельных размеров, предельных отклонений и допуска, введено понятие нулевой линии.

Нулевая линия — это линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются предельные отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. При горизонтальном расположении нулевой линии положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные — вниз (рис. 2.1 и 2.2).

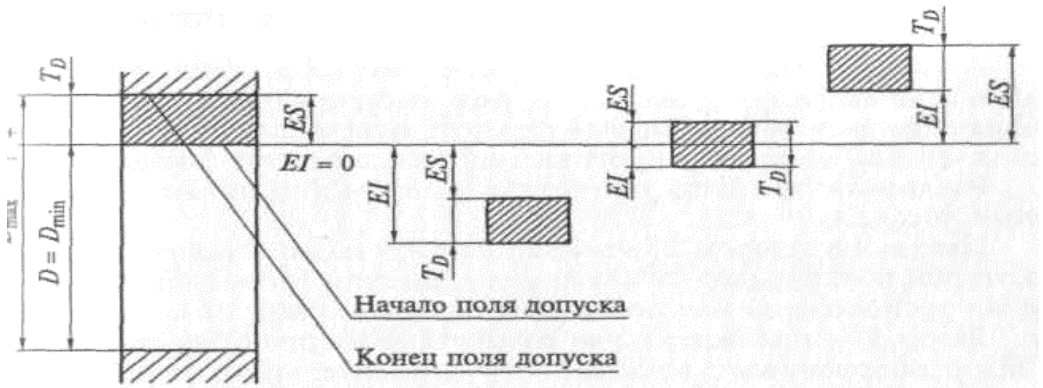


Рис. 1.4. Схема расположения полей допусков отверстий

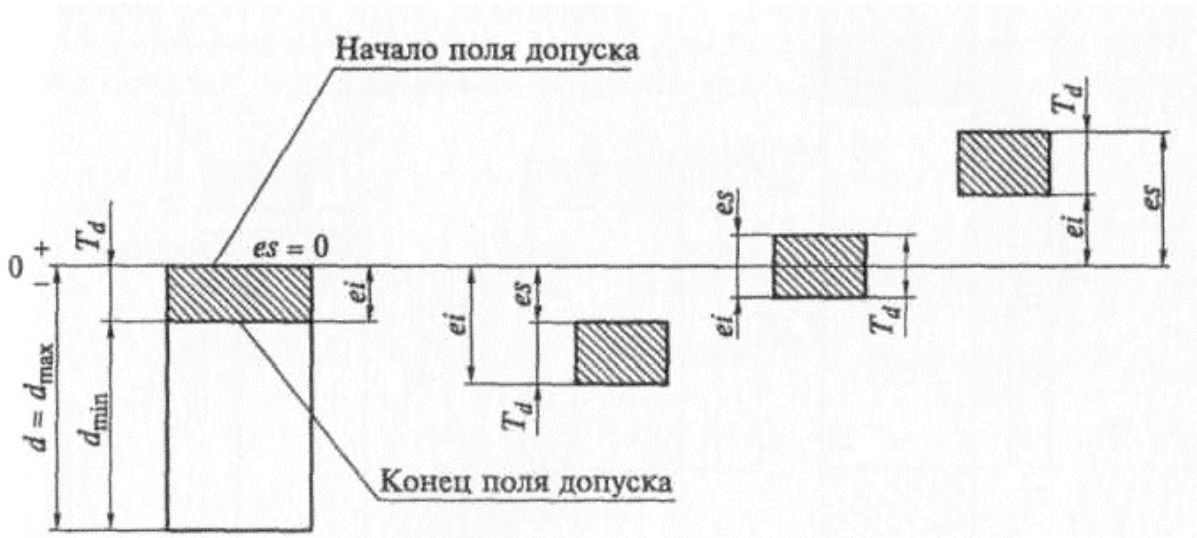


Рис. 1.5. Схема расположения полей допусков валов

В машинах и механизмах детали не находятся обособленно друг от друга, они собираются в определенные узлы, комплекты, группы. Поверхности деталей, по которым происходит сопряжение одной детали с другой называют сопрягаемыми поверхностями.

Остальные поверхности называются свободными. Поверхности могут быть как цилиндрическими (ось вагона, подшипник скольжения), так и плоскими (шпонка, шпоночный паз). В терминологии по допускам и посадкам: *вал* - все охватываемые наружные поверхности, о*тверстие* - внутренние охватывающие поверхности.

Посадкой – называется характер соединения деталей, определяемый разностью действительных размеров вала и отверстия. Различают три вида посадок: с зазором, с натягом и переходные посадки.

Посадкой с зазором называют такое соединение, у которого действительный размер отверстия больше действительного размера вала. Поле допуска отверстия располагается над полем допуска вала. (рис. 2.3). Основными характеристиками посадки с зазором являются:

Наименьший зазор $S_{min} = D_{min} - d_{max}$;

наибольший зазор $S_{max} = D_{max} - d_{min}$;

средний зазор $S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$;

действительный зазор $S_д = D_д - d_d$;

допуск зазора (допуск посадки с зазором) $T_s = S_{max} - S_{min} = T_D + T_d$

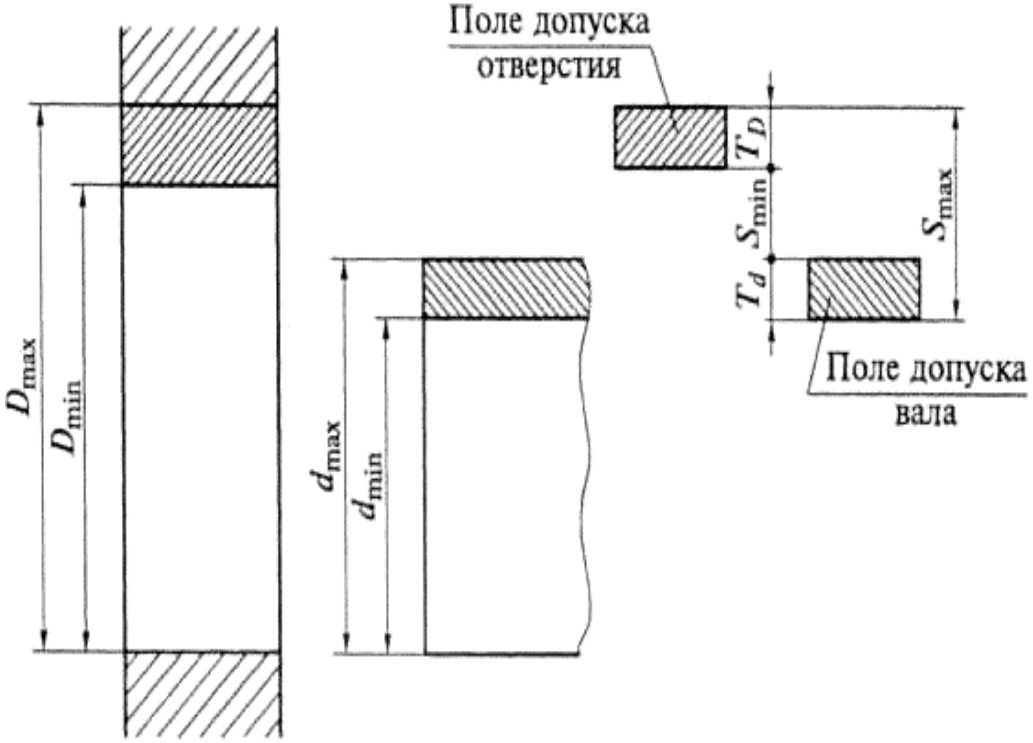


Рис.2.3 Схемы расположения полей допусков при посадках с зазором

посадкой с натягом называется посадка, у которой при любых условиях сборки, действительный размер вала больше действительного размера отверстия (поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия) (рис. 2.4). Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки. Основными характеристиками посадки с натягом являются:

наименьший натяг $N_{min} = d_{min} - D_{max}$;

наибольший натяг $N_{max} = d_{max} - D_{min}$;

средний натяг $N_m = \frac{N_{max} + N_{min}}{2}$;

действительный натяг $N_д = d_d - D_д$

допуск натяга (допуск посадки с натягом) $T_N = N_{max} - N_{min} = T_D + T_d$.

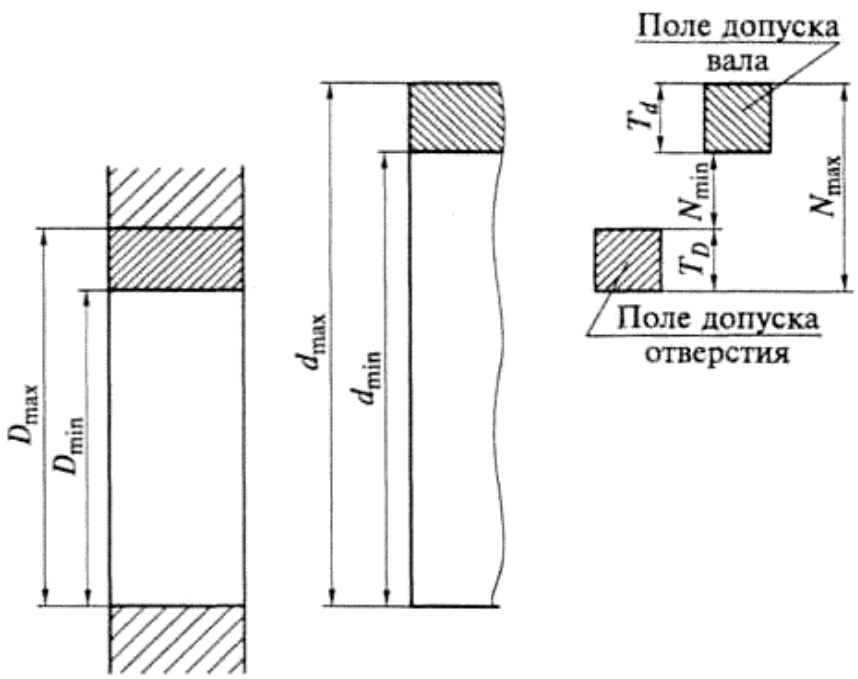


Рис.2.4 Схемы расположения полей допусков при посадках с натягом

Переходной посадкой называется посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью) (рис.2.5). Переходные посадки используются для неподвижных соединений, когда при эксплуатация необходима частая разборка и сборка, а также когда к центрированию деталей предъявляются повышенные требования.

Основными характеристиками переходных посадок являются:

наибольший натяг $N_{max} = d_{max} - D_{min}$;

наибольший зазор $S_{max} = D_{max} - d_{min}$;

действительный натяг $N_д = d_d - D_д$

действительный зазор $S_д = D_д - d_d$;

допуск посадки $T_{N(S)} = N_{max} + S_{max} = T_D + T_d$.

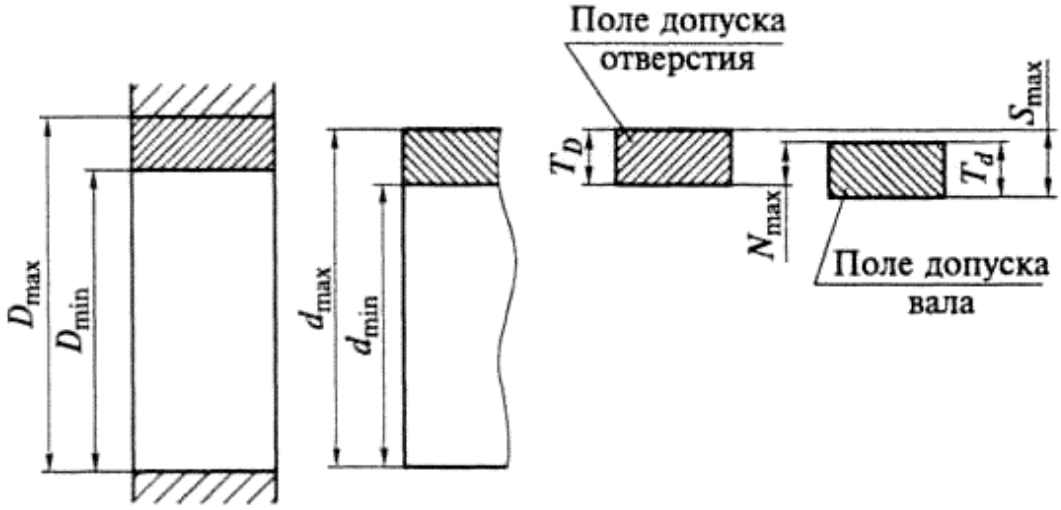


Рис.2.5 Схемы расположения полей допусков при переходных посадках

3. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

Системой допусков и посадок называют совокупность допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин. Единая система допусков и посадок (ЕСДП) гладких соединений изложена в стандартах: ГОСТ 25346-89; ГОСТ 25347-82; Согласно стандартам в ЕСДП установлены допуски и посадки для размеров до 1 мм;

свыше 1 мм до 500 мм; свыше 500 мм до 3150 мм. Детали, размеры которых входят в каждый из этих диапазонов, имеют свои особенности при проектировании, обработке и контроле. Так, размеры диапазона свыше 0 до 1 мм наиболее часто реализуются в микроэлектронике с использованием нанотехнологий, размеры свыше 1 до 500 мм – в машиностроении, а размеры свыше 500 мм – в станкостроении, тяжелом машиностроении. Рассмотрим построение системы допусков и посадок для размеров от 1 до 500 мм.

3.1 Закономерности построения допусков

Основная закономерность построения допусков размеров *IT*, имеет вид

$$IT\ (T) = a\ i \qquad (1.1)$$

Где a – число единиц допуска; i- единица допуска, мкм

Единица допуска функционально связана с номинальным размером и является масштабом для измерения допуска в закономерности (1.1).

На основании исследований точности механической обработки установлены следующие зависимости единиц допуска для размеров до 500 мм

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D, \qquad (1{,}2)$$

где i — единица допуска, мкм; D — среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала размеров, мм.

Каждый диапазон размеров разбивается на *интервалы* — основные и промежуточные. В пределах каждого интервала

основные отклонения и допуски неизменны. Основные интервалы используются для определения всех допусков системы. В СДП для номинальных размеров от 1 до 500 мм предусмотрено 13 основных интервалов размеров. Для полей допусков, образующих посадки с большими величинами зазоров или натягов, введены дополнительные промежуточные интервалы, что позволяет уменьшить колебание зазоров и натягов и

Интервалы подразделяются на основные и промежуточные.

диапазон размеров до 500 мм разбит на 13 основных интервалов:

свыше1 до З мм;	свыше 30 до 50 мм;	свыше 250 до 315 мм;
свыше З до б мм;	свыше 50 до 80 мм;	свыше 315 до 400 мм;
свыше б до10 мм;	свыше 80 до 120 мм;	свыше 400 до 500мм.
свыше 10 до 18 мм;	свыше 120 до 180 мм;	
свыше 18 до 30 мм;	свыше 180 до 250 мм;	

Промежуточные интервалы введены для номинальных размеров свыше 10 мм и делят каждый основной интервал на две, а в некоторых случаях – на три части. В пределах каждого интервала по зависимости (1.2.) установлена единица допуска

Детали разного назначения в различных машинах и механизмах должны быть изготовлены с различной точностью. Нормирование требуемых уровней точности осуществляется с помощью квалитетов. Под ***квалитетом*** понимается совокупность допусков, изменяющихся в зависимости от номинального размера так, что уровень точности для всех номинальных размеров остается одинаковым. Допуск, характери-

зующий точность, в пределах одного квалитета зависит только от номинального размера, входящего в единицу допуска *i*.

В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов, которые обозначаются арабскими цифрами (01; 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; …;18). С увеличением номера квалитета точность понижается (допуск увеличивается).

Самые точные квалитеты (01, 0, 1, 2, 3, 4), как правило, применяются при изготовлении образцовых мер и калибров.

Квалитеты с 5-го по 12-й, как правило, применяются для сопрягаемых элементов деталей при образовании посадок.

Квалитеты с 12-го по 18-й применяют для несопрягаемых элементов деталей.

Допуск по квалитету обозначается буквами *IT* с указанием номера квалитета, например *IT*8 - допуск по 8 квалитету.

Квалитеты отличаются друг от друга коэффициентом точности *a* (количеством единиц допуска) В табл. 1 приведено количество единиц допуска для каждого квалитета, начиная с 5 по 18.

Таблица 1

Число единиц допуска

квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
«*a*»	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

3.2 системы допусков и посадок

Стандарты предусматривают две равноправные системы посадок: систему отверстия и систему вала.

Система отверстия – система допусков и посадок, при которой для данного номинального размера и данного квалитета предельные отклонения отверстия остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала (рис.3.1). В системе отверстия основной деталью является *основное отверстие*, которого нижнее отклонение El=0, а верхнее $ES = + T_D$.

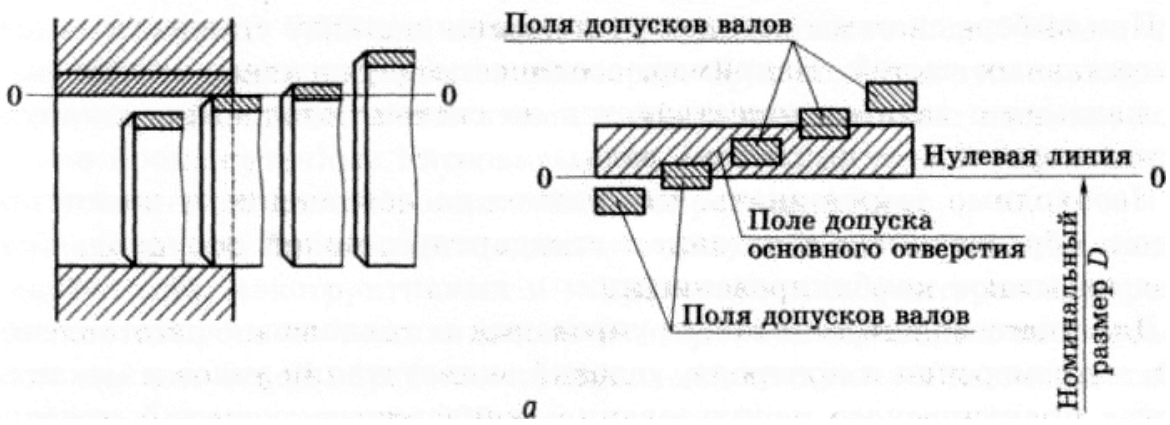


Рис.3.1 Посадки в системе отверстия

Система вала – система допусков и посадок, при которой для данного номинального размера и данного квалитета предельные отклонения вала остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров отверстия (рис.3.2). В системе вала основной деталью является *основной вал* у которого верхнее отклонение es=0, а нижнее $ei = - T_d$.

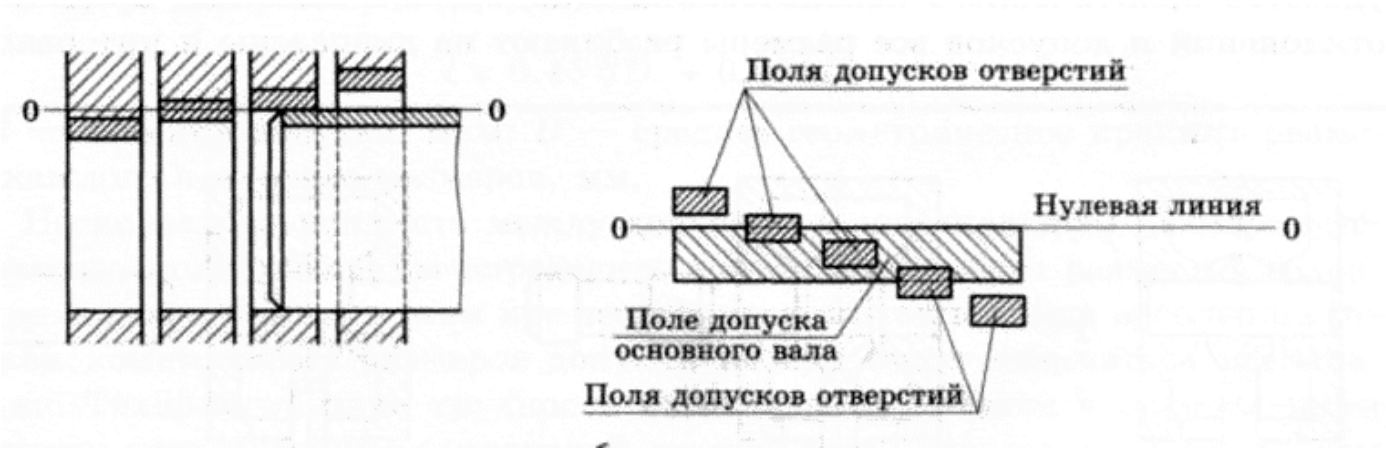


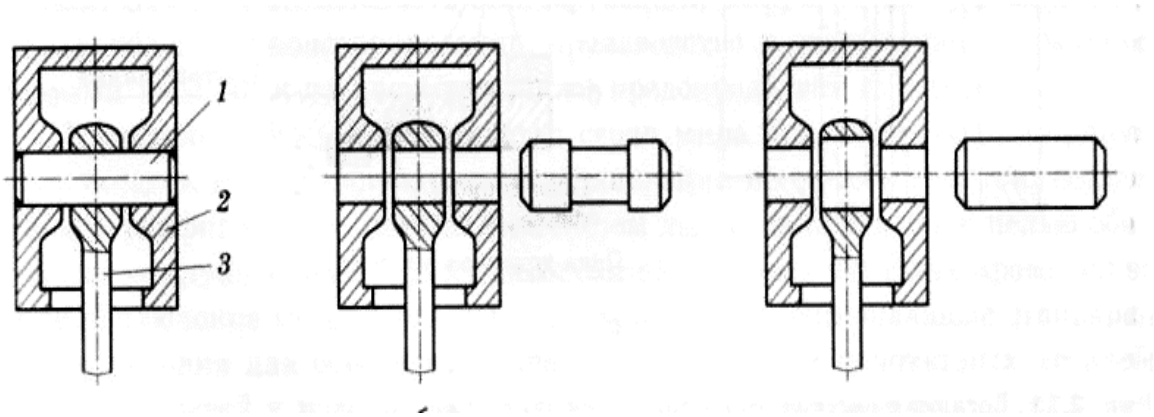
Рис.3.2. посадки в системе вала

Выбор системы посадки (отверстия или вала) определяют исходя из конструктивных, технологических и экономических соображений.

Предпочтительной является система отверстия. Это связано с тем, что отверстия обрабатываются дорогостоящим режущим инструментом (сверлом, протяжкой, зенкером, разверткой и т.п.), предназначенным для обработки только одного размера с определенным полем допуска. Вал, независимо от размера, в большинстве своем обрабатывается одним и тем же инструментом (резцом, шлифовальным кругом). Таким образом, количество типоразмеров инструмента для обработки отверстий будет значительно меньше при назначении посадки в системе отверстия. Система вала применяется в следующих случаях:

- когда на одном валу необходимо чередовать соединения нескольких отверстий одного номинального размера с различными посадками. На рис. 3.3, *а* представлено соединение поршневого пальца *1* с поршнем *2* и шатуном *3*. Для нормальной работы

этого узла соединение поршня и пальца должно быть выполнено по неподвижной посадке, а шатуна с пальцем — по подвижной посадке. Назначение посадок в системе отверстия (рис. 3.3, *б)* привело бы к неудобствам при обработке ступенчатого пальца и, главное, к порче отверстия шатуна при сборке. При назначении посадок в системе вала (рис. 3.3, *в*) эти недостатки исключаются.



а *б* *в*

Рис.3.3 Соединение поршневого пальца с поршнем и шатуном двигателя автомобиля;

а – общий вид соединения: 1 – поршневой палец; 2- поршень; 3- шатун; *б*- соединение в системе отверстия*; в*- соединение в системе вала

- система вала также применяется в случаях, когда детали типа валиков или осей изготавливаются из калиброванных холодно-тянутых прутков, дополнительная механическая обработка которых не предусматривается.

- и, наконец, посадка в системе вала назначается в случаях, когда вал является стандартной деталью или сборочной единицей (штифт, шплинт, шпонка, наружное кольцо подшипника и т.п.).

Необходимо также отметить, что возможно назначение и внесистемных посадок, образованных сочетанием стандартных полей допусков, которые иногда называют комбинированными.

3.3 Ряды основных отклонений

Основное отклонение- это одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), по величине и знаку которого определяется положение поля допуска относительно нулевой линии.

По ЕСДП таким отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии. Стандарт предусматривает 28 рядов основных отклонений для валов и столько же основных отклонений для отверстий. Отклонения валов обозначаются строчными буквами латинского алфавита от *a* до *z* , а отверстия прописными буквами от *A* до *Z*.

Схематично ряды основных отклонений показаны на рис.3.4 Каждому основному отклонению на схеме соответствуют горизонтальная черта, от которой начинается поле допуска. Штриховкой показано направление поля допуска, а второе отклонение зависит от того, по какому квалитету будет выполнено данное предельное отклонение.

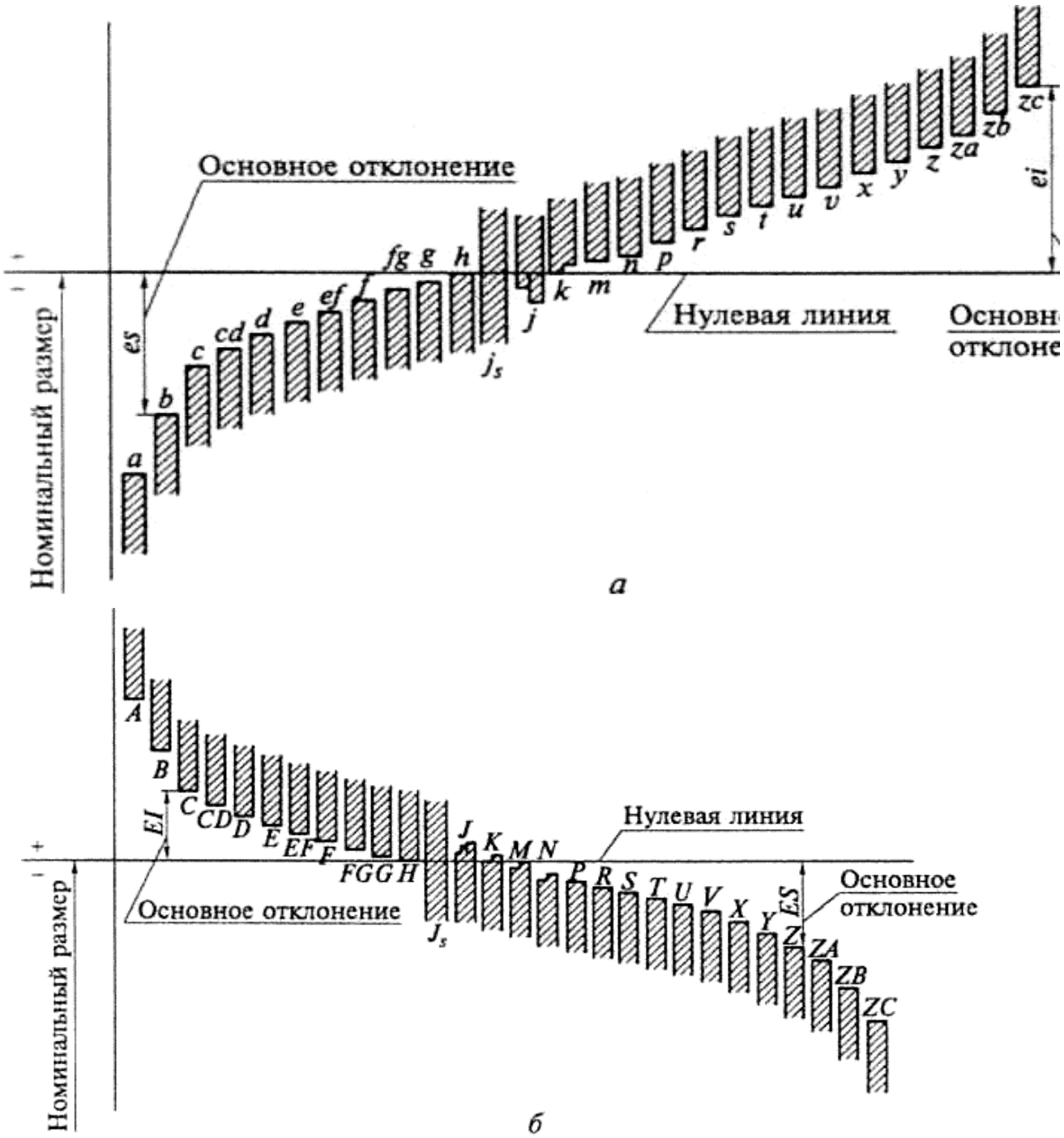


Рис.3.4. основные отклонения для валов (а), для отверстий (б)

3.4 Поля допусков

Поле допуска в ЕСДП образуется сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из квалитетов. В соответствии с этим поля допусков обозначаются буквой основного отклонения и номерами квалитетов, например

для валов $h6$, $d11$, $b12$, $s8$ и т.д.;

для отверстий $A11$, $H8$, $S7$ и т.д.

По основному отклонению и допуску вычисляют второе предельное отклонение, ограничивающее данное поле допуска.

Если основное отклонение - верхнее, то нижнее отклонение определяют по зависимости:

для вала $ei = es - IT$;

для отверстия $El = ES - IT$.

Если основное отклонение – нижнее, то верхнее отклонение :

для вала $es = ei + IT$;

для отверстия $ES = El + El$.

В системе ЕСДП можно образовывать поля допусков для любого квалитета, что позволяет получить более 500 полей допусков для валов и столько же полей допусков для отверстий. Однако не все возможные поля допусков могут найти применение даже в перспективе, на которую ориентирован стандарт, так как одновременное применение на практике всех полей допусков неприемлемо по экономическим соображениям (затрудняет унификацию изделий, различных инструментов и калибров). В ЕСДП для диапазона размеров от 1 до 500 мм применяется отбор полей допусков, которые делятся на основные и дополнительные .

Основные поля допусков включают в себя предпочтительные (имеющие первоочередное применение) и рекомендуемые. Дополнительные поля допусков являются полями ограниченного применения и используются тогда, когда применение основных полей допусков не позволяет выполнить требования, предъявляемые к изделию.

3.5 Образование посадок

Посадки в системе ЕСДП образуются сочетанием полей допусков отверстия и вала.

Принципиально допускается любое сочетание полей допусков отверстия и вала. Предпочтение следует отдавать посадкам, образованным в системе отверстия или в системе вала. ГОСТ 25347 -82 устанавливает ряд стандартных посадок в системе отверстия и в системе вала. В каждой системе выделяются предпочтительные посадки, выделенные рамочками.

Министерство образования и науки Российской федерации
Уральский государственный горный университет

ОДОБРЕНО:
Методической комиссией
Горно-механического факультета
«_19_»____04_____2017 г.
Председатель комиссии
___ ____проф. В.П.Барановскиий

Методическое руководство

для выполнения самостоятельной работы для студентов
специальности СПО:
15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация
промышленного оборудования»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

Новикова Н.А. Методическое руководство для выполнения расчетно-графических работ по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов очного и заочного обучения специальности 150700- «Машиностроение» (МШС). Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2017. 33 с.

В руководстве изложены методические указания, последовательность решения задач по допускам гладких цилиндрических соединений, цилиндрических зубчатых колес, подшипников качения и размерных цепей, приведены справочные данные, необходимые для решения задач.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования, ----------. (протокол №-----) и рекомендовано к изданию в УГГУ.

© Новикова Н.А.,
© УГГУ 2017 г.

В целях закрепления основных положений по курсу «Допуски и посадки» студенты самостоятельно выполняют расчетно-графическую работу.

Работа заключается в анализе допусков и посадок гладких соединений. Анализируются все стандартные посадки, образующиеся с основным валом заданного квалитета и заданного номинального размера и все стандартные посадки, образующиеся с основным отверстием заданного квалитета и размера.

Работа выполняется на специальном бланке и подлежит защите. Бланк заполняется карандашом, с соблюдением требований ГОСТ 2.307-68.

Для выполнения данной работы студенту необходим для определения полей допусков ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75).

1.Последовательность выполнения работы

1.1. Для выполнения работы студент получает бланк с заданием.

1.2. Из таблицы ГОСТ 25347-82 выписать в графу 1 бланка работы все стандартные посадки, образующиеся с основным валом заданного квалитета, и все стандартные посадки, образующиеся с основным отверстием заданного квалитета.

1.3 Посадки записываются в соответствии с ГОСТ на условные обозначения полей допусков: предельные отклонения отверстия записываются в числителе, а вала – в знаменателе, например: $50\ \frac{H7}{e8}$ или 50 *H7/e8*. Где: 50 – номинальный размер соединения; *H7*- условное обозначение поля допуска отверстия; *e8*- поле допуска вала.

Аналогично по заданному квалитету и номинальному размеру выписываются все стандартные посадки в системе вала.

1.4. В графы 2 и 3 каждой системы (система отверстия, система вала) заносятся числовые значения предельных отклонений для всех полей допусков.

Числовые значения предельных отклонений принимаются по ГОСТ25347-82 (СТ СЭВ 144-75). При отсутствии указанного стандарта предельные отклонения находят расчетным путем с помощью ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75).

1.5. В графы 4 и 5 каждой системы посадок записываются исполнительные размеры для отверстий и валов с указанием условного обозначения предельных отклонений, а в графы 6 и 7 – исполнительные размеры, но уже в числовых величинах предельных отклонений, мм.

1.6. Проводится математический анализ зазоров и натягов для каждого сопряжения в обеих системах. Величины зазоров и натягов по абсолютной величине, в мкм, заносятся в графы отчета 8, 9, 10 и 11 соответственно каждой системы посадок.

Предельные зазоры и натяги определяются:

посадки с зазором:

$$S_{max} = ES - ei\ , \qquad S_{min} = EI - es\ ;$$

посадки с натягом:

$$N_{max} = es - EI, \qquad N_{min} = ei - ES\ ;$$

переходные посадки:

$$S_{max} = ES - ei, \qquad N_{max} = es - EI,$$

где S_{max} и S_{min} - наибольший и наименьший зазор;
N_{max} и N_{min} - наибольший и наименьший натяг;
ES и EI - верхнее и нижнее отклонение отверстия;
es и ei - верхнее и нижнее отклонение вала.

1.7. Определяется для посадок в системе отверстия и в системе вала допуск посадки исходя из предельных зазоров или натягов.

Для посадок с зазором $T_n = S_{max} - S_{min} = IT_D + IT_d$;
Для посадок с натягом $T_n = N_{max} - N_{min} = IT_D + IT_d$;
Для переходных посадок $T_n = S_{max} + N_{max} = IT_D + IT_d$;

При этом IT_D – допуск отверстия,
IT_d – допуск вала.

Результаты расчета заносятся в графу 12 бланка отчета соответственно каждой посадке, мкм.

1.8. Строятся схемы полей допусков для всех посадок в системе отверстия и в системе вала. Для построения полей допусков следует принять определенный масштаб.

1.9. Для одной (любой) посадки в системе отверстия и для одной посадки в системе вала оформляются эскизы сопряжений.

При этом на эскизах сопряжений указать исполнительные размеры на двух размерных линиях: на одной указать номинальный размер и условное обозначение предельных отклонений, на второй - номинальный размер с числовыми предельными отклонениями.

Образец контрольной работы №1 приведен в таблице 1.1 и Рис.1.1, Рис.1.2.

Таблица 1.1

Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h5 номинального размера 20 мм

Посадка	Отклонение в мкм.		Наносимый размер на чертежах деталей (в мм)				Натяги в мкм		Зазоры в мкм		Допуск посадки в мкм
	Отв.	Вала	Условно		С числовыми отклонениями		max	min	max	min	
	ES EJ	es ej	Отв.	Вала	Отв.	Вала					

Схема полей допусков для размера 20 мм с полем допуска основного вала h5

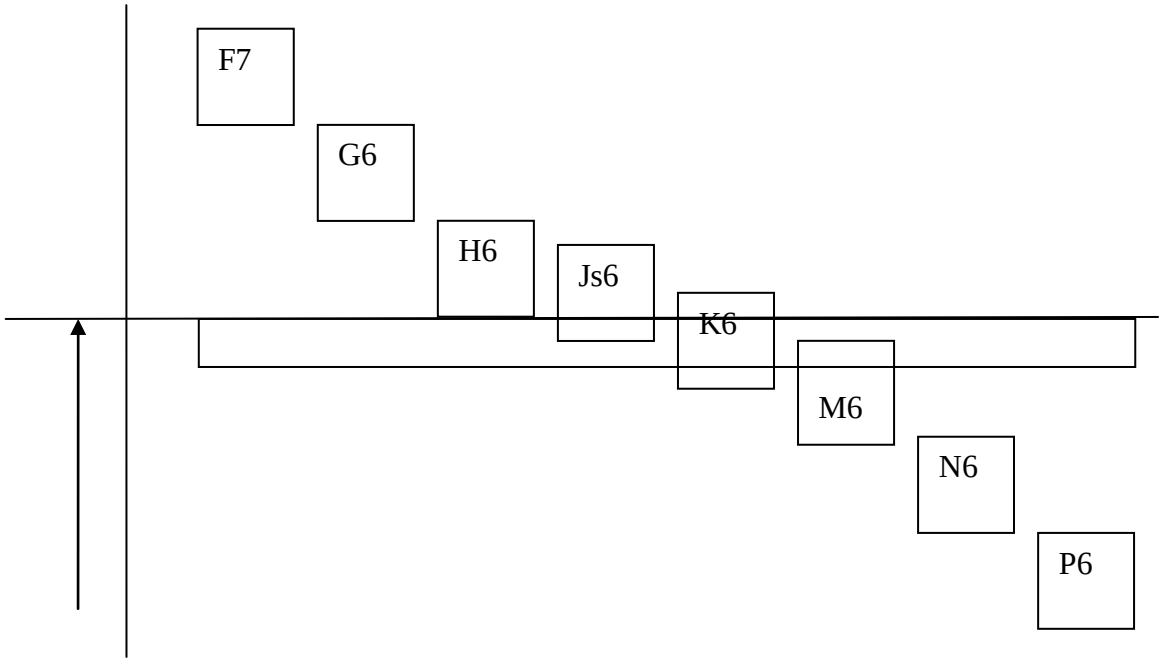


Рис 1.1 Эскизы деталей и сопряжения для посадки с полем допуска h5 в системе вала

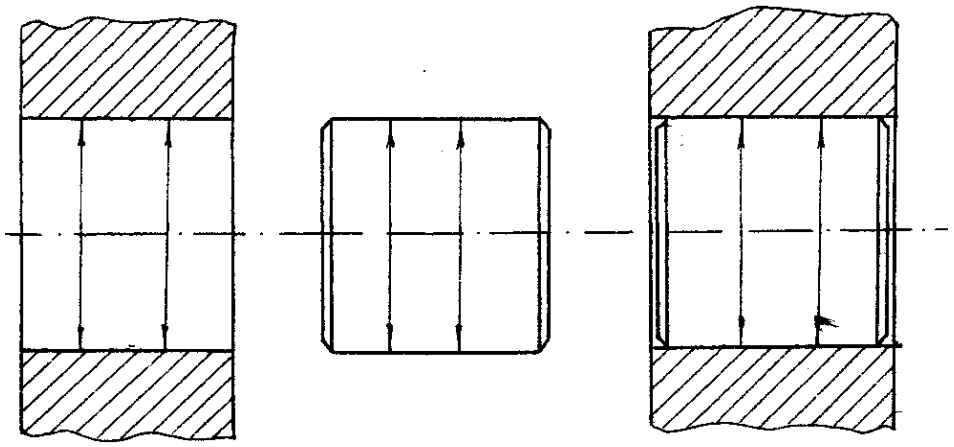


Рис.1.2.Схема обозначения посадок на чертежах

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

специальность 15.02.01

Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования

(машиностроение)

очная форма обучения

на базе основного общего образования

год набора: 2017

Автор: Стожков Д.С.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией Горно-механического факультета
электротехники	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Угольников А.В.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 179 от 18.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Новикова Н. А.

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Детали машин»

для студентов специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)»

Екатеринбург
2018

Введение

Машиностроение является базой для развития всех отраслей народного хозяйства. Эксплуатация и тем более создание новой техники невозможны без знания ряда дисциплин, составляющих основу общепрофессиональной подготовки. Дисциплина «Детали машин » как раз является одной из таких базовых общепрофессиональных дисциплин.

Дисциплина «Детали машин» охватывает теорию, расчет и конструирование деталей, передач и узлов машин. Ее основной целью является формирование у студента базы знаний и навыков в решении конкретных задач, выработка умения пользоваться справочной литературой и знаниями из смежных дисциплин.

Основные задачи курса - изучение общих методов расчета типовых изделий машиностроения с учетом критериев работоспособности, современных требований, стандартов и т. д.

Дисциплина «Детали машин» базируется на изученных студентами в предыдущих семестрах дисциплинах: «Математика», «Техническая механика», «Инженерная графика».

Основные требования, предъявляемые к выпускникам, изложены в Государственных образовательных стандартах среднего профессионального образования.

Учебным планом по дисциплине предусмотрены следующие виды аудиторных занятий: лекции, практические занятия и выполнение курсовой работы.

Лекционный курс дает студентам основные понятия изучаемого предмета, помогает приобрести знания по методам и нормам расчета деталей машин.

Практические занятия позволяют студентам закрепить полученные теоретические знания. Выполнение курсовой работы закрепляет знания, полученные при изучении фундаментальных дисциплин.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Курсовая работа является самостоятельной учебной работой студентов, которой завершается изучение курса «Детали машин»

. В процессе выполнения курсовой работы студенты закрепляют полученные ранее теоретические знания, получают навыки использования справочной литературы, соблюдения норм и требований ЕСКД, расчетов и конструирования как элементов механизма, так и механизма в целом. Объектами расчета служат приводы различных машин и механизмов (станков, конвейеров и т.д.), простые грузоподъемные машины (домкрат, лебедка), а также простые механизмы (редукторы).

Объем курсового проекта - 1 листа формата А2 (рабочий чертеж детали и расчетно-пояснительная записка).

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1. Введение (описание механизма, схема привода и исходные данные для расчета).
2. Кинематический расчет (определение КПД привода, подбор электродвигателя, определение передаточных отношений, моментов и частот вращения на валах).
3. Расчет зубчатой передачи редуктора (назначение материалов и определение допускаемых напряжений, проектный расчет, определение основных геометрических параметров, определение сил и проверочный расчет).
4. Расчет валов (предварительный и уточненный).
5. Список использованной литературы.

Конструкторские документы, в том числе чертеж и схемы курсовой работы, выполняются на листах чертежной бумаги форматов, определенных ГОСТ 2.301-68. Масштабы выбираются по ГОСТ 2.302-68. Линии, используемые при вычерчивании графической, по начертанию и толщине определяются ГОСТ 2.303-68.

Изображения предметов (виды, разрезы, сечения) следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 2.305-68. Количество изображений на чертежах должно быть минимальным, необходимым для полного и однозначного представления об изделии и его составных частях. Детали следует изображать в функциональном положении или в положении, удобном для изготовления. Так, чертежи зубчатых колес и валов рекомендуется располагать в горизонтальном положении, чтобы их ось была параллельна основной надписи чертежа. Сборочные единицы изображаются в функциональном положении. Также сборочный чертеж должен содержать: размеры (габаритные, монтажные, присоединительные и справочные), технические требования и характеристики. Рабочие чертежи деталей должны отражать всю информацию, необходимую для изготовления детали.

Текстовые документы (пояснительная записка и спецификации) необходимо составлять в соответствии с ГОСТ 2.105-79. Текст рукописи предпочтительно размещать на одной стороне листа белой писчей бумаги со свободными полями (с левой стороны 25 мм, с правой - 10...15 мм, снизу - 20 мм). Текст должен быть грамотным, лаконичным. Не допускается значительных исправлений текста. Все страницы рукописи, таблицы, схемы и рисунки нумеруются без пропусков и повторений. Таблицы и рисунки сопровождаются текстовыми заголовками.

Содержание (оглавление) должно быть приведено в начале пояснительной записки. Пояснительную записку делят на разделы и подразделы. Допускается подразделы разбивать на пункты и подпункты.

Сокращение слов в тексте, подписях и надписях на иллюстрациях не допускается, кроме сокращений устанавливаемых ГОСТ 2.316-68, ГОСТ 7.12-77 и ГОСТ 7.11-78 (например «т. е.», «и т. д.», «и т. п.»).

Расчеты деталей машин рекомендуется производить в единицах СИ: м, мм, $м^2$, $м^3$, $м^4$, $мм^4$, Н, кН, МН, Нм, Па, МПа.

В машиностроительных и приборостроительных чертежах линейные

размеры следует всегда выражать в миллиметрах (без простановки размерности).

Расшифровка символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они используются впервые, должна быть приведена непосредственно

под формулой с указанием единиц величин. Те формулы, на которые в дальнейшем делаются ссылки, нумеруют арабскими цифрами в пределах всей пояснительной записки. Номер ставят в круглых скобках у правого края листа на уровне формулы.

В конце пояснительной записки следует привести список литературы.

2. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

В данном разделе приведены задания для выполнения курсовой работы.

Задание. Спроектировать привод, состоящий из одноступенчатого цилиндрического редуктора и ременной передачи (рис. 1). Редуктор реверсивный, валы на подшипниках качения, передача косозубая. Исходные данные приведены в табл. 1.

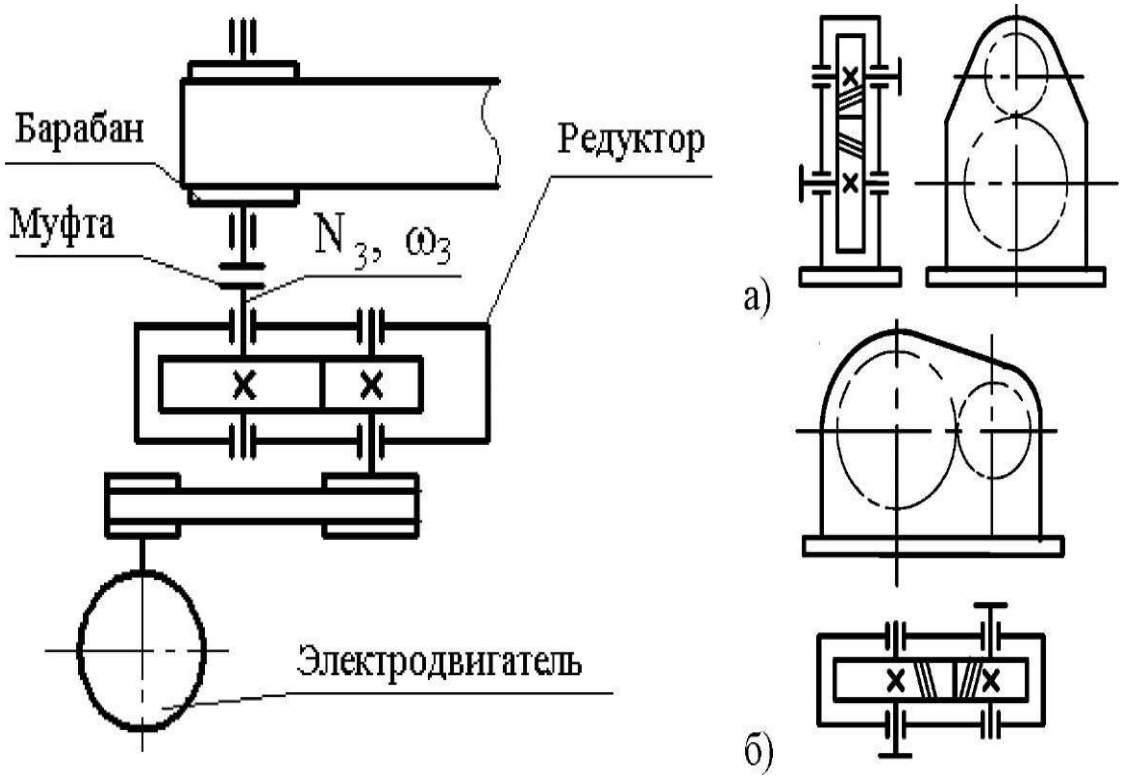


Рис. 1. Схема привода: а - редуктор с расположением валов в вертикальной плоскости; б - в горизонтальной плоскости

Таблица 1

вариант	Тяговое усилие на ленте F, н	Скорость ленты конвейера V,м/с	Диаметр барабана конвейера D, мм	Частота вращения вала электордвигателя (синхр) n, об/мин	Число смен в течении суток	Срок службы передачи в годах
1	5700	2	600	750	3	10
2	5200	2,1	600	750	2	9
3	7650	2.2	600	750	1	8
4	10200	2,3	600	750	2	7
5	9500	2,4	600	750	3	6
6	12700	2,5	600	750	1	5
7	5700	2	550	1000	3	10
8	5200	2,1	550	1000	2	9
9	7650	2,2	550	1000	1	8
10	10200	2,3	550	1000	2	7
11	9500	2,4	550	1000	3	6
12	12700	2,5	550	1000	1	5
13	5700	2	500	750	3	10
14	5200	2,1	500	750	2	9
15	7650	2.2	500	750	1	8
16	1-20	2,3	500	750	2	7
17	9500	2,4	500	750	3	6
18	12700	2,5	500	750	1	5
19	5700	2	600	1000	3	10
20	5200	2,1	600	1000	2	9
21	7650	2.2	600	1000	1	8
22	10200	2,3	600	1000	2	7
23	9500	2,4	600	1000	3	6
24	12700	2,5	600	1000	1	5
25	5700	2	550	750	3	10
26	5200	2,1	550	750	2	9
27	7650	2.2	550	750	1	8
28	10200	2,3	550	750	2	7

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования «4» июня 2018 г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Новикова Н. А.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению курсовой работы по дисциплине «Детали машин» для студентов специальности 15.02.01 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования» Н.А. Новикова. – Екатеринбург

В методических указаниях устанавливается порядок выполнения курсовой работы, требования к оформлению работы, задания на курсовую работу

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ОП.16 ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

***15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение*)**

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

форма обучения: очная

на базе среднего общего образования

год набора: 2017

Авторы: ст. преподаватель Миронов Д.Д.

Одобрена на заседании кафедры АУОД	Рассмотрена методической комиссией Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. афедрой _____	Председатель Зав. афедрой _____
(подпись)	*(подпись)*
Мальцев Н.В.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..……5

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……7

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..….12

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ…….15

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ…….16

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……28

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, контрольных работ (рефератов и т.п.), докладов, докладов с презентацией и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине *«Правовое обеспечение профессиональной деятельности»* обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы*, сдаче *экзамена*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине *«Правовое обеспечение профессиональной деятельности»* являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка доклада, доклада с презентацией, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания);
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Вопросы к зачету по дисциплине «Правовое обеспечение профессиональной деятельности»

1. Что такое экономические (производственные) отношения и каковы их виды? Дайте определение предпринимательской деятельности и наёмного труда.
2. Перечислите признаки предпринимательской деятельности, покажите связь между нею и наемным трудом.
3. Охарактеризуйте самостоятельность как важнейший признак предпринимательской деятельности. Сопоставьте по данному признаку предпринимательскую деятельность и наёмный труд.
4. Какова цель предпринимательской деятельности? Что такое прибыль? Чем доход предпринимателя отличается от дохода наемного работника? Что означает систематичность получения прибыли?
5. Расскажите о рисковом характере предпринимательской деятельности. Сравните по этому признаку деятельность предпринимателя и труд наемного работника.
6. Сформулируйте понятие права собственности и перечислите признаки этого права. Что является объектом этого права? Какое значение имеет право собственности для предпринимательской деятельности?
7. Какие формы собственности предусматривает российское законодательство? Каково юридическое значение их разграничения?
8. Каковы условия приобретения статуса индивидуального предпринимателя? Почему недееспособные граждане не могут приобрести этого статуса?
9. Дайте понятие юридического лица, опишите его признаки. Охарактеризуйте функции юридического лица.
10. Назовите учредительные документы юридического лица. Каков порядок государственной регистрации юридических лиц?
11. Каковы понятие и признаки гражданско-правового договора? Какие формы договора предусматривает действующее законодательство?
12. Дайте классификацию гражданско-правовых договоров по предмету. Охарактеризуйте один из видов договоров.
13. Что такое экономические споры? Какими нормами регулируется осуществление правосудия по экономическим спорам?
14. Что такое труд? Какие отношения складываются в процессе труда и каково их взаимодействие? В чем состоит необходимость правового регулирования трудовых отношений?
15. Охарактеризуйте предмет трудового права. Назовите признаки социально-трудовых отношений.
16. Что понимается под отношениями, непосредственно связанными с трудовыми. Перечислите эти отношения.
17. Назовите и охарактеризуйте нормативные акты, содержащие нормы трудового права. В чем смысл иерархии нормативных актов?
18. Какими причинами вызвана необходимость правового регулирования занятости и трудоустройства населения? Что такое государственная политика содействия занятости населения и каковы её задачи?
19. Что такое занятость? Какие формы занятости Вам известны?
20. Перечислите органы занятости населения в РФ. Каковы функции этих органов?
21. Могут ли оказывать услуги по трудоустройству и профессиональной ориентации граждан негосударственные организации?
22. Какие граждане по закону считаются безработными? Каковы условия и порядок приобретения статуса безработного? Какие граждане не могут быть признаны безработными?

23. Что такое пособие по безработице? Каковы его размер, порядок и продолжительность выплаты? Укажите основания прекращения выплаты пособия.
24. Что такое трудовой договор и каково его социальное и юридическое значение?
25. Каковы основные признаки трудового договора и его отличия от договоров гражданско-правового характера?
26. Дайте определение трудовой функции, профессии, специальности, квалификации. Каково соотношение этих понятий?
27. Что является содержанием трудового договора? Сформулируйте понятие договорных условий. Назовите виды условий трудового договора.
28. Сформулируйте понятие срочного трудового договора и договора, заключенного на неопределенный срок. Каковы их «преимущества» и «недостатки» для каждой из сторон?
29. Что такое трудовая книжка, каковы её значение и порядок ведения? Какие сведения вносятся в трудовую книжку?
30. Что такое испытание при приеме на работу, каковы его цель и юридическое значение? В чем состоит специфика трудовых отношений сторон в период испытательного срока?
31. Перечислите основания расторжения трудового договора по инициативе работодателя. В каких случаях увольнение работника по инициативе работодателя недопустимо?
32. Перечислите основания расторжения трудового договора по инициативе работника.
33. Сформулируйте понятие рабочего времени. Какие периоды в него включаются, а какие нет? В чем состоит необходимость и каково значение правового регулирования рабочего времени?
34. Что понимается под временем отдыха? Какие виды времени отдыха существуют?
35. Сформулируйте понятие отпуска и охарактеризуйте его виды.
36. Что такое заработная плата и каково её значение? Чем заработная плата отличается от вознаграждений по гражданско-правовым договорам?
37. Охарактеризуйте механизм правового регулирования заработной платы. Какие элементы он включает? Назовите принципы оплаты труда.
38. Какие существуют методы правового регулирования оплаты труда? Укажите сферы их применения. Что такое минимальный размер оплаты труда и в чем его юридическое значение?
39. Назовите основные системы заработной платы. Объясните, как определяется при этих системах заработок работника.
40. Что такое дисциплина труда и внутренний распорядок организации? Какими документами они определяются?
41. Что такое дисциплинарная ответственность и дисциплинарный проступок? В чем их особенности?
42. Дайте понятие материальной ответственности. В чем состоят её особенности? Охарактеризуйте их.
43. Каковы особенности материальной ответственности работника? Какие обстоятельства освобождают работника от материальной ответственности?
44. Назовите виды материальной ответственности работника. Какие цели преследуют ограниченная и полная материальная ответственность?
45. В чем особенности коллективной (бригадной) и индивидуальной материальной ответственности? Опишите порядок возмещения ущерба при каждом виде ответственности.
46. Перечислите виды трудовых споров. Какими нормами регулируются спорные трудовые отношения?
47. Что такое право социального обеспечения? Каковы его принципы и задачи?
48. Что такое трудовой стаж? Назовите виды трудового стажа и охарактеризуйте каждый из них.
49. Дайте понятие пенсии, назовите основные виды пенсионного обеспечения в нашей стране.
50. Охарактеризуйте предмет и метод административного права. Что такое административные правонарушения и административная ответственность?

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Отрасль (машиностроение) в системе национальной экономики

ОТРАСЛЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС
МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОМПЛЕКС

ОТРАСЛЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – это комплекс организаций, учреждений, предприятий, выпускающих однотипные товары и услуги, применяя схожие технологии, удовлетворяющие близкие по природе потребности.

ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС –это конституционно, экономически и организационно единая система взаимосвязанных отраслей и сфер деятельности людей, для которых характерна пропорциональность и размещение на территории, ограниченной государственными границами

МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОМПЛЕКС – это интеграционная структура, характеризующая взаимодействие различных отраслей и их элементов, разных стадий производства и распределения продукта.

2. Предприятие как форма организации производства. Организационные формы предприятий.

ПРЕДПРИЯТИЕ

ПРЕДПРИЯТИЕ - это самостоятельный хозяйствующий субъект, созданный для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг с целью удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли

3 . Классификация, основные виды и правила составления нормативных документов.

ГРАЖДА́НСКО-ПРАВОВО́Й ДОГОВО́Р

ГРАЖДА́НСКО-ПРАВОВО́Й ДОГОВО́Р — это соглашение между физическим лицом (физическими лицами) и другим физическим лицом (физическими лицами) или юридическим лицом (юридическими лицами), либо между юридическим лицом (юридическими лицами) и другим юридическим лицом (юридическими лицами), направленное на возникновение, изменение или прекращение взаимных прав и обязанностей.

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить

специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Правовое обеспечение профессиональной деятельности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы экономики отрасли и правового обеспечения профессиональной деятельности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *экзамене* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

3. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *экзамену* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Т. П. Глинникова, С. А. Волегов

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Практикум
для студентов направлений бакалавриата:
15.03.01 (150700) – «Машиностроение» (МШС),
15.03.02 (151000) – «Технологические машины и оборудование» (ТМО)
и среднего профессионального образования
(15.02.01) 151031 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2016

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического
факультета УГГУ
« » 2016 г
Председатель комиссии
_проф. В. П. Барановский

Т. П. Глинникова, С. А. Волегов

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Практикум
для студентов направлений бакалавриата:
15.03.01 (150700) – «Машиностроение» (МШС),
15.03.02 (151000) – «Технологические машины и оборудование» (ТМО)
и среднего профессионального образования
(15.02.01) 151031 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2016

Г54

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Практикум рассмотрен на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 16 ноября 2015 г. (протокол № 6) и рекомендован для издания в УГГУ

Глинникова Т. П., Волегов С. А.

Г54 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ: практикум для студентов направлений бакалавриата: 15.03.01 (150700) – «Машиностроение» (МШС), 15.03.02 (151000) – «Технологические машины и оборудование» и среднего профессионального образования 15.02.01 (151031) – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)» очного и заочного обучения. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 100 с.

Практикум содержит практические задания и упражнения, способствующие усвоению пройденного материала дисциплины «Основы технологии машиностроения».

© Глинникова Т. П., Волегов С. А., 2016

© Уральский государственный горный университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

В рамках учебной дисциплины «Основы технологии машиностроения» рассматривают, в основном, процессы механической обработки деталей, сборки и испытания изделий.

Изучение «Основ технологии машиностроения» базируется на многих положениях ранее изученных учебных дисциплин:

- материаловедение;
- технология конструкционных материалов;
- метрология, стандартизация и сертификация;
- гидравлические и пневматические системы;
- технологическое оборудование машиностроительного производства;
- технологическая оснастка.

Уровень готовности молодого специалиста к решению производственных задач во многом определяется качеством и содержанием практических занятий, выполняемых в процессе обучения.

Навыки, приобретенные студентами на практических занятиях, помогают молодым специалистам грамотно использовать нормативно-справочную документацию и принимать правильные решения при проектировании технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий, а также при разработке технологических операций.

Так как основной единицей технологического процесса является операция, то, естественно, что в данном учебном пособии ей уделено большое внимание. Основной целью анализа любой операции является поиск наиболее экономичных путей достижения заданных параметров деталей и сборочных единиц. Значительная часть практических задач связана с проектированием заготовок, оценкой и обеспечением точности механической обработки или сборки, с назначением припусков на механическую обработку и операционными размерами, с базированием заготовок в зоне обработки станка.

Практические занятия проводятся по следующим разделам учебной дисциплины:

- основы разработки технологического процесса;
- основы технического нормирования;
- методы обработки основных поверхностей деталей;
- технология сборки машин.

Структура **практических заданий и практических работ** примерно одинакова. В начале каждого раздела приводятся методические пояснения, после чего раскрывается объем работы, который включает в себя:

- цель работы;
- этапы выполнения;
- пример выполнения;
- индивидуальные задания;
- контрольные вопросы;
- содержание отчета.

В плане выполнения практических работ особое внимание уделено работе с таблицами допусков и посадок, чтобы студент приобрел твердые навыки в использовании справочных материалов и умение рассчитывать параметры сопряжений собираемых деталей.

Все справочные материалы, приведенные в данном пособии, предназначены только для учебных целей, так как большинство таблиц носит обобщающий характер, их содержание упрощено для удобства использования при ограниченном лимите времени, предусмотренном учебным планом на практические работы и на курсовое проектирование.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Краткие теоретические сведения

Предметом изучения в технологии машиностроения являются процессы изготовления изделий высокого качества в заданном количестве при наименьших затратах с высокой производительностью труда.

Изделие – это единица промышленной продукции, которая является предметом производства на предприятии.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например, гайка, втулка, вал или зубчатое колесо.

Сборочная единица – это изделие, составные части которого соединены между собой на предприятии-изготовителе в процессе сборочных операций.

Производственный процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных действий людей и орудий труда, в результате которых исходные материалы превращаются в готовое изделие предприятия.

Технологический процесс – часть производственного процесса, состоящая из целенаправленных действий по превращению исходного сырья в готовое изделие. Каждый технологический процесс состоит из ***операций***, которые выполняют на ***рабочих местах.***

Рабочее место – это единица структуры предприятия или часть производственной площади, на которой размещено оборудование, необходимое для выполнения работ одним рабочим (или одновременно несколькими рабочими).

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте одним или одновременно несколькими рабочими. Технологическая операция является основной единицей планирования и учета. Операции *подразделяют на основные и вспомогательные.*

Основная технологическая операция – это такая операция, в процессе которой изменяются геометрическая форма и размеры заготовки, а также параметры ее поверхностного слоя.

Вспомогательная технологическая операция – это такая операция, во время выполнения которой не происходит никаких изменений с заготовкой, например, контрольная или моечная операция.

Установ – это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

Позиция – это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой или сборочной единицей, совместно с приспособлением относительно режущего или сборочного инструмента для выполнения определенной части операции.

Индексация – это смена позиций.

Технологический переход – это законченная часть технологической операции, во время которой остаются неизменными применяемый инструмент и образуемые при обработке или соединяемые при сборке поверхности.

Основной переход – это законченная часть технологической операции, во время которой остаются неизменными применяемый инструмент и образуемые при обработке или соединяемые при сборке поверхности, включающая в себя действия человека и (или) технологического оборудования, которые сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей изготовляемого изделия.

Вспомогательный переход – это законченная часть технологической операции, включающая в себя действия человека и (или) технологического оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей изготовляемого изделия, но необходимы для выполнения данной операции, например, установка и закрепление заготовки, раскрепление и снятие детали, управление механизмами станка, контрольные промеры и др.

Рабочий ход – это однократное перемещение инструмента относительно заготовки, сопровождаемое изменением формы, размеров и шероховатости поверхности заготовки или ее свойств.

Вспомогательный ход – это однократное перемещение инструмента относительно заготовки, не сопровождаемое изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей заготовки или ее свойств, но необходимое для выполнения рабочего хода время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных ходов, входит в состав вспомогательного времени технологического процесса.

Концентрация операций – это объединение (укрупнение) нескольких операций в одну более сложную операцию. Критерием для оценки степени концентрации операции служит количество предусмотренных в ней простых переходов.

Дифференциация операций – это расчленение сложных операций на более простые операции. Критерием для оценки степени дифференциации операции служит количество предусмотренных в ней простых переходов. Пределом дифференциации операции является разделение технологического процесса на такие операции, каждая из которых будет состоять из одного простого перехода.

Цикл технологической операции – это интервал времени от начала и до конца периодически повторяющейся операции, независимо от числа одновременно изготовляемых изделий.

Такт выпуска – это интервал времени, через который периодически выпускается определенное изделие. Определяется такт выпуска, мин/шт. отношением времени Ф, затраченного на изготовление изделий, к числу этих изделий N, изготовленных за указанное время:

$$\tau = \Phi/N. \qquad (1.1)$$

Производственная программа – это перечень наименований изделий с указанием объема выпуска и сроков изготовления по каждому типоразмеру.

Массовое производство – это производство, характеризующееся узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий. На каждом рабочем месте выполняется только одна непрерывно повторяющаяся технологическая операция. Технологическое оборудование располагают в последовательности выполнения технологических операций в виде поточных линий. Длительность каждой операции стремятся сделать кратной такту выпуска изделия, который определяют по формуле (1.1).

Серийное производство – это производство, характеризующееся ограниченной номенклатурой изделий, изготовляемых периодически повторяющимися производственными партиями, и сравнительно большим объемом выпуска этих изделий.

В зависимости от числа деталей в партии, массы и размеров этих деталей различают крупносерийное, среднесерийное и мелкосерийное производство.

Производственная партия – это группа заготовок одного наименования, одновременно запускаемых в обработку в течение определенного интервала времени. Партии обработанных деталей хранят

у станков или на складе, а затем периодически транспортируют на следующую операцию. Объем партии заготовок рассчитывают по формуле

$$Q = a \cdot N_г / 254, \qquad (1.2)$$

где Q – число заготовок в партии; a – число дней, на которое необходимо иметь запас заготовок или деталей на складе (a = 3÷6 для крупных деталей, a = 6÷12 – для средних деталей и a = 12÷24 – для мелких); $N_г$ – число деталей в годовой программе выпуска; 254 – среднее число рабочих дней в году.

Единичное производство – это производство, характеризующееся широкой номенклатурой изготовляемых изделий и малым объемом их выпуска. В единичном производстве изготовление одинаковых изделий или не повторяется, или может повториться через неопределенное время.

Задание № 1.1

По одному из вариантов индивидуальных заданий, представленных в табл. 1.1, составить структуру технологического процесса обработки конструктивных элементов (А, Б, К, С, О) детали, выделенных жирной линией (рис. 1.1, *а*), в условиях серийного производства, подразделив его на операции и переходы.

Заготовка, поступающая на обработку, представлена на рис. 1.1, *б*.

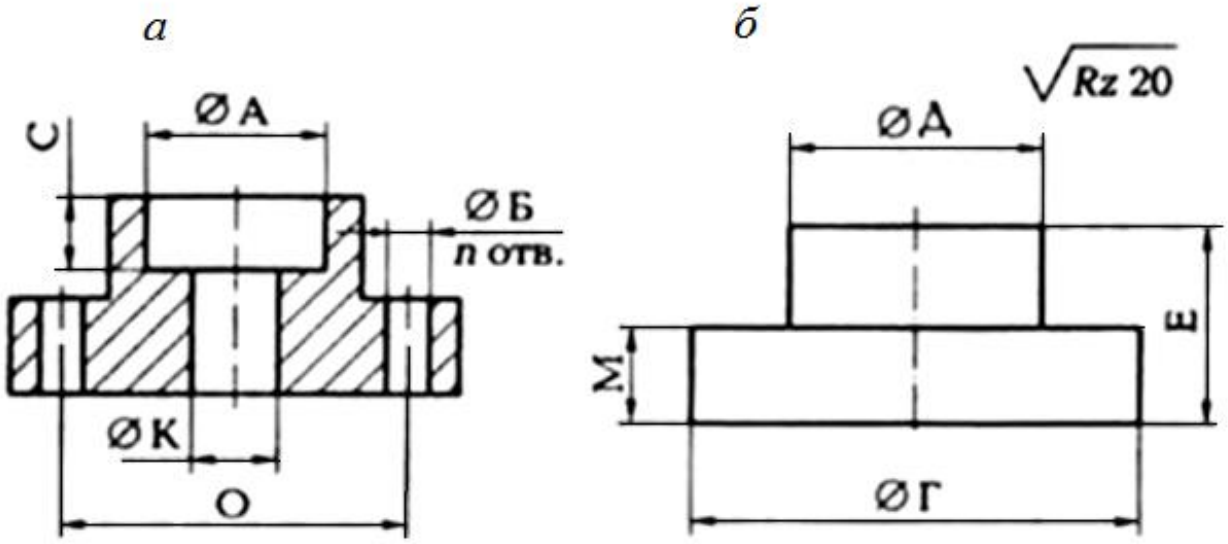


Рис. 1.1. Обрабатываемая деталь:
а – обрабатываемые поверхности; *б* – заготовка

Таблица 1.1

Индивидуальные варианты дня выполнения задания № 1.1

Вариант	Размеры заготовки, мм				Размеры детали														Число отверстий, *n*
					А			Б			К			С			О		
	М, мм	Д, мм	Г, мм	Е, мм	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм	номинальный размер, мм	поле допуска	
0	10*d*l1	30*d*11	70*d*l1	20*c*l1	16	*H*10	20	10	*H* 9	2,5	12	*H*10	2,5	10	*js*l5	20	50	*js*l5	2
1	12*d*l1	35*b*12	80*c*l1	24*h*l2	14	*H*10	20	12	*H*8	1,25	10	*H*10	2,5	12	*js*l4	20	42	*js*l5	6
2	10*d*11	30*h*I4	70*b*12	20*d*11	16	*H*10	20	11	*H*10	2,5	12	*H*10	2,5	11	*js*l6	20	55	*js*l4	6
3	14*c*11	40*h*12	30*d*ll	30*b*12	18	*H*10	20	13	*H*9	1,25	14	*H*9	1,25	15	*js*l4	20	46	*js*l6	3
4	5*c*11	32*h*l4	74*b*12	25*d*11	16	*H*10	20	12	*H*10	2,5	12	*H*10	2,5	12	*js*l5	20	50	*js*14	2
5	10*d*11	30*h*12	72*b*12	20*c*11	15	*H*10	20	12	*H*9	2,5	11	*H*10	2,5	8	*js*l6	20	48	*js*l5	6
6	14*h*l2	32*h*12	70*d*ll	35*h*l2	16	*H*10	20	10	*H*8	1,25	10	*H*8	1,25	14	*js*14	20	48	*js*l5	6
7	12*h*14	36*d*l1	78*c*11	30*b*12	20	*H*10	20	12	*H*8	2,5	14	*H*8	1,25	13	*js*l5	20	50	*js*16	6
8	8*b*12	30*h*l2	72*b*12	22*c*11	18	*H*10	20	11	*H*8	1,25	12	*H*10	2,5	12	*js*14	20	48	*js*l4	4
9	10*b*12	32*h*l4	70*d*l1	20*b*12	20	*H*10	20	10	*H*9	1,25	10	*H*10	2,5	10	*js*l6	20	46	*js*l5	3
10	12*d*l1	30*b*12	72*c*11	28*h*l2	22	*H*10	20	11	*H*8	1,25	11	*H*9	1,25	14	*js*l5	20	46	*js*l5	6
11	16*h*11	33*d*11	84*d*11	32*h*11	21	*H*10	20	10	*H*10	2,5	10	*H*8	1,25	15	*js*l4	20	74	*js*16	6
12	12*d*11	32*d*11	88*d*11	26*h*12	20	*H*10	20	8	*H*9	1,25	8	*H*10	2,5	12	*js*l5	20	66	*js*l4	4
13	14*h*l2	34*h*11	85*b*12	34*d*11	22	*H*10	20	6	*H*8	1,25	12	*H*10	2,5	8	*js*l6	20	68	*js*l5	3
14	10*d*11	28*h*12	76*d*12	28*d*12	20	*H*10	20	10	*H*8	1,25	10	*H*9	1,25	14	*js*14	20	56	*js*l5	6
15	12*h*14	40*b*12	80*d*11	30*b*11	24	*H*10	20	8	*H*8	1,25	15	*H*9	1,25	10	*js*14	20	60	*js*14	8

Отчет по заданию должен содержать

- таблицу перевода буквенных обозначений допусков в цифровые значения;
- эскиз заготовки и детали;
- операционные эскизы;
- вариант технологического процесса с содержанием переходов.

Пример выполнения задания № 1.1 (вариант № 0)

По таблицам Прил. 1 или СТ СЭВ 144-75 находим значения верхних и нижних отклонений на все размеры по заданию. Результат перевода буквенного обозначения допусков в цифровые значения приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Результат перевода буквенных обозначений допусков в числовые

Обозначение размера на рис. 1.1	Номинальное значение размера, мм	Буквенное обозначение допуска	Значения отклонений, мкм	Значения отклонений, мм	Размер с числовым допуском, мм
М	10	*d*11	-40 -130	-0,040 - 0,130	$10^{-0,04}_{-0,13}$
Д	30	*d*11	-65 -195	-0,065 - 0,195	$30^{-0,065}_{-0,195}$
Г	70	*d*11	-100 -290	-0,100 - 0,290	$70^{-0,10}_{-0,29}$
Е	20	*e*11	-110 -240	-0,110 - 0,240	$20^{-0,11}_{-0,24}$
А	16	*H*10	+70 0	+0,070	$16^{+0,07}$
Б	10	*H*9	+36 0	+0,0360	$10^{+0,036}$
К	12	*H*10	+70 0	+0,070	$12^{+0,07}$
С	10	*js*l5	±290	±0,290	$10 \pm 0,29$
О	50	*js*l5	±1000	±1,000	$50 \pm 1,0$

Анализируя чертеж заготовки (см. рис. 1.1, *а* и табл. 1.1) и чертеж детали (см. рис. 1.1, *б* и табл. 1.1), где указаны все требуемые па-

раметры обрабатываемых поверхностей, определяем, что готовую деталь можно получить при обработке заготовки за одну или несколько операций, что зависит от приспособления для сверления.

При использовании приспособления с быстросменными кондукторными втулками, вертикально-сверлильного станка и набора режущего инструмента, состоящего из двух сверл разного диаметра, трех зенкеров разного диаметра и двух разверток также разного диаметра, возможна обработка отверстий по варианту, представленному в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Процесс обработки заготовки в приспособлении с быстросменными кондукторными втулками

Номер операции	Номер перехода	Содержание операции или перехода	Вид перехода
05	*Сверление, зенкерование, развертывание*		
	1	Установить и закрепить заготовку	Вспомогательный
	2	Сверлить отверстие К	Основной
	4	Заменить сверло	Вспомогательный
	5	Сверлить первое отверстие Б	Основной
	6	Сверлить второе отверстие Б	То же
	7	Заменить быстросменную кондукторную втулку	Вспомогательный
	8	Установить зенкер	То же
	9	Зенкеровать отверстие К	Основной
	10	Заменить зенкер	Вспомогательный
	11	Заменить быстросменную кондукторную втулку	То же
	12	Зенкеровать отверстие А	Основной
	13	Заменить зенкер	Вспомогательный
	14	Зенкеровать первое отверстие Б	Основной
	15	Зенкеровать второе отверстие Б	То же
	16	Заменить быстросменную кондукторную втулку	Вспомогательный
	17	Установить развертку	То же
	18	Развертывать отверстие К	Основной
	19	Заменить развертку	Вспомогательный
	20	Развертывать первое отверстие Б	Основной
	21	Развертывать второе отверстие Б	То же
	22	Раскрепить и снять деталь	Вспомогательный
10	*Контроль размеров детали*		

При обработке заготовки в сверлильных приспособлениях с постоянными кондукторными втулками потребуется не менее трех приспособлений для сверления, а обработка отверстий будет выполняться в несколько операций, что может сделать процесс обработки отверстий более дорогим. Окончательный ответ на этот вопрос может быть получен в результате экономического анализа операций, что будет рассматриваться в одном из последующих разделов.

Задание № 1.2

По одному из вариантов индивидуальных заданий (табл. 1.4) составить содержание операции и переходов для изготовления в условиях среднесерийного производства детали (рис. 1.2, *а*) из прутка, нарезанного на штучные заготовки (рис. 1.2, *б*). Все поверхности (А, Б, К, С, О) обрабатывают за один проход.

Отчет по заданию должен содержать

- таблицу перевода буквенных обозначений допусков в цифровые значения;
- операционные эскизы;
- вариант технологического процесса с содержанием переходов.

Пример выполнения задания № 1.2 (вариант № 0)

По таблице прил. 1 находим значения верхних и нижних отклонений на все размеры по заданию. Результат перевода буквенного обозначения допусков в цифровые значения приведен в табл. 1.5.

Построим операционный эскиз (операции 05) (рис. 1.2, *в*).

Анализируя чертеж заготовки (см. рис. 1.2, б), операционные эскизы (см. рис. 1.2, *в, г*) и табл. 1.4, где указаны все требуемые параметры обрабатываемых поверхностей, определяем, что заготовку лучше обрабатывать на заранее налаженном токарно-револьверном станке в одну токарную операцию, но за два установа, базируя ее в трехкулачковом патроне. Операция будет состоять из девяти простых переходов. Один из возможных вариантов последовательности выполнения переходов представлен в табл. 1.6.

При совмещении обработки некоторых поверхностей, т. е. при использовании более сложных переходов, количество переходов уменьшится, но это усложнит наладку и подналадку операции.

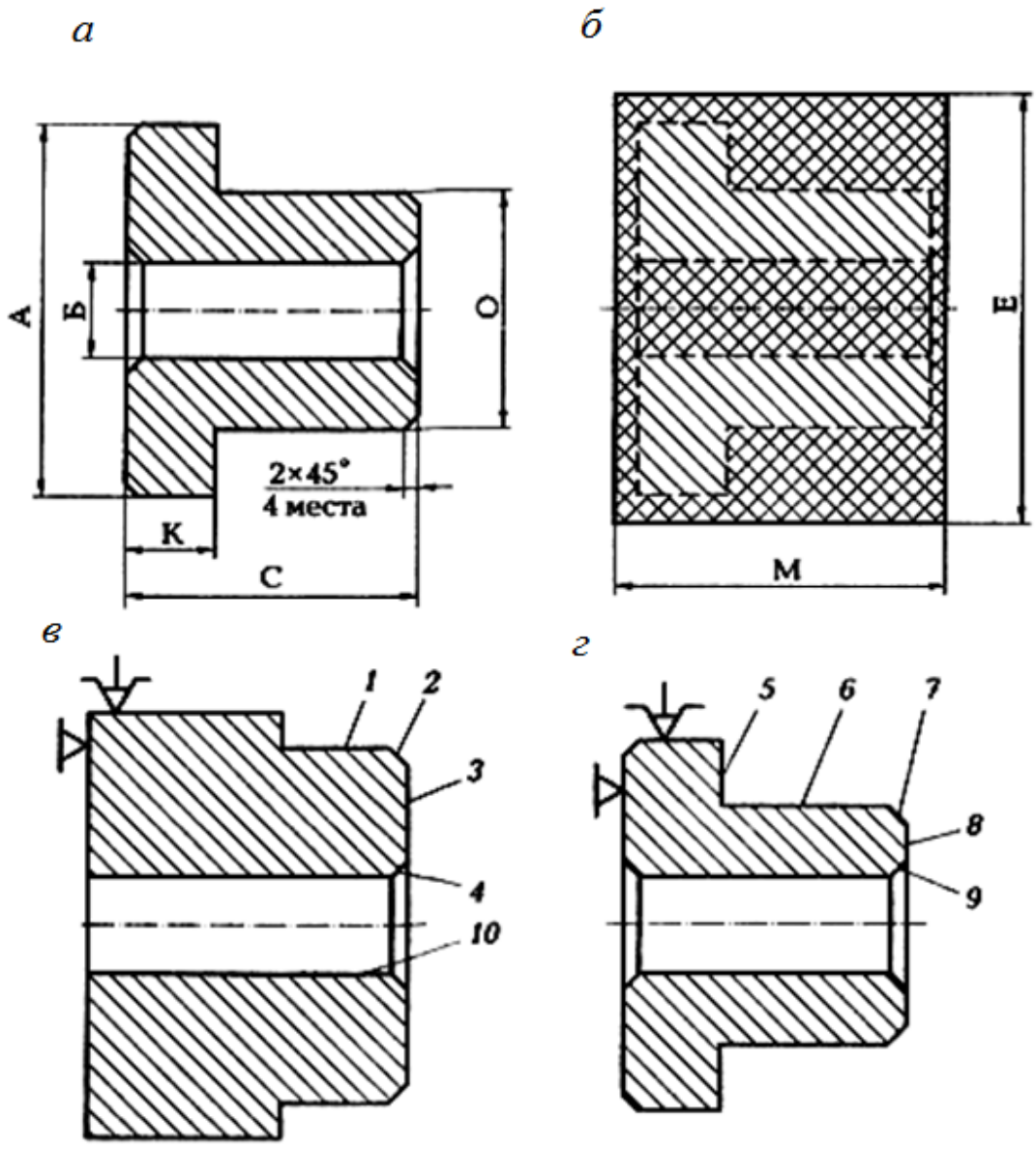


Рис. 1.2. Содержание операции:
а – обрабатываемая деталь; *б* – штучная заготовка; *в* – обрабатываемые поверхности с первого установа; *г* – обрабатываемые поверхности со второго установа; *1 – 10* – последовательность обработки поверхностей

Таблица 1.4

Индивидуальные варианты дня выполнения задания № 1.2

Вариант	Размеры заготовки, мм		Размеры детали														
			А			Б			К			С			О		
	М	Е	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм	номинальный размер, мм	поле допуска	*Rz*, мкм
0	62*js*l5	90*h*l5	87	*d*ll	20	10	*H*11	20	16	*b*12	20	58	*js*l2	20	80	*c*11	20
1	80*js*14	95*h*l4	92	*c*11	20	12	*H*12	20	10	*h*l0	20	78	*js*I4	20	86	*d*11	20
2	70*js*l6	80*h*16	77	*d*11	20	11	*H*13	20	12	*d*11	20	67	*js*16	20	70	*b*11	20
3	80*js*15	90*h*l5	86	*b*11	20	13	*H*12	20	14	*h*l2	20	77	*js*14	20	46	*h*10	20
4	74*js*13	92*h*l6	90	*a*10	20	12	*H*15	20	12	*d11*	20	72	*js*l5	20	86	*b*11	20
5	72*js*l5	85*h*l5	83	*b*12	20	12	*H*13	20	11	*b*12	20	70	*js*16	20	76	*d*11	20
6	70*js*14	90*h*l4	88	*h*10	20	10	*H*15	20	10	*d*11	20	68	*js*l4	20	80	*d*11	20
7	78*js*16	94*h*l5	91	*d*11	20	12	*H*14	20	14	*b*12	20	75	*js*l5	20	86	*d*11	20
8	72*js*l3	90*h*l3	87	*d*11	20	11	*H*14	20	12	*h*13	20	70	*js*l4	20	78	*a*l0	20
9	70*js*l4	88*h*l5	86	*c*11	20	10	*H*15	20	10	*d*11	20	67	*js*12	20	78	*b*11	20
10	72*js*l5	92*h*l5	90	*b*12	20	11	*H*14	20	11	*b*12	20	70	*js*15	20	86	*b*11	20
11	76*js*15	100*h*15	96	*h*10	20	20	*H*14	20	15	*d*11	20	70	*js*l4	20	85	*d*11	20
12	82*js*14	90*h*15	84	*h*10	20	10	*H*13	20	14	*h*13	20	78	*js*l2	20	76	*h*10	20
13	106*js*15	102*h*16	98	*d*11	20	12	*H*15	20	15	*d*11	20	102	*js*l4	20	78	*b*11	20
14	100*js*15	96*h*15	92	*d*11	20	11	*H*14	20	20	*b*12	20	96	*js*13	20	68	*d*11	20
15	86*js*16	98*h*15	94	*c*11	20	10	*H*14	20	12	*d*11	20	82	*js*15	20	80	*d*11	20

Таблица 1.5

Результат перевода буквенных обозначений допусков в цифровые

Обозначение размера на рис. 1.1	Номинальное значение размера, мм	Буквенное обозначение допуска	Значения отклонений, мкм	Значения отклонений, мм	Размер с цифровым допуском
М	62	*js*l5	±600	±0,6	62 ± 0,6
Е	90	*h*15	-1400	-1,4	$90_{-1,4}$
А	87	*d*11	-120 -340	-0,12 -0,34	$87^{-0,12}_{-0,34}$
Б	10	*H*11	+90 0	0,090 0	$90^{+0,09}$
К	16	*b*12	-150 -330	-0,15 -0,33	$30^{-0,15}_{-0,33}$
С	58	*js*l2	±150	±0,15	58 ±0,15
О	80	*c*11	-150 -340	-0,15 -0,34	$80^{-0,15}_{-0,34}$

Таблица 1.6

Процесс обработки заготовки по заданию № 1.2 (вариант № 0)

Номер операции	Номер перехода	Содержание операции или перехода	Вид перехода
05	*Токарная*		
Установ 1	1	Установить и закрепить заготовку	Вспомогательный
	2	Подрезать торец *3*	Основной
	3	Точить поверхность *1* на длину 25 мм	То же
	4	Сверлить отверстие *10*	-«-
	5	Точить фаску *2*	-«-
	6	Точить фаску *4*	-«-
	7	Переустановить заготовку	Вспомогательный
Установ 2	8	Подрезать торец *8*	Основной
	9	Точить поверхность *6* с образованием поверхности *5*	То же
	10	Точить фаску *7*	-«-
	11	Точить фаску *8*	-«-
	12	Снять деталь	Вспомогательный
10	*Контрольная*		

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2
ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы – практическое закрепление знаний по структуре технологического процесса, понятиям и определениям его элементов; приобретение навыков и умений в формировании структуры технологического процесса изготовления деталей машиностроения.

Практическая работа состоит из двух частей. В первой части студент по своему варианту задания выполняет работы, аналогично рассмотренному примеру (вариант № 0). Во второй студент по своему варианту задания самостоятельно выполняет все работы согласно заданию.

Отчет по практической работе должен содержать

- выделенные на прилагаемом чертеже основные операции механической обработки;
- название переходов, проходов, установов, позиций для каждой операции;
- операции с максимально возможной степенью дифференциации, когда каждая операция предельно проста, так как состоит из одного-двух простых переходов;
- одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов, что позволяет обрабатывать одновременно несколько поверхностей.

Первая часть задания:

- изучить рабочий чертеж детали (рис. 2.1, *а* и табл. 2.1) по своему варианту задания;
- определить возможные методы обработки поверхностей детали;
- по каждой поверхности назначить простейшие операции, состоящие из одного-двух переходов механической обработки (табл. 2.2);
- составить операцию с высокой степенью концентрации, состоящую из нескольких переходов, проходов, позиций и установок.

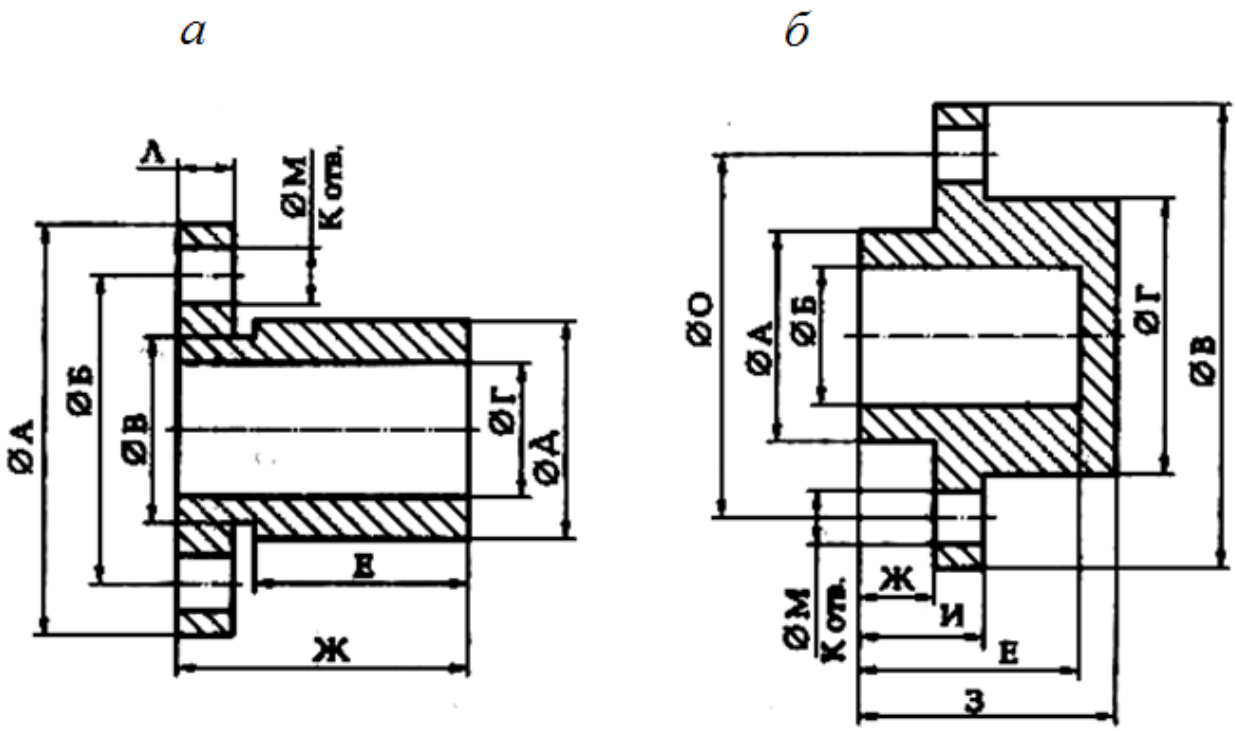


Рис. 2.1. Исходная информация для выполнения практической работы № 2:
а – первая деталь; *б* – вторая деталь

Вторая часть задания:

- выделить по прилагаемому к заданию чертежу детали (рис. 2.1, *б* и табл. 2.2) основные операции механической обработки;
- по каждой операции назвать переходы, проходы, установы, позиции;
- показать операции с максимально возможной степенью дифференциации, когда каждая операция предельно проста, так как состоит из одного-двух простых переходов;
- показать одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов для одновременной обработки несколько поверхностей;
- выделить вспомогательные переходы при обработке детали;
- показать одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов для одновременной обработки несколько поверхностей;
- выделить вспомогательные переходы при обработке детали.

Таблица 2.1

Индивидуальные варианты для выполнения первой части практической работы № 2

Показатели детали, мм	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ØА	98*c*9	100*d*9	110*f*9	90*f*9	100*d*9	90*f*9	110*d*9	100*f*9	95*d*9	110*d*9	100*d*9	90*e*9	110*e*9	100*e*9	95*e*9	110*e*9
ØБ	78*js*9	80*js*9	82*js*9	60*js*9	80*js*9	70*js*9	90*js*9	80*js*9	75*js*9	90*js*9	80*js*9	60*js*9	95*js*9	80*js*9	75*js*9	85*js*9
ØВ	50	52	54	45	50	48	55	50	48	50	50	50	65	54	61	56
ØГ	40*H*9	42*H*9	44*H*9	35*H*9	40*H*9	38*H*9	45*H*9	40*H*9	38*H*9	40*H*9	40*H*9	40*H*9	45*H*9	40*H*9	38*H*9	45*H*9
ØД	60*d*9	62*d*9	64*d*9	55*d*9	60*d*9	58*d*9	65*d*9	60*d*9	58*d*9	60*d*9	60*d*9	55*d*9	60*d*9	58*d*9	65*d*9	60*d*9
ØМ	10*H*9	12*H*9	14*H*9	10*H*9	10*H*9	8*H*9	12*H*9	10*H*9	8*H*9	12*H*9	10*H*9	8*H*9	10*H*9	12H9	6*H*9	10*H*9
Е	55	70	53	55	65	57	73	46	55	63	49	57	73	46	55	63
Ж	70	90	70	70	90	80	90	70	80	90	70	70	90	70	70	90
Л	10	15	12	10	20	18	22	19	20	22	16	10	15	20	22	30
К	5	4	3	6	8	4	3	6	8	6	4	3	6	8	6	4

Примечание. Эскиз более сложной (концентрированной) токарной операции, состоящей из семи основных переходов, представлен в табл. 2.3.

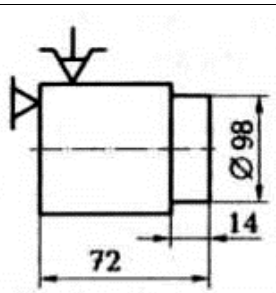
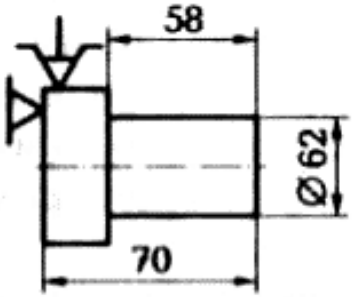
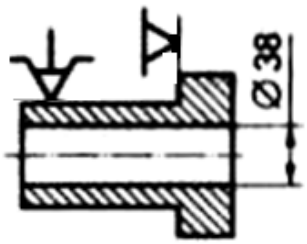
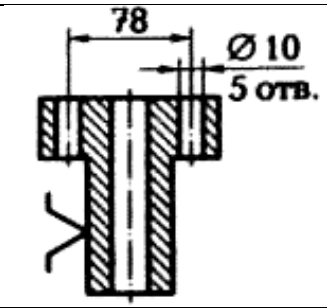
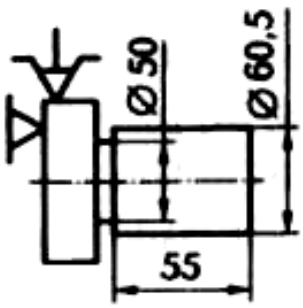
Таблица 2.2

Индивидуальные варианты для выполнения второй части практической работы № 2

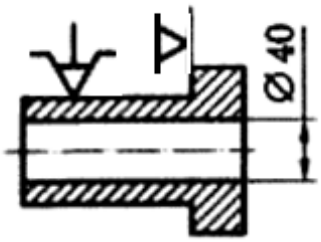
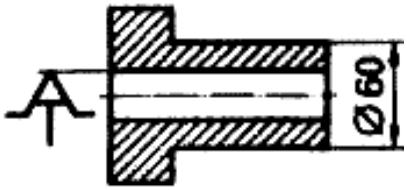
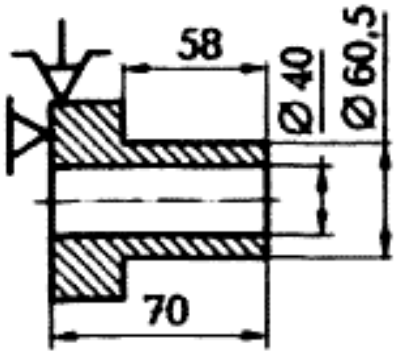
Показатели детали, мм	Вариант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø А	30*h*9	35*h*9	40*h*9	36*h*9	32*h*9	30*f*9	32*f*9	30*f*9	28*f*9	32*h*10	38*h*10	42*f*9	40*h*9	34*f*9	36*f*9
Ø Б	25	30	34	30	28	24	26	24	22	28	28	32	30	24	26
Ø В	70	80	80	75	75	72	80	76	78	78	70	74	80	80	80
Ø Г	35	40	45	42	39	36	38	38	36	40	42	50	45	40	50
Ø М	8*H*9	10*H*9	12*H*9	10*H*9	9*H*9	8*H*9	12*H*9	10*H*9	12*H*9	8*H*9	6*H*9	6*H*9	8*H*9	8*H*9	10*H*9
Размер Ж	8	12	14	10	14	18	22	20	12	12	18	22	20	12	12
Размер З	25	30	32	28	36	40	42	34	30	28	40	44	38	42	50
Размер И	12	18	19	15	19	23	27	25	17	17	10	14	15	10	8
Размер Е	20	26	28	24	32	36	38	30	26	24	30	40	30	36	45
Ø О	50*js*l4	65*js*9	60*js*l4	55*jsl*4	52*js*9	50*js*14	60*js*l4	56*is*9	54*js*l4	50*jsl*4	50*js*l4	54*js*l4	60*js*9	60*js*14	60*js*l4
Число К	2	4	6	4	6	4	2	4	8	6	4	6	4	2	4

Таблица 2.3

Результаты выполнения первой части практической работы № 1.1 (вариант № 0)

Номер и наименование операции	Операционный эскиз	Содержание переходов
Основное задание		
05 – токарная черновая		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 72 мм. Точить Ø98 мм за один проход на длину 14 мм. Снять деталь
10 – токарная черновая		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 70 мм. Точить Ø62 мм за несколько проходов, выдерживая размер 58 мм. Снять деталь
15 – токарная черновая		Установить заготовку. Сверлить отверстие предварительно Ø20 мм. Расточить отверстие Ø38 мм. Снять деталь
20 – сверлильная		Установить заготовку. Сверлить 5 отверстий предварительно Ø9,6 мм. Зенкеровать 5 отверстий Ø 9,9 мм. Развернуть 5 отверстий Ø10H9. Снять деталь
25 – токарная чистовая		Установить заготовку. Обточить Ø60,5 мм. Точить канавку Ø50 мм резцом шириной 5 мм. Снять деталь

Окончание табл. 2.3

Номер и наименование операции	Операционный эскиз	Содержание переходов
30 – токарная чистовая		Установить заготовку. Расточить отверстие Ø40 мм. Снять деталь
35 – шлифовальная		Установить заготовку. Шлифовать наружную поверхность Ø60 мм. Снять деталь
40 – контрольная	См. рис. 2.1 и табл. 2.1	Контроль геометрических параметров
Дополнительное задание		
Операция с высокой степенью концентрации		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 70 мм. Точить Ø62 мм за несколько проходов, выдерживая размер 58 мм. Точить Ø60,5 мм. Сверлить центральное отверстие Ø20 мм. Расточить центральное отверстие Ø38 мм. Расточить центральное отверстие Ø40 мм. Точить канавку Ø50 мм резцом шириной 5 мм. Снять деталь

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите структуру технологического процесса механической обработки.
2. Что называют основной операцией технологического процесса?
3. Что называют вспомогательной операцией технологического процесса?
4. Что называют основным переходом?
5. Что называют вспомогательным переходом?
6. Что называют установом?
7. Объясните сущность выполнения операции в два установа.
8. Чем отличается простой переход от сложного перехода?
9. Какая операция технологического процесса считается основной? Какой переход технологической операции считается основным?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРИПУСКОВ

Краткие теоретические сведения

Заготовка – это предмет производства, форма которого приближена к форме детали, из которого изготовляют деталь или неразъемную сборочную единицу путем изменения формы и шероховатости поверхностей, их размеров, а также свойств материала. Принято считать, что на любую операцию поступает заготовка, а выходит с операции деталь.

Конфигурация заготовки обусловлена конструкцией детали, ее размерами, материалом и условиями работы детали в готовом изделии, т. е. всеми видами нагрузок, воздействующих на деталь во время эксплуатации готового изделия.

Исходная заготовка – это заготовка, поступающая на первую операцию технологического процесса.

Припуск – это слой материала заготовки, удаляемый в процессе ее механической обработки для получения требуемой точности и параметров поверхностного слоя готовой детали.

Промежуточный припуск – это слой материала, снимаемый при выполнении одного технологического перехода. Его определяют как разность размера поверхности заготовки, полученного на предыдущей операции, и размера этой же поверхности детали, полученного при выполнении данного перехода по обработке поверхности заготовки в одной операции.

Операционный припуск – это толщина слоя материала, снимаемого с конкретной поверхности заготовки в одной операции. Величина z_0 операционного припуска зависит от следующих параметров: высота неровностей Rz поверхности (шероховатости), образовавшихся на предыдущей операции; глубина $h_д$ дефектного слоя поверхности заготовки; допуск T на операционный размер и др.

Операционные припуски определяют расчетно-аналитическим или опытно-статистическим методом.

Общий припуск – это сумма всех промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки конкретной поверхности заготовки. Общий припуск для каждой поверхности заготовки можно определить в виде разности размера этой поверхности заготовки и размера этой же поверхности готовой детали.

Расчетно-аналитический метод определения припусков дает возможность при обработке поверхностей вращения определять припуск либо на диаметр, либо на радиус (на сторону). В общем случае величина припуска на диаметр

$$z_0 = 2[Rz + h_д + T], \qquad (3.1)$$

где Rz – высота неровностей поверхности (шероховатости), образовавшихся на предыдущей операции; $h_д$ – глубина дефектного слоя поверхности заготовки; T – допуск на операционный размер.

При обработке плоской поверхности (односторонняя обработка) припуск задается на сторону. В общем случае величина припуска на сторону

$$Z_0 = Rz + h_д + T. \qquad (3.2)$$

Общий припуск на механическую обработку определяется сравнением размеров поверхностей заготовки и соответствующих поверхностей детали.

Для наружной поверхности вращения (рис. 3.1) общий припуск на диаметр

$$2\,z_{общ.d} = d_0 - d_д, \qquad (3.3)$$

где d_0 – наружный диаметр заготовки; $d_д$ – наружный диаметр детали.

Для внутренней поверхности вращения (рис. 3.1, *б*) общий припуск на диаметр

$$2z_{общ.D} = D_A - D_0, \qquad (3.4)$$

где D_A – внутренний диаметр детали; D_0 – внутренний диаметр заготовки.

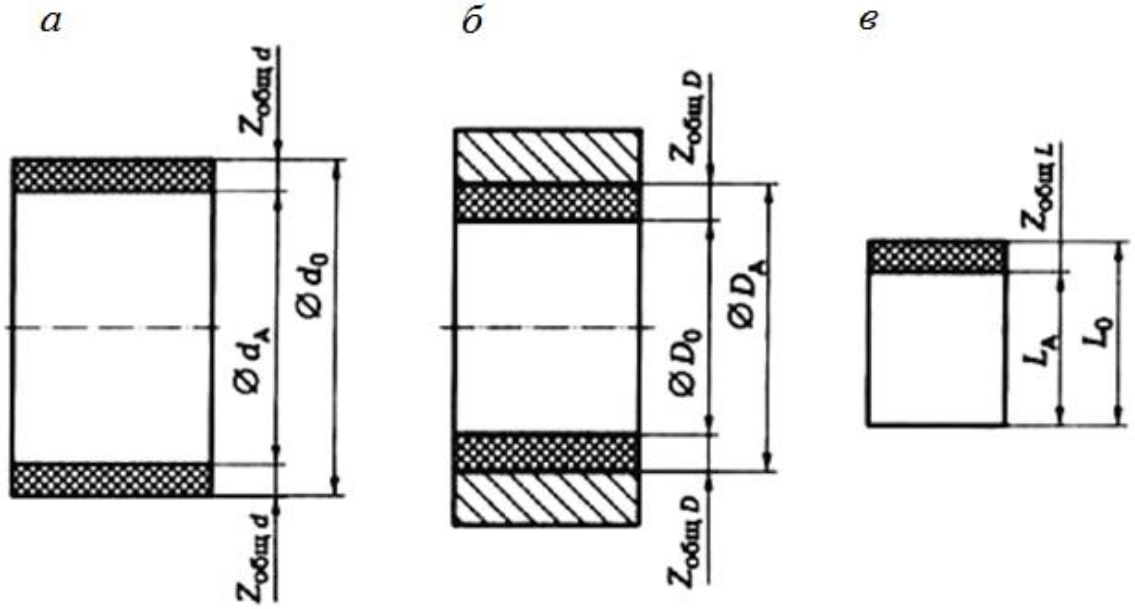


Рис. 3.1. Схема расположения припусков на механическую обработку: *а* – для наружной цилиндрической поверхности; *б* – для внутренней цилиндрической поверхности; *в* – для плоской поверхности

Для плоской поверхности (рис. 1.4, *в*) общий припуск

$$z_{\text{общ}L} = L_0 - L_\text{A}\ , \qquad (3.5)$$

где L_0 – размер заготовки; L_A – размер детали.

После того как определили промежуточные припуски для каждого перехода, определяют промежуточные размеры заготовки, что позволяет подобрать режущий и мерительный инструмент.

Опытно-статистический метод определения припусков дает возможность определять припуски на переходы, величина которых во многом определяется методом обработки поверхности заготовки и ее размерами. При этом методе используют таблицы из нормативно-справочных источников.

Задание № 3.1

Деталь – вал (рис. 3.2, *а*) изготовляют в условиях мелкосерийного производства из горячекатаной заготовки (рис. 3.2, *б*). Наибольшую по диаметру ступень вала обрабатывают в два перехода.

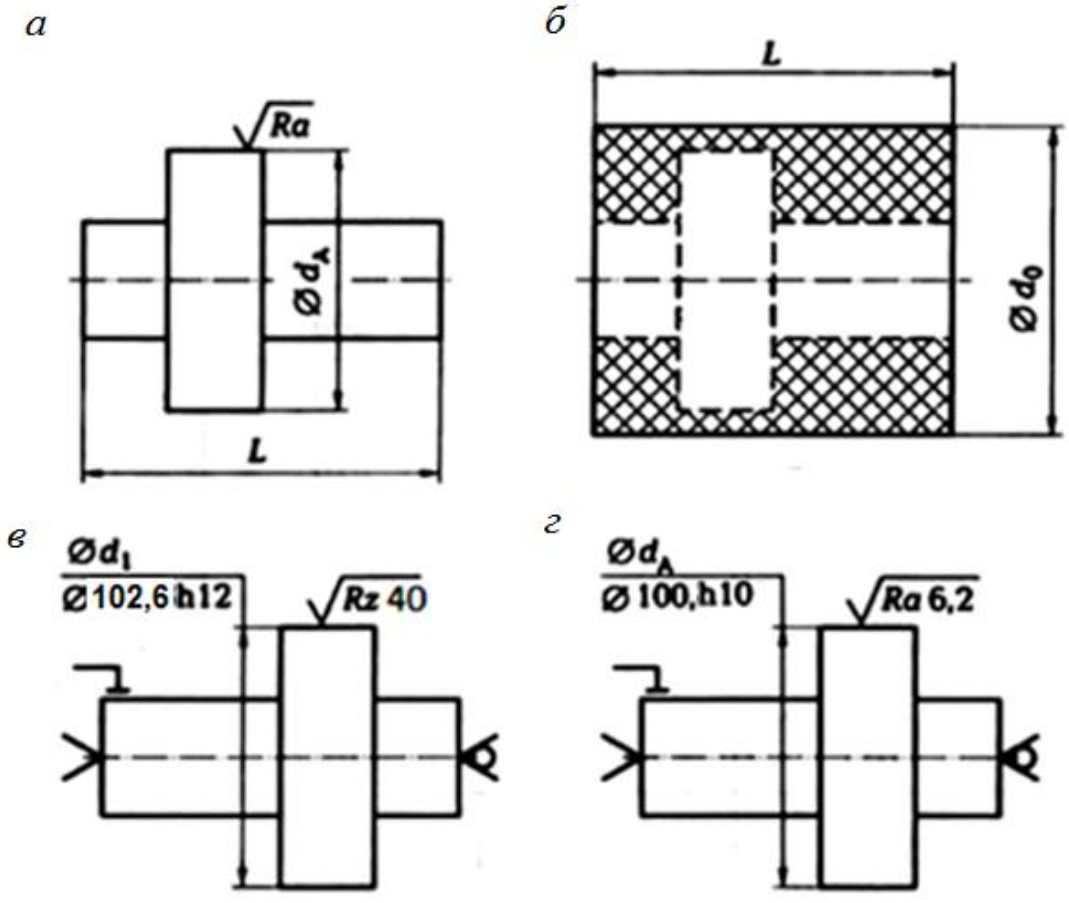


Рис. 3.2. Схема обработки наибольшей по диаметру ступени вала:
а – вал; *б* – заготовка; *в* – обтачивание черновое;
г – обтачивание чистовое

Требуется по одному из вариантов задания (табл. 3.1) установить общий припуск, промежуточные припуски на оба перехода механической обработки наибольшего диаметра детали; рассчитать промежуточный размер после первого перехода и выполнить операционные эскизы на оба перехода.

Отчет по заданию должен содержать

- эскизы детали и заготовки;
- операционные эскизы;
- расчетные формулы с результатами расчета.

Пример выполнения задания № 3.1 (вариант № 0)

По формуле (3.3) с учетом задания (см. вариант № 0, табл. 3.1) найдем общий припуск на механическую обработку наибольшего диаметра:

$$2z_{\text{общ}.d} = d_0 - d_{\text{А}} = 110 - 100 = 10 \text{ мм}.$$

Таблица 3.1

Варианты для задания 3.1

Вариант	Диаметр заготовки d_0, мм	Диаметр детали $d_{\text{А}}$, мм	Длина заготовки L, мм	Ra, мкм
0	110	100	400	6,2
1	100	92	300	3,2
2	140	130	320	6,2
3	180	168	340	3,2
4	200	186	300	3,2
5	120	112	350	6,2
6	180	168	310	6,2
7	130	120	390	3,2
8	150	138	400	6,2
9	110	102	300	3,2
10	140	129	350	3,2
11	130	118	250	6,2
12	100	84	340	6,2
13	125	115	280	3,2
14	150	148	315	6,2
15	160	156	420	3,2

Промежуточный припуск на диаметр при чистовом точении найдем по табл. прил. 4:

$$2z_{\text{табл}} = 2{,}0 \text{ мм}.$$

Для мелкосерийного производства припуск следует увеличить, для чего вводится коэффициент $K = 1{,}3$, тогда

$$2z_{\text{расч}} = 2z_{\text{табл}} \cdot K = 2{,}0 \cdot 1{,}3 = 2{,}6 \text{ мм}.$$

Припуск на диаметр при черновом точении можно определить расчетом:

$$2z_1 = 2z_{\text{общ.}} - 2z_{\text{расч}} = 10 - 2{,}6 = 7{,}4 \text{ мм}.$$

Диаметр d_i после чернового прохода (рис. 3.2, *в*) определяется исходя из максимального диаметра детали и припуска $2Z_{\text{расч}}$ на чистовое точение:

$$d_1 = d_{\max} + 2Z_{\text{расч}} = 100 + 2{,}6 = 102{,}6 \text{ мм}.$$

Точность получают по квалитету *h*l2, т. е. 102,6*h*l2, а шероховатость поверхности для чернового точения *Rz* 40. Операционные эскизы чернового и чистового точения представлены на рис. 3.2, *в, г,* а размеры детали соответствуют заданным.

Задание № 3.2

По одному из вариантов задания (табл. 3.2) определить с помощью таблиц операционные припуски, рассчитать операционные размеры для всех переходов изготовления детали – вала (рис. 3.3*, а*) из поковки (рис. 3.3, *б*), которая прошла фрезерно-центровальную операцию; выполнить операционные эскизы.

Отчет по заданию должен содержать

- эскизы детали и заготовки;
- операционные эскизы;
- расчетные формулы с результатами расчета.

Таблица 3.2

Варианты для задания № 3.2

Вариант	Деталь							Заготовка		
	Ø В			Ø А			длина *L*, мм	ØМ		
	номинальный размер, мм	точность	*Ra*, мкм	номинальный размер, мм	точность	*Ra*, мкм		номинальный размер, мм	точность	*Rz*, мкм
0	90	*f*8	2,5	42	*f*9	2,5	350	96	*d*15	250
1	80	*z*8	2,5	64	*d*9	2,5	300	88	*js*15	250
2	66	*x*8	2,5	56	*d*9	2.5	380	72	*js*l4	250
3	86	*u*8	2,5	50	*x*8	2,5	320	94	*js*16	250
4	76	*h*8	2,5	48	*u*8	2,5	370	82	*js*l5	250
5	68	*s*8	2,5	44	*f*8	2,5	340	76	*js*l3	250
6	80	*d*9	2,5	64	*z*8	2,5	390	88	*js*l5	250
7	94	*d*9	2,5	60	*x*8	2,5	360	100	*js*l4	250
8	78	*x*8	2,5	56	*u*8	2,5	320	84	*js*l6	250
9	82	*u*8	2,5	62	*h*7	2,5	380	90	*js*l3	250
10	64	*z*8	2,5	46	*s*8	2,5	340	72	*js*l4	250
11	82	*d*9	2,5	40	*n*8	2,5	300	90	*js*l5	250
12	85	*d*9	2,5	42	*k*7	2,5	310	95	*js*l4	250
13	100	*x*8	2,5	50	*u*8	2,5	320	110	*js*l6	250
14	96	*u*8	2,5	45	*h*8	2,5	280	105	*js*l3	250
15	72	*z*8	2,5	36	*m*7	2,5	240	80	*js*l4	250

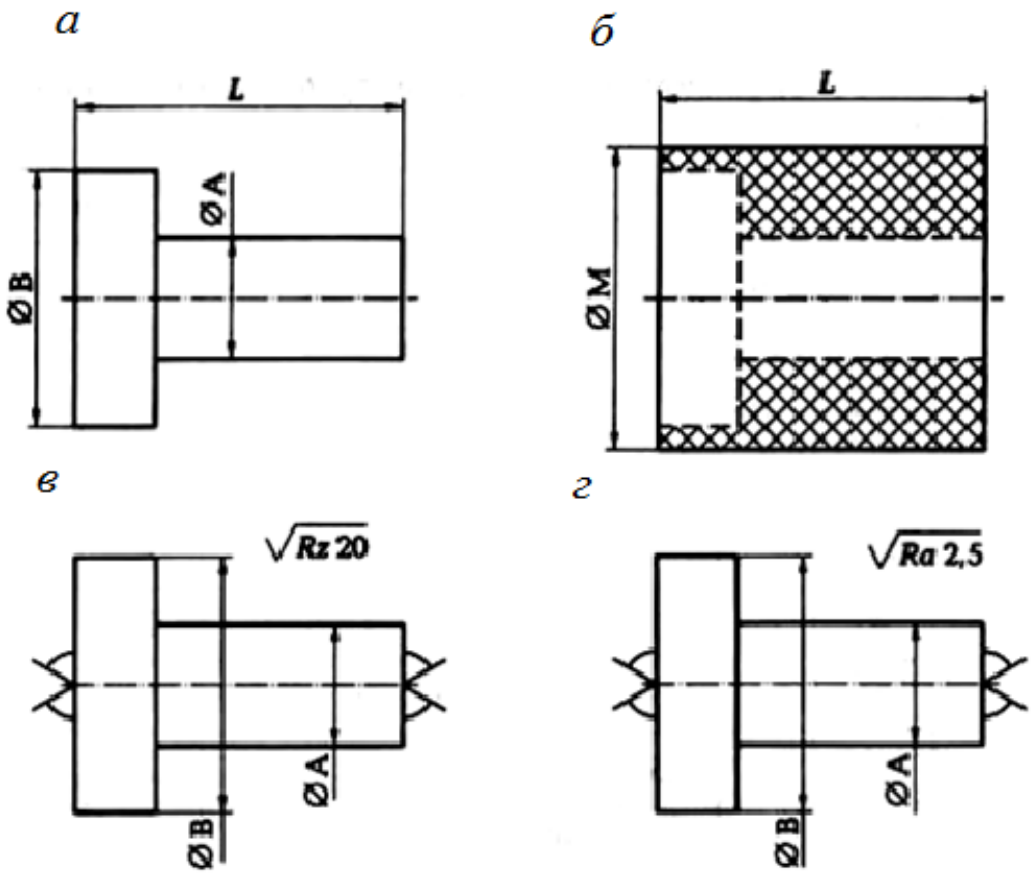


Рис. 3.3. Схема обработки вала:
а – деталь; *б* – расположение припуска на обработку; *в* – обтачивание; *г* – шлифование

Пример выполнения задания № 3.2 (вариант № 0)

Используя прил. 2, последовательность обработки заготовки, установленной в рифленых центрах, можно представить следующим образом (табл. 3.3).

Для диаметра В общий припуск на диаметр для механической обработки найдем по формуле (3.3):

$$2Z_{общ} = d_0 - d_B = 96 - 90 = 6 \text{ мм}.$$

С учетом последовательности обработки (см. табл. 3.3) имеем

$$2Z_{общd} = 2Z_1 + 2Z_2 + 2Z_3 + 2Z_4, \qquad (3.6)$$

где $2Z_1$ – припуск на диаметр для чернового точения; $2Z_2$ – припуск на диаметр для чистового точения; $2Z_3$ – припуск на диаметр для предварительного шлифования; $2Z_4$ – припуск на диаметр для чистового шлифования.

По прил. 4 находим, что операционный припуск на диаметр при шлифовании равен 0,6 мм. Распределяем его на шлифование предва-

рительное и чистовое (примерно в отношении 3:1 или 2:1) и получаем $2Z_3 = 0{,}4$ мм, а $2Z_4 = 0{,}2$ мм.

По прил. 4 находим, что припуск на чистовое точение $2Z_2 = 2{,}0$ мм, тогда припуск на черновое точение:

$$2Z_1 = 2Z_{общd} - 2Z_2 - 2Z_3 - 2Z_4 = 6 - 2{,}0 - 0{,}4 - 0{,}2 = 3{,}4 \text{ мм}.$$

С учетом ранее проведенных расчетов находим размеры, которые следует получить после каждого перехода.

После чернового точения следует получить размер

$B_1 = B_0 - 2Z_1 = 96 - 3{,}4 = 92{,}6h14$ (B_0 – размер заготовки – ØМ).

После чистового точения следует получить размер

$$B_2 = B_1 - 2Z_2 = 92{,}6 - 2{,}0 = 90{,}6h12.$$

После предварительного шлифования следует получить размер

$$B_3 = B_2 - 2Z_3 = 90{,}6 - 0{,}4 = 90{,}2f10.$$

После чистового шлифования следует получить размер

$$B_4 = B_3 - 2Z_4 = 90{,}2 - 0{,}2 = 90f9.$$

Для диаметра А алгоритм действий аналогичен предыдущему.

Общий припуск на диаметр для механической обработки найдем по формуле (3.3):

$$2Z_{общd} = d_0 - d_A = 96 - 44 = 52 \text{ мм}.$$

С учетом последовательности обработки (см. табл. 3.3) имеем:

$$2Z_{общd} = 2Z_1 + 2Z_2 + 2Z_3 + 2Z_4, \qquad (3.7)$$

где $2Z_1$ – припуск на диаметр для чернового точения; $2Z_2$ – припуск на диаметр для чистового точения; $2Z_3$ – припуск на диаметр для предварительного шлифования; $2Z_4$ – припуск на диаметр для чистового шлифования.

По прил. 4 находим, что операционный припуск на диаметр при шлифовании равен 0,5 мм. Распределяем его на шлифование предварительное и чистовое (примерно в отношении 3:1) и получаем $2Z_3 = 0{,}4$ мм, а $2Z_4 = 0{,}1$ мм.

По прил. 4 припуск на чистовое точение $2Z_2 = 1{,}5$ мм.

Тогда припуск на черновое точение

$2Z_1 = 2Z_{общd} - 2Z_2 - 2Z_3 - 2Z_4 = = 52 - 1{,}5 - 0{,}4 - 0{,}1 = 50$ мм.

Безусловно, такой большой припуск на черновое точение придется снимать за несколько проходов в зависимости от жесткости заготовки. С учетом проведенных ранее расчетов находим размеры, которые следует получить после каждого перехода.

После чернового точения следует получить размер

$$A_1 = M_0 - 2Z_1 = 96 - 52 = 44f14.$$

После чистового точения следует получить размер

$$A_2 = A_1 - 2Z_2 = 44 - 1{,}5 = 42{,}5f12.$$

После предварительного шлифования следует получить размер

$$A_3 = A_2 - 2Z_3 = 42{,}5 - 0{,}4 = 42{,}1f10.$$

После чистового шлифования следует получить размер

$$A_4 = A_3 - 2Z_4 = 42{,}1 - 0{,}1 = 42f9.$$

Операционные эскизы для точения и шлифования представлены на рис. 3.3, *в, г* соответственно, а результаты расчета сведены табл. 3.3.

Таблица 3.3

Последовательность обработки вала (рис. 3.3)

Номер операции	Содержание перехода	Снимаемый припуск, мм	Полученные параметры		
			точность	шероховатость, мкм	номинальный размер, мм
05	Установить заготовку	–	*d*15	*Rz*250	96
	Черновое точение ØA (8 – 14 ходов)	52	*h*14	*Rz*40	44
	Черновое точение ØB	3,4	*h*14	*Rz*40	92,6
	Чистовое точение ØA	1,5	*h*12	*Rz*20	42,5
	Чистовое точение ØB	2,0	*h*l2	*Rz*20	90,6
	Снять деталь	–	–	–	–
10	Установить заготовку	–	–	–	–
	Предварительное шлифование ØA	0,4	*h*10	*Ra*3,2	42,1
	Предварительное шлифование ØB	0,4	*f*10	*Ra*3,2	90,2
	Чистовое шлифование ØA	0,1	*f*9	*Ra*2,5	42
	Чистовое шлифование ØB	0,2	*f*8	*Ra*2,5	90
	Снять деталь	–	–	–	–
15	Контроль параметров детали	–	–	–	–

Задание № 3.3

По одному из вариантов задания (табл. 3.4) выбрать с помощью таблиц «операционные припуски», рассчитать промежуточные размеры для выполнения всех переходов, выполнить операционные эс-

кизы для обработки одной ступени (по указанию преподавателя) детали (рис. 3.4, *а*). Заготовка – поковка (рис. 3.4, *б*) прошла фрезерно-центровальную операцию.

Таблица 3.4

Варианты задания № 3.3

Вариант	Показатели заготовки				Показатели детали				*L*, мм
	$\varnothing A_0$	$\varnothing Б_0$	$\varnothing B_0$	$\varnothing Г_0$	$\varnothing A_А$	$\varnothing Б_Д$	$\varnothing B_А$	$\varnothing Г_А$	
0	44*d*ll	66*d*ll	40*d*ll	32*d*ll	38*f*8	60*f*8	36*f*8	28*f*8	430
1	40*js*l5	46*js*l5	36*js*l5	34*js*l5	30*z*8	40*z*8	32*z*8	22*z*8	430
2	38*js*l4	66*jsl*4	34*js*l4	26*js*l4	32*x*8	60*x*8	30*x*8	20*x*8	430
3	46*js*l6	62*jsl*6	42*js*l6	34*js*l6	38*u*8	56*u*8	38*u*8	28*u*8	430
4	50*js*l5	66*js*l5	48*js*l5	37*jsl*5	44*h*8	62*h*8	44*h*8	32*h*8	430
5	50*js*l3	68*jsl*3	40*js*l3	27*js*l3	42*s*8	64*s*8	36*s*8	20*s*8	430
6	40*js*l5	60*js*l5	42*js*l5	29*js*l5	30*d*9	55*d*9	38*d*9	22*d*9	430
7	32*js*l4	66*js*l4	36*js*l4	27*js*l4	28*d*9	60*d*9	30*d*9	20*d*9	430
8	42*js*l6	64*js*l6	40*js*l6	34*js*l6	38*x*8	58*x*8	36*x*8	28*x*8	430
9	40*js*l3	66*js*l3	35*js*l3	30*js*l3	32*u*8	62*u*8	32*u*8	22*u*8	430
10	32*js*l4	50*js*l4	35*js*l4	25*js*l4	25*z*8	44*z*8	*30z8*	18*z*8	430
11	45*js*l5	68*js*l5	48*js*l5	32*js*l5	35*d*9	60*d*9	40*d*9	26*d*9	430
12	38*js*l4	66*js*l4	36*js*l4	27*js*l4	32*d*9	60*d*9	30*d*9	20*d*9	430
13	46*js*l6	64*js*l6	40*js*l6	34*js*l6	38*x*8	58*x*8	36*x*8	28*x*8	430
14	40*js*l3	66*js*l3	35*js*l3	30*js*l3	32*u*8	58*u*8	30*u*8	26*u*8	430
15	38*js*l4	50*js*l4	35*js*l4	25*js*l4	30*z*8	44*z*8	30*z*8	18*z*8	430

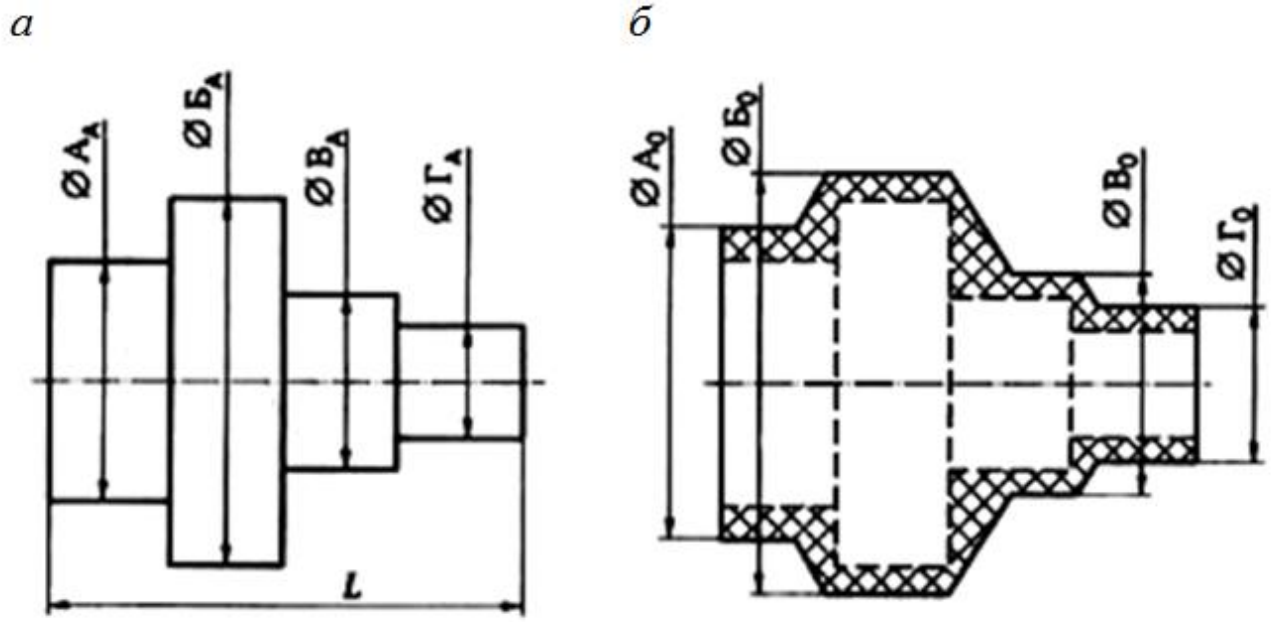


Рис. 3.4. Вал:
а – размеры детали; *б* – размеры заготовки

Отчет по заданию должен содержать

- эскизы детали и заготовки;
- операционные эскизы;
- последовательность обработки вала в виде таблицы;
- расчетные формулы с результатами расчета.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВОК

Краткие теоретические сведения

Форма заготовки должна быть приближена к форме детали. Это приближение во многом определяет технико-экономические показатели технологического процесса изготовления детали.

Спроектировать заготовку – это значит установить ее форму, размеры с допускаемыми отклонениями (допусками), припуски на механическую обработку, твердость материала и др. технические требования, которым должна соответствовать заготовка для детали.

При обработке любой поверхности за один рабочий ход на предварительно настроенном станке партии заготовок в результате упругих деформаций системы обработки и изменяющихся в пределах допуска размеров a заготовок – от наименьшего $a_{\min}$ до наибольшего $a_{\max}$ – размеры b деталей также будут изменяться от наименьших $b_{\min}$ до $b_{\max}$ наибольших. Значение Z промежуточного припуска также будет изменяться от наименьшего $Z_{\min}$ до наибольшего $Z_{\max}$.

Значение i-го наименьшего промежуточного припуска представляется как разность:

$$Z_{i\min} = a_{\min} - b_{\max}. \qquad (4.1)$$

Значение i-го наибольшего промежуточного припуска

$$Z_{\max} = a_{\max} - b_{\min}. \qquad (4.2)$$

Однако в рамках данного практикума целесообразно пользоваться номинальными значениями припусков, размеров заготовки и размеров детали.

Номинальный припуск – это разность между номинальным размером a_{i-1} заготовки, полученным на предыдущем (i-1)-м переходе, и размером b_i, детали, полученным на выполняемом i-м переходе:

$$Z_{i\text{nom}} = a_{i-1} - b_i. \qquad (4.3)$$

Тогда общий Z_0 номинальный припуск на обработку конкретной поверхности заготовки рассчитывают в виде суммы номинальных припусков на все технологические переходы (или операции) по обработке данной поверхности. В то же время этот припуск будет равен разности номинальных размеров заготовки и детали, т. е.:

$$Z_0 = \sum_1^n Z_{i\text{nom}} = a_{\text{nom.заг}} - b_{\text{nom.дет}}, \qquad (4.4)$$

где n – общее число технологических переходов или операций по обработке данной поверхности.

Таким образом, наружные номинальные размеры каждой поверхности исходной заготовки определяют путем прибавления к наружным номинальным размерам d_A, D_A, L_A каждой поверхности детали общих номинальных припусков, $Z_{общd}$,. $Z_{общD}$, $Z_{общL1}$,. $Z_{общL2}$ на обработку данной поверхности. Внутренние номинальные размеры каждой поверхности исходной заготовки определяют путем вычитания из внутренних номинальных размеров каждой поверхности детали общих номинальных припусков на обработку данной поверхности. Так, например, для детали, изображенной на рис. 4.1, *а*, размеры исходной заготовки (рис. 4.1, *б*) можно определить по формулам:

$$d_0 = d_A + 2Z_{общd}; \quad (4.5)$$

$$D_0 = D_A + 2Z_{общD}; \quad (4.6)$$

$$L_0 = L_A + Z_{общL1} + Z_{общL2}. \quad (4.7)$$

Общие припуски $Z_{общd}$, $Z_{общD}$, $Z_{общL1}$ и $Z_{общL2}$ выбирают по соответствующим таблицам.

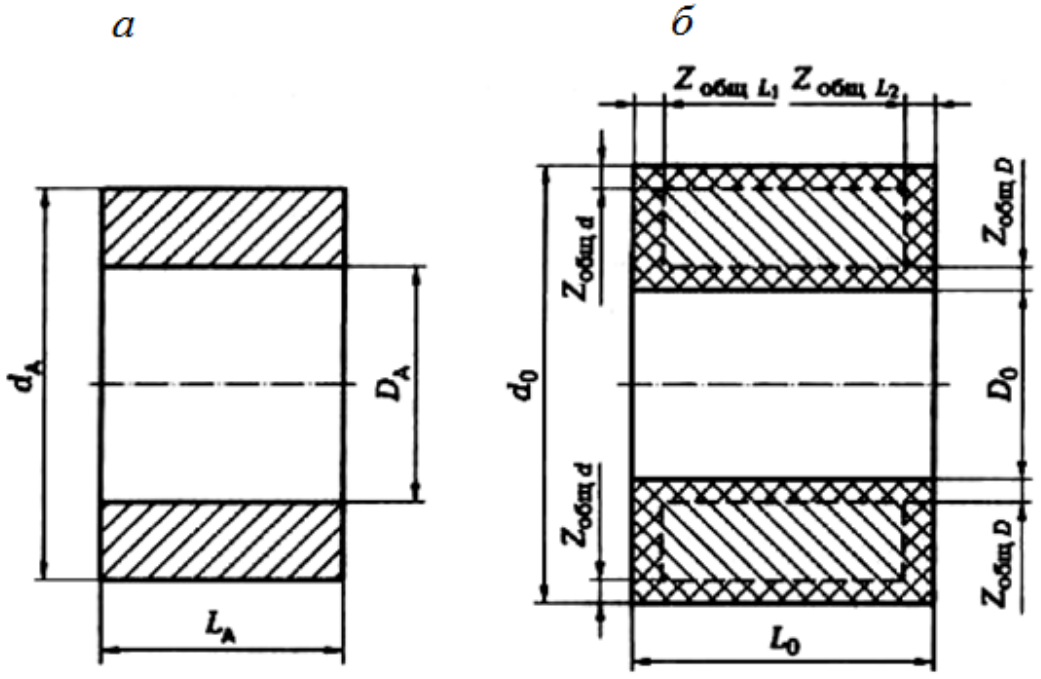


Рис. 4.1. Схема определения размеров заготовки:
а – размеры детали; *б* – расположение припусков и размеры заготовки

Задание № 4.1

По одному из вариантов задания (табл. 4.1) спроектировать исходную заготовку для изготовления вала (рис. 4.2, *а*) из стального (18ХНЗА) проката в условиях мелкосерийного производства (200 шт./год). Шероховатость поверхности проката *Rz* 250 мкм.

Таблица 4.1

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 4.1

Вариант	Показатели детали								
	ØА		ØБ		ØВ		L_1, мм	L_2, мм	L, мм
	номинальный размер, мм	*Ra*, мкм	номинальный размер, мм	*Ra*,мкм	номинальный размер, мм	*Ra*,мкм			
0	80	1,2	89	1,2	85	80	130	100	250
1	60	2,5	100	2,5	70	80	100	120	260
2	30	1,2	80	2,5	40	80	110	90	250
3	120	2,5	130	1,2	60	80	80	120	250
4	80	2,5	100	1,2	70	80	110	105	260
5	20	1,2	80	2,5	40	80	85	95	200
6	90	2,5	160	2,5	80	80	140	60	250
7	68	1,2	100	2,5	45	80	125	75	250
8	75	2,5	100	1,2	78	80	100	60	200
9	30	1,2	88	2,5	40	80	105	124	260
10	70	1,2	100	1,2	60	80	88	68	180
11	86	2,5	92	2,5	88	80	80	120	250
12	78	1,2	88	2,5	82	80	100	105	250
13	86	2,5	95	1,2	90	80	85	95	200
14	90	2,5	100	2,5	95	80	140	60	260
15	82	1,2	90	1,2	86	80	100	75	200

Отчет по заданию должен содержать

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

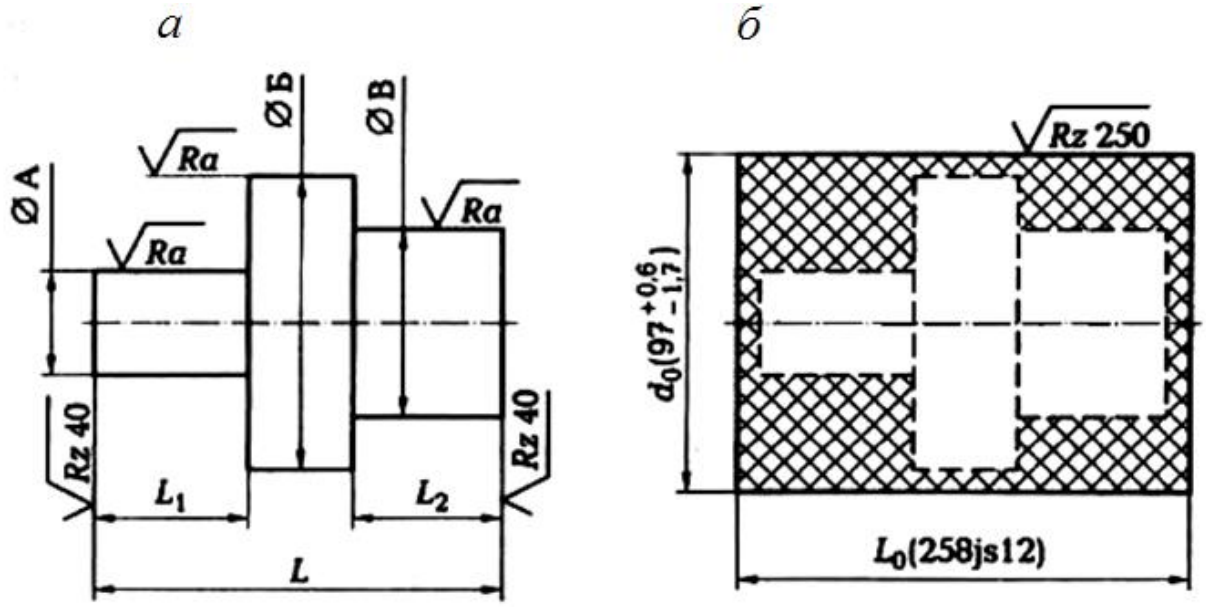


Рис. 4.2. Схема проектирования заготовки для вала:
а – размеры детали; *б* – размеры заготовки

Пример выполнения задания № 4.1 (вариант № 0)

Из анализа чертежа детали (см. рис. 4.2, *а*) следует, что перепады диаметров вала незначительные ($\Delta d \leq 10$ мм), требования к механическим свойствам материала заготовки отсутствуют, а производство мелкосерийное. Поэтому допустимо нарезать штучные заготовки из цилиндрического прутка длиной L_0 и диаметром d_0.

Диаметр заготовки определяем по формуле (4.5). Общий припуск (прил. 4): $2Z_{общd} = 8$ мм с учетом длины заготовки в интервале 180÷260 мм и параметра шероховатости детали *Ra* 1,2 мкм. Тогда наружный диаметр заготовки

$$d_0 = d_A + 2Z_{общd} = 89 + 8 = 97 \text{ мм}.$$

Длину L_0 штучной заготовки определяем по формуле (4.7). По табл. прил. 4, с учетом длины заготовки в интервале 180÷260 мм и параметра шероховатости детали *Rz* 40 мкм, находим

$$Z_{общL1} = Z_{общL2} = 4 \text{ мм}.$$

Тогда длина штучной заготовки

$$L_0 = L_A + Z_{общL1} + Z_{общL2} = 250 + 4 + 4 = 258 \text{ мм}.$$

При разрезании прутка на штучные заготовки назначаем допуск на длину по 12-му квалитету (*js*12), а допуск на диаметр установим + 0,6÷ – 1,7 мм (по ГОСТ 2590-88). Эскиз заготовки представлен на рис. 4.2, *б*.

Задание № 4.2

По одному из вариантов задания (табл. 4.2) спроектировать исходную заготовку для изготовления детали – вала (рис. 4.3) из стального (сталь 45) проката в условиях среднесерийного производства (1200 шт./год). Шероховатость поверхности проката *Rz* 250 мкм.

Таблица 4.2

Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.2

Вариант	Показатели детали								
	ØА		ØБ		ØВ				
	номинальный размер, мм	*Ra*, мкм	номинальный размер, мм	*Ra*, мкм	номинальный размер, мм	*Rz*, мкм	L_1, мм	L_2, мм	L, мм
1	70	2,5	120	2,5	70	80	100	100	200
2	40	1,2	180	2,5	40	80	90	90	260
3	60	2,5	100	1,2	60	80	60	60	200
4	70	2,5	160	1,2	70	80	105	105	260
5	40	1,2	90	2,5	40	80	95	95	220
6	80	2,5	110	2,5	80	80	60	60	210
7	45	1,2	100	2,5	45	80	75	75	230
8	78	2,5	140	1,2	78	80	60	60	180
9	40	1,2	98	2,5	40	80	80	80	205
10	60	1,2	150	1,2	60	80	68	68	195
11	40	1,2	110	1,2	40	80	105	100	240
12	80	2,5	100	1,2	60	80	95	90	220
13	45	2,5	140	2,5	70	80	60	60	200
14	78	1,2	98	2,5	40	80	75	105	230
15	40	2,5	150	2,5	80	80	60	95	220

Отчет по заданию должен содержать

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

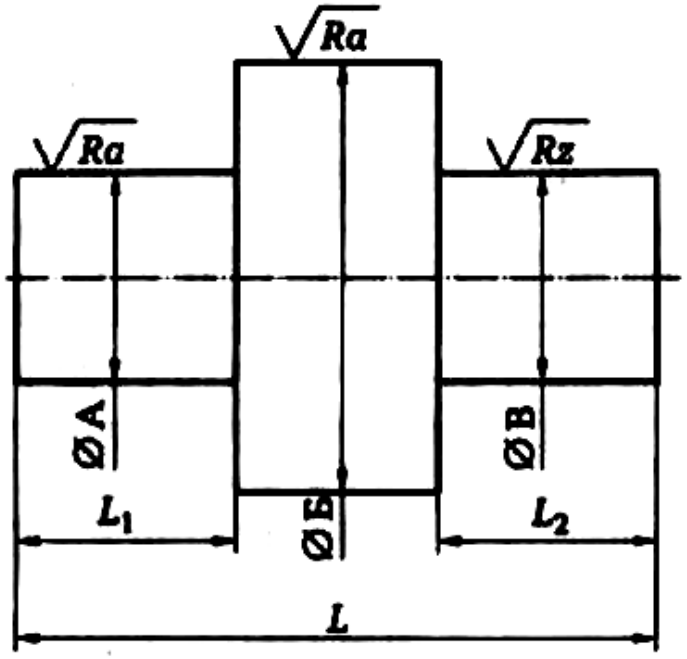


Рис. 4.3. Эскиз обрабатываемой детали (вала)

Задание № 4.3

По одному из вариантов задания (табл. 4.3) спроектировать исходную заготовку для изготовления корпуса (рис. 4.4) из серого чугуна в условиях крупносерийного производства (20 000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки *Rz* < 320 мкм.

Отчет по заданию должен содержать

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

Пример выполнения задания № 4.3 (вариант № 0)

Из анализа чертежа детали (см. рис. 4.4) следует, что механической обработке подвергаются:

- внутреннее отверстие диаметром Д = 55 мм, расположенное на расстоянии *E* = 70 мм от плоскости *D*;

Таблица 4.3

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 4.3

Показатели детали, мм	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
А	15	20	16	12	14	12	16	12	14	16	14	12	10	22	20	19
Б	96	104	98	102	104	100	104	116	112	118	108	95	108	104	110	120
В	76	82	78	80	82	80	82	92	92	90	88	80	82	80	82	92
Г	38	41	36	40	41	40	41	46	46	45	44	38	43	45	50	52
Ø Д	55	50	48	50	48	52	50	56	56	52	50	36	40	48	50	52
Е	70	65	70	76	68	80	72	76	86	80	72	65	70	76	68	80
И	96	70	66	72	68	80	84	60	64	58	76	80	74	86	90	64
К	120	100	98	104	102	110	120	100	96	102	100	104	102	110	120	100
Ø Т	10	12	10	11	12	10	12	14	10	14	10	8	12	10	14	16
Х	12	15	16	16	17	15	18	20	16	22	12	12	14	12	15	18
Радиус *R*	32	30	29	30	30	30	30	34	36	35	34	28	30	34	36	35

- плоскость *D* основания;
- две плоские поверхности *F* на верхней стороне прямоугольного фланца толщиной *A*;
- две плоские поверхности *G* на торцах цилиндрической поверхности *R* = 32 мм;
- четыре отверстия диаметром *T* в основании (прямоугольном фланце);
- две плоские поверхности *I* прямоугольного фланца.

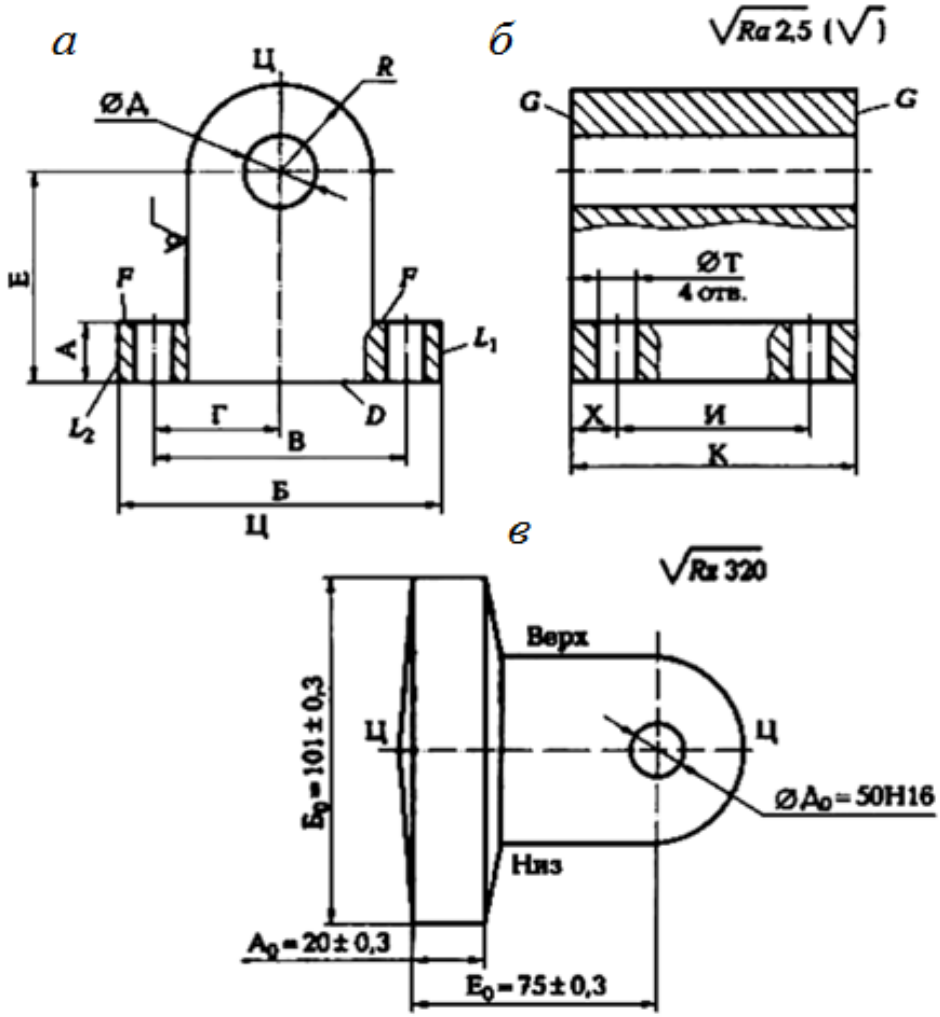


Рис. 4.4. Деталь – корпус *(а, б)* и заготовка детали (*в*)

Вид производства (крупносерийное) позволяет использовать литье в земляные формы по деревянным (или металлическим) моделям с максимальным приближением формы заготовки к форме детали. Точность размеров литья соответствует 15 – 16-му квалитетам, шероховатость поверхности *Rz* < 320 мкм.

Так как деталь имеет плоскость симметрии (плоскость Ц – Ц), то ее целесообразно принять за плоскость разъема модели и формы, что облегчит установку и снятие стержня для получения центрального

отверстия в отливке. Соответственно этому будут определены литейные уклоны на вертикальных поверхностях и положение формы при заливке металла.

Общие припуски $Z_{общ}$ на механическую обработку можно выбрать по прил. 1 с учетом рассчитанной массы m заготовки (10÷16 кг), размера обрабатываемой поверхности и параметра ее шероховатости (*Ra* 2,5 мкм):

- на плоскости D основания корпуса $Z_{общD} = 2{,}5$ мм;
- на торце G_1 основания корпуса $Z_{общ\ G1} = 2{,}5$ мм;
- на торец G_2 основания корпуса $Z_{общ\ G2} = 2{,}5$ мм;
- на верхнюю площадку F основания корпуса $Z_{общF} = 2{,}5$ мм;
- на центральное отверстие Д $-2Z_{общД} = 2{,}5 \cdot 2 = 5{,}0$ мм;
- на боковые стороны L_1 и L_2 основания $Z_{общL1} = Z_{общL2} = 2{,}5$ мм.

Размеры заготовки рассчитываем по формулам ((1.14) – (1.16)):

- диаметр центрального отверстия $Д_о = Д_д - Z_{общД} = 5 - 5{,}0 = 50$ мм;
- длина заготовки $К_о = К_А + Z_{общ\ G1} + Z_{общ\ G2} = 120 + 2{,}5 + 2{,}5 = 125$ мм;
- толщина основания $А_о = А_А + 2Z_{общД} + Z_{общF} = 15 + 2{,}5 = 2{,}5 = 20$ мм;
- ширина заготовки $Б_о = Б_А + Z_{общL1} + Z_{общL2} = 96 + 2{,}5 + 2{,}5 = 101$ мм;
- координирующий размер $Е_о = Е_А + Z_{общD} = 70 + 2{,}5 = 72{,}5$ мм.

Предельные отклонения размеров отливки устанавливаем ± 0,3 мм, литейные уклоны – 3÷5º. Назначаем очистку заготовки дробеструйной обработкой.

Эскиз заготовки представлен на рис. 4.4, *б*, где обозначено: **Ц – Ц** – плоскость разъема модели и формы; «Верх» и «Низ» – расположение соответственно верха и низа формы во время заливки в нее расплавленного металла.

Задание № 4.4

По одному из вариантов задания (табл. 4.4) спроектировать исходную заготовку, изготовляемую объемной штамповкой из стали 18*ХНВА*, для изготовления вала (рис. 4.5, *а*) в условиях серийного производства (4 000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки $Rz < 320$ мкм. Заготовка проходит закалку, отпуск (320÷380 *НВ*).

Таблица 4.4

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 4.4

Показатели детали		Вариант															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø A_A	номинальный размер, мм	80	68	88	80	70	60	70	66	72	78	80	80	85	75	82	68
	точность	*d*9	*f*9	*e*9	*d*9	*f*9	*f*9	*d*9	*d*9	*f*9	*e*9	*f*9	*d*9	*f*9	*e*9	*d*9	*f*9
	Ra, мкм	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	1,2	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2
Ø $Б_A$	номинальный размер, мм	90	78	98	90	80	70	80	86	96	100	110	120	110	100	105	90
	точность	*d*9	*e*9	*f*9	*d*9	*e*9	*e*9	*f*9	*d*9	*d*9	*e*9	*f*9	*e*9	*f*9	*d*9	*d*9	*e*9
	Ra, мкм	1,2	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5
Ø B_A	номинальный размер, мм	85	73	92	85	75	65	70	66	80	84	95	100	90	80	90	75
	точность	*d*9	*f*9	*e*9	*d*9	*d*9	*f*9	*f*9	*e*9	*d*9	*e*9	*f*9	*d*9	*f*9	*f*9	*e*9	*d*9
	Ra, мкм	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5
Длина L_A, мм		500	400	500	400	250	300	500	400	420	450	500	350	400	420	450	500
Длина L_{1A}, мм		130	200	220	100	80	120	220	180	198	120	220	120	115	200	185	210
Длина L_{2A}, мм		80	80	78	90	64	40	96	60	86	64	85	45	65	70	75	80

Отчет по заданию должен содержать

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

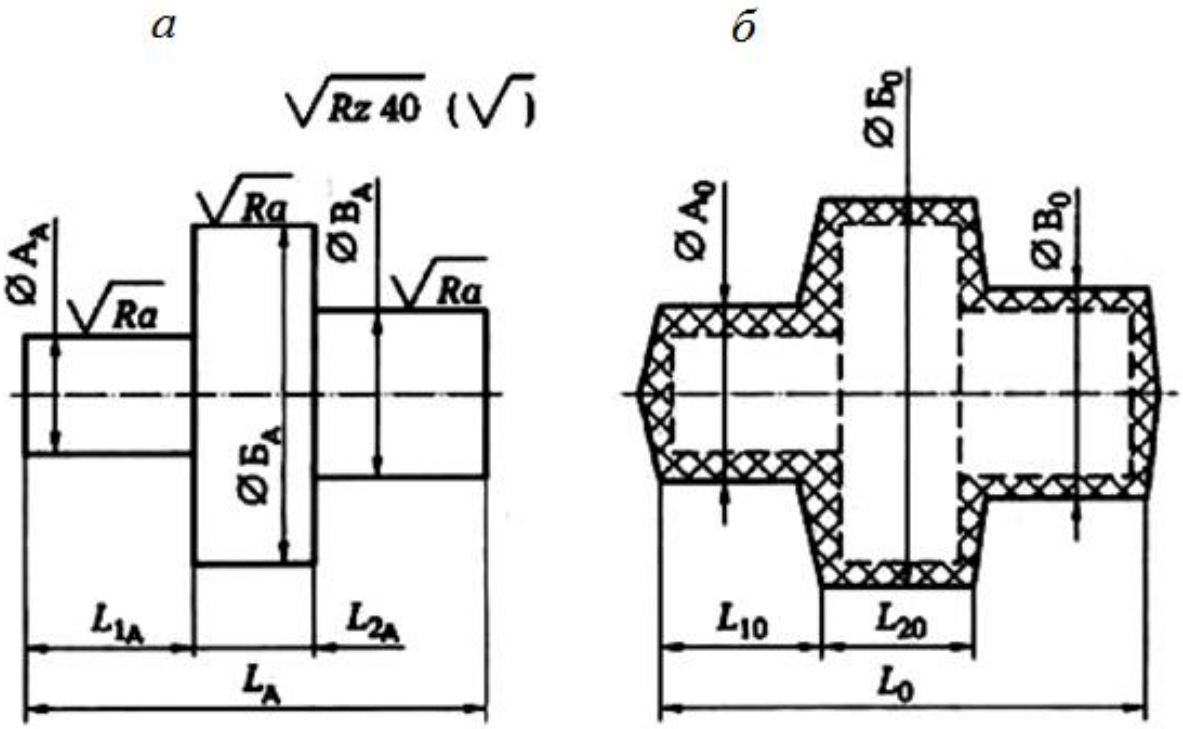


Рис. 4.5. Деталь – вал (*а*) и штампованная заготовка (*б*) для вала

Пример выполнения задания № 4.4 (вариант № 0)

Учитывая размеры и форму детали и свойства материала, целесообразно получать заготовку в штампе. Тогда ось поковки должна располагаться горизонтально в плоскости разъема штампа.

Размеры диаметров поковки с допусками рассчитываем с учетом припусков, определяемых по прил. 4, увеличенных на 0,5 мм на сторону для учета угара поверхностного слоя металла при нагреве в печи.

Результаты расчета сведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Результаты расчета диаметров ступеней заготовки

Диаметр ступени детали, мм	*Ra*, мкм	Общий припуск на диаметр, мм	Диаметр ступени заготовки, мм	Допуск для размера заготовки, мм
ØA_A = 80	1,25	2(2,9 + 0,5) = 6,8	ØA_0 = 86,8	+1,3 – 0,7
Ø$Б_A$ = 90	1,25	2(2,9 + 0,5) = 6,8	Ø$Б_0$ = 95,8	
ØB_A = 85	1,25	2(2,6 + 0,5) = 6,2	ØB_0 = 91,2	

Размеры длин ступеней заготовки с допусками рассчитываем с учетом припусков, определяемых по прил. 4. Припуск на каждый торец увеличен на 0,5 мм для учета угара поверхностного слоя металла при нагреве в печи. Результаты расчета сведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Результаты расчета длин ступеней заготовки

Длина ступени детали, мм	*Rz*, мкм	Общий припуск на два торца, мм	Длина ступени заготовки, мм	Допуск для размера заготовки, мм
L_{1A} = 130	40	(3,1+0,5) – (2,5 + 0,5) = 0,6	L_{10} = 129,4	+1,3 – 0,7
L_A = 500	40	(3,1+0,5) + (3,1 +0,5) = 7,2	L_0 = 507,2	
L_{2A} = 80	40	(3,1 +0,5) + (3,1 +0,5) =7,2	L_{20} = 87,2	

Технические требования, предъявляемые к заготовке (рис. 4.5, *б*):

- допускаемое смещение по разъему штампа не более 0,9мм;
- допускаемый заусенец по периметру обрезки облоя не более 1,7 мм;
- допускаемое радиальное биение поверхностей не более 1 мм;
- внешние штамповочные уклоны 7º;
- радиусы закругления внешних углов 4 мм;
- очистка от окалины травлением или другим способом.

Задание № 4.5

По одному из вариантов задания (табл. 4.7) спроектировать исходную заготовку, получаемую объемной штамповкой из стали 38ХМЮА, для изготовления зубчатого колеса (рис. 4.6) в условиях

Таблица 4.7

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 4.5

Показатели детали		Вариант														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$ØA_A$	номинальный размер, мм	80	90	80	70	60	70	90	70	75	90	70	60	70	90	70
	точность	*h*l0	*e*9	*d*9	*f*l0	*f*9	*d*l0	*d*9	*f*l0	*e*9	*f*l0	*f*9	*d*l0	*d*9	*f*l0	*e*9
	Ra, мкм	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2
$ØБ_A$	номинальный размер, мм	30	40	30	28	20	30	40	30	25	45	30	28	20	30	25
	точность	*H*8	*H*9	*H*8	*H*9	*H*8	*H*l0	*H*8	*H*9	*H*8	*H*9	*H7*	*H*8	*H7*	*H*8	*H*9
	Ra, мкм	1,2	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5	1,2	1,2	1,2	2,5	2,5
$ØB_A$	номинальный размер, мм	50	60	50	40	30	50	60	50	45	70	50	40	30	60	50
	точность	*h*9	*e*10	*d*9	*d*9	*f*9	*f*l0	*e*9	*d*9	*e*l0	*d*9	*e*19	*d*9	*d*9	*f*9	*f*9
	Ra, мкм	1,2	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5	2,5	1,2	1,2	1,2	2.5	1,2	1,2	2,5
L_A	номинальный размер, мм	50	60	45	60	50	60	75	60	48	65	65	72	68	48	65
	точность	*h*l0	dl0	*d*11	*f*l0	*e*11	*f*l0	*e*l0	*d*11	*d*10	*d*11	*e*11	*f*l0	el0	*d*10	*d*11
L_{1A}	номинальный размер, мм	30	40	25	40	30	45	60	40	30	50	25	36	40	25	30
	точность	*h*10	*d*9	*f*l0	*f*9	*e*l0	*e*l0	*d*9	*d*9	*f*l0	*f*l0	*e*l0	*e*l0	*d*9	*d*9	*f*l0

серийного производства (10000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки $Rz \leq 320$ мкм. Термообработка заготовки – закалка (НВ ≥ 280).

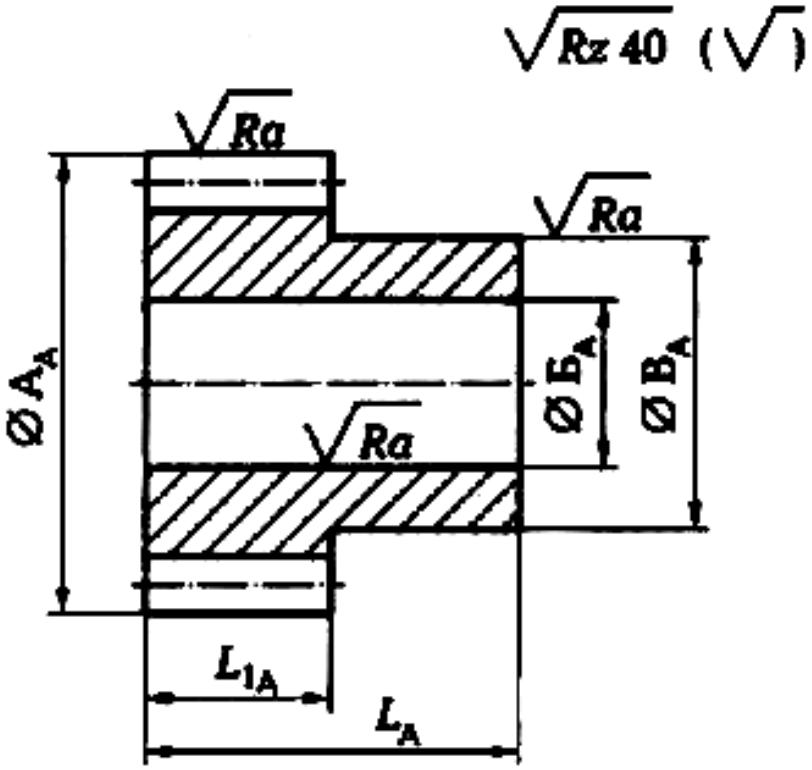


Рис. 4.6. Эскиз обрабатываемого зубчатого колеса

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета;
- Технические требования на изготовление заготовки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5
ВЫБОР БАЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК

Краткие теоретические сведения

При обработке заготовок на металлообрабатывающих станках заготовку чаще всего устанавливают и крепят в приспособлении, а приспособление устанавливают и закрепляют на столе станка. При этом со стороны заготовки участвует установочная база, а со стороны приспособления – установочная поверхность. Происходит ***базирование*** заготовки, т. е. придание ей требуемого положения относительно элементов станка, определяющих траекторию движения подачи режущего инструмента.

Процесс установки заготовки на станок складывается из двух этапов: *базирования,* в результате которого заготовку правильно ориентируют в зоне обработки станка, и *закрепления,* что обеспечивает неизменность положения заготовки, полученного при базировании, от начала до окончания ее обработки.

Правильное базирование заготовки во многом определяет точность обработки при автоматическом получении размеров.

База – это поверхность, линия или точка, принадлежащие заготовке, относительно которой задают или измеряют положение других поверхностей, линий или точек. Однако в технологии машиностроения используют более конкретные понятия: ***конструкторская база*** и ***технологическая база.***

Конструкторская база (КБ) – это поверхность, линия или точка детали, относительно которой на рабочем чертеже детали задают положение другой поверхности, линии или точки этой детали. Различают ***явные конструкторские базы***, в качестве которых используют материальные поверхности, линии или точки, и ***скрытые конструкторские базы,*** в качестве которых используют не материальные поверхности, линии или точки, а геометрические элементы рабочего чертежа детали, такие как осевая линия, плоскость симметрии, биссектриса угла и др.

Технологическая база (ТБ) – это база, используемая для определения положения изделия (заготовки, детали) в процессе технологического процесса его изготовления. На разных стадиях процесса изготовления могут использоваться различные технологические базы. По ходу технологического процесса изготовления детали удобно раз-

личать следующие технологические базы: исходная база, установочная база, измерительная база.

Исходная (или настроечная) база (ИБ) – это поверхность, линия или точка, относительно которой в ***технологическом документе,*** например в операционной карте, координировано положение обрабатываемой в данной операции поверхности. Размеры, которыми координируют положение обрабатываемых поверхностей, называют ***исходными размерами***.

Установочная (или контактная) база (УБ) – это поверхность и только поверхность заготовки, которая при установке заготовки в приспособлении (или непосредственно на станке) создает определенность ее положения в направлении исходного (операционного) размера, т. е. координирует заготовку в направлении исходного размера.

Измерительная (или проверочная) база (ИзБ) – это поверхность, образующая или точка поверхности детали, относительно которой контролируют положение обработанной поверхности, т. е. проверяют правильность выдерживания исходного размера.

Пример 1. Для получения размеров *a* и *b* (рис. 5.1, *а*) при фрезеровании выделенных поверхностей заготовки *1* установочными базами являются:

- поверхность А для исходного размера *a*, который получают непосредственно при установке фрезы *2* относительно плоскости А, определяемой установочными элементами *3* приспособления;
- поверхность В для исходного размера *b*, который получают также при установке фрезы *2* относительно упора *4*, как разность $b = c - (d_ф /2)$, где *c* – расстояние от упора *4* до оси фрезы *2*; $d_ф$ – диаметр фрезы.

Пример 2. При обтачивании мерной заготовки *1* (рис. 5.1, *б*), установленной в трехкулачковом патроне *5* до упора в его поверхность А, исходный размер *a* обеспечивается при наладке станка путем закрепления упора *6* на расстоянии $f = a + m$ от упорной поверхности А патрона.

Пример 3. При обработке на многоинструментальном токарном станке заготовка *1* поверхностью М (рис. 5.1, *в*) упирается в торцевую поверхность трехкулачкового патрона. По отношению к торцевой по-

верхности *N*, т. е. исходному размеру *f*, поверхность *M* является одновременно и установочной (опорной) базой и исходной базой. При дальнейшей обработке заготовки поверхность *N* связана с другими обрабатываемыми поверхностями *A, B, C,* и *D* размерами *a*, *b*, *c* и *d*. Положение перечисленных поверхностей на детали зависит от положения поверхности *N*, которая и является для них технологической (исходной) базой.

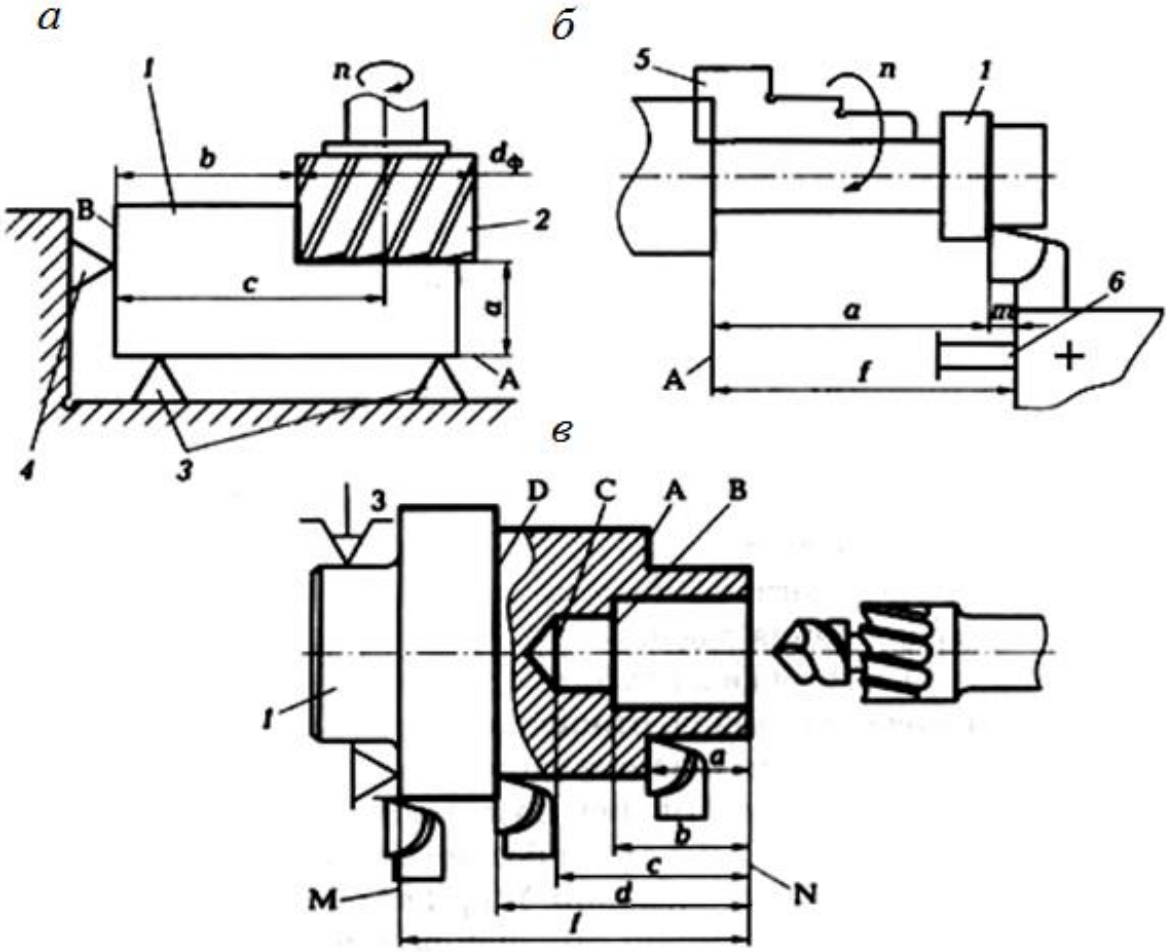


Рис. 5.1. Установочные базы:
а – при фрезеровании; *б* – при обтачивании; *в* – при обработке на многоинструментальном токарном станке

Задание № 5.1

Обозначить исходные базы для обработки поверхностей, выделенных утолщенными линиями, с размерами $A_к$, $B_к$, $C_к$ на конструкторском чертеже рис. 5.2, *а.* Проставить исходные размеры и обозначить технологические базы.

Пример выполнения задания 5.1 представлен на рис. 5.2, *б.* Поверхность *M* заготовки *2* является одновременно и исходной базой, и

установочной базой по отношению к исходному размеру *A*. Поверхность *N* заготовки является одновременно и исходной базой, и установочной базой по отношению к исходному размеру $B_и$. По отношению к размеру $C_и$ исходной базой является поверхность К, обрабатываемая в данной операции. Упор *1* является установочным элементом приспособления по отношению к исходному размеру $B_и$, а упор *3* является установочным элементом приспособления по отношению к исходному размеру $A_и$.

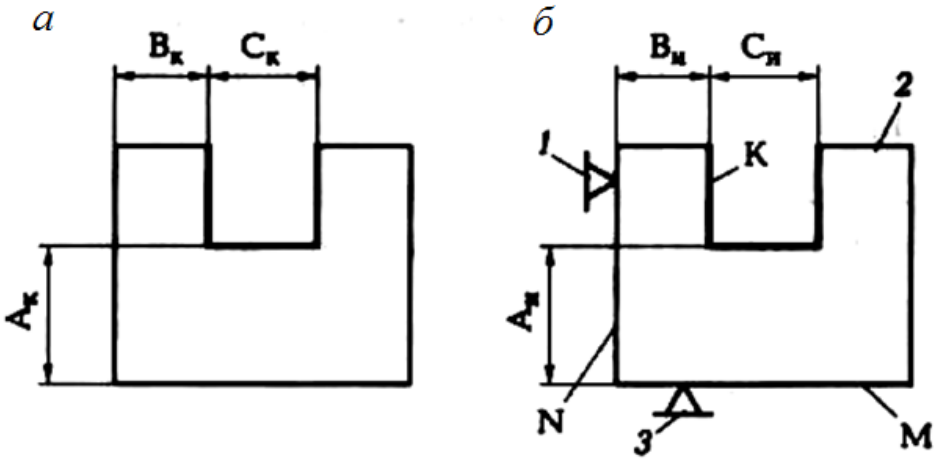


Рис. 5.2. Исходные базы:
а – обрабатываемые поверхности; *б* – схема базирования

Задание № 5.2

При обработке заготовка *2* базируется согласно рис. 5.3. Обрабатываемые поверхности *A* и *B* выделены утолщенными линиями. Определить, какие поверхности заготовки являются установочными базами и какие элементы (*1*, *3*) приспособления являются установочными элементами.

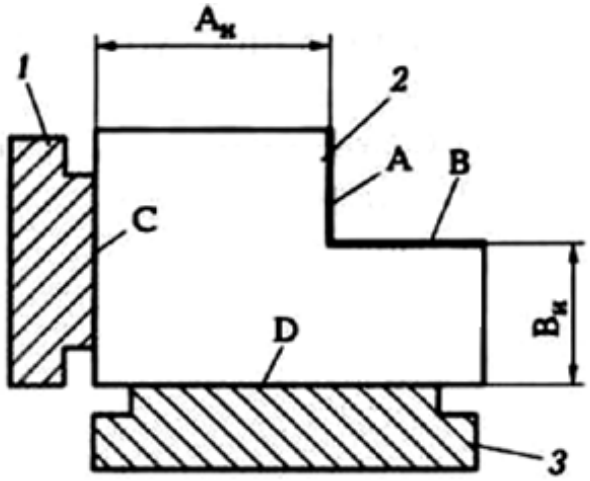


Рис. 5.3. Установочные базы
и установочные элементы

Задание № 5.3

На рабочем чертеже детали (рис. 5.4) найти конструкторские базы и указать поверхности детали, по отношению к которым эти базы являются конструкторскими.

При обработке заготовки сверлят два отверстия Ø*d* и Ø*D* (рис. 5.5, *а*), выдерживая размеры *L* и *M*. Требуется определить возможные измерительные базы для контроля положения этих отверстий (размеры *L* и *M*).

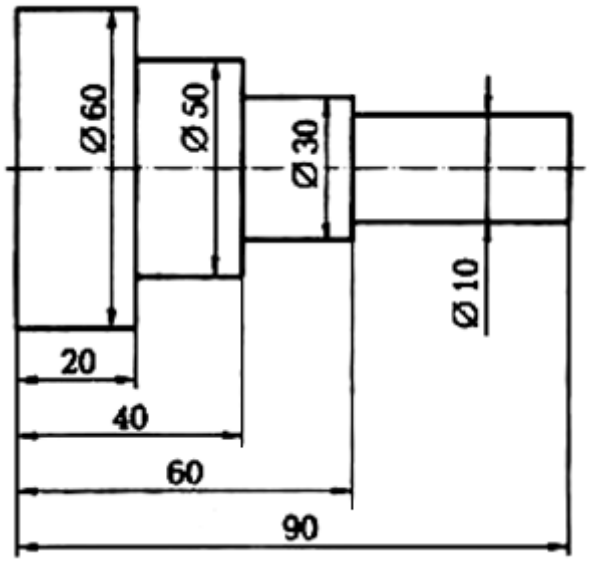


Рис. 5.4. Конструкторские базы

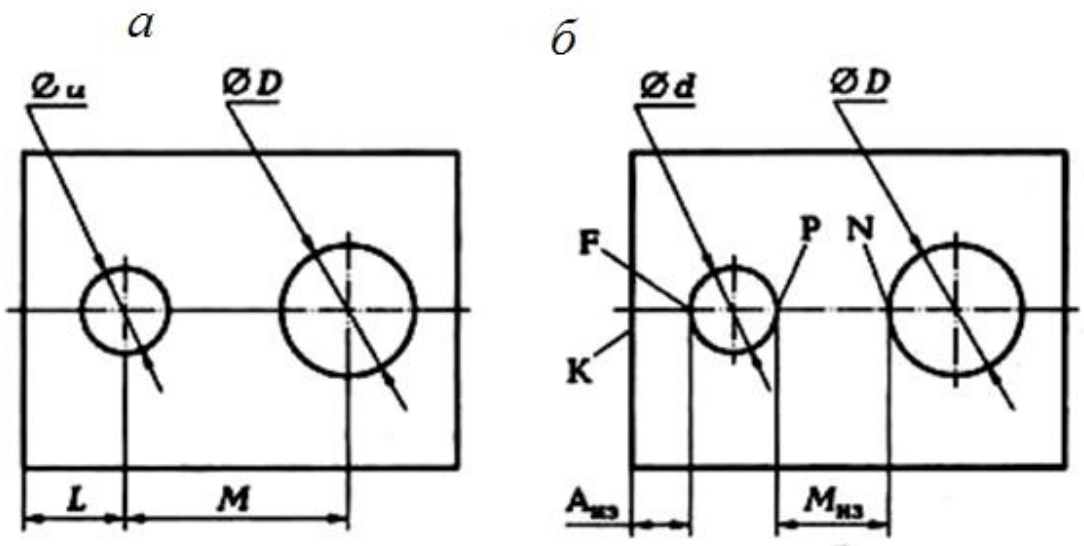


Рис. 5.5. Измерительные базы

Задание № 5.4

Для контроля размера L измерительной базой может служить поверхность K (рис. 5.5, *б*) заготовки. Тогда, измеряя расстояние $А_{из}$ от поверхности K до образующей F определяют действительный размер $L_А = А_{из} + 0{,}5d$.

Для контроля размера M измерительной базой может служить одна из образующих P или N (рис. 5.5, *б*). Тогда, измеряя расстояние $M_{из}$ от образующей P до образующей N, определяют действительный размер $M_А = M_{из} + 0{,}5d + 0{,}5D$.

Задание № 5.5

Определить возможные измерительные базы по отношению к размерам 10 и 15 мм (рис. 5.6), получаемым при обработке отверстий ∅8 и ∅12 мм.

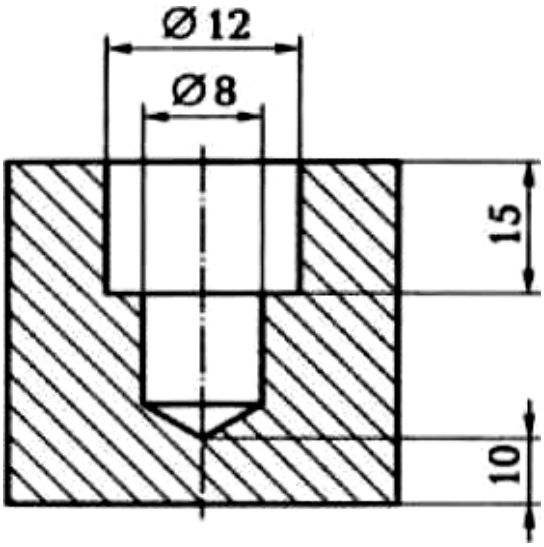


Рис. 5.6. Эскиз обрабатываемой детали

Краткие методические указания к выполнению работы

При высоких требованиях к точности обработки в качестве технологических баз следует принимать те поверхности заготовки, которые являются конструкторскими базами по отношению к обрабатываемым поверхностям.

В общем случае принцип совмещения баз по отношению к какой-либо обрабатываемой поверхности состоит в том, чтобы использовать в качестве всех технологических баз один и тот же элемент заготовки, который выступает в роли конструкторской базы по отношению к этой поверхности.

Несоблюдение принципа совмещения баз (при проектировании технологического процесса) приводит к появлению дополнительных погрешностей обработки. Эти погрешности появляются из-за допуска на взаимное положение поверхностей (или других элементов) заготовки, выступающих в роли различных баз. В первую очередь обращают внимание на совмещение исходной базы с конструкторской, а затем на совмещение установочной базы с исходной базой.

Пример 1. Несовмещение исходной базы с конструкторской базой (ИБ ≠ КБ).

Согласно рабочему чертежу детали (рис. 5.7, *а*), поверхность *M* координирована относительно поверхности *L* конструкторским размером $A_к$ с точностью $T_к$ = 0,2 мм ($A_к$ ± 0,1), что и требуется выдержать при обработке поверхности *M*. На операционном эскизе (рис. 5.7, *б*) обрабатываемая поверхность *M* координирована исходным размером $A_к$ ± 0,05 относительно поверхности N, которая является исходной базой. Очевидно, что ИБ ≠ КБ. Тогда в результате обработки поверхности М при таком базировании заготовки в требуемом конструкторском размере $A_к$ появится дополнительная погрешность $T_{и.к}$ = 0,2, т. е. равная допуску на размер *C* ± 0,1 взаимного положения КБ (поверхность *L*) и исходной базы (поверхность *N*). Действительная погрешность требуемого размера будет равна

$$T_{КА} = T_и + T_{и\text{-}к} = 0{,}1 + 0{,}2 = 0{,}3 \text{ мм},$$

что превышает требуемый допуск $T_к$ = 0,2 мм.

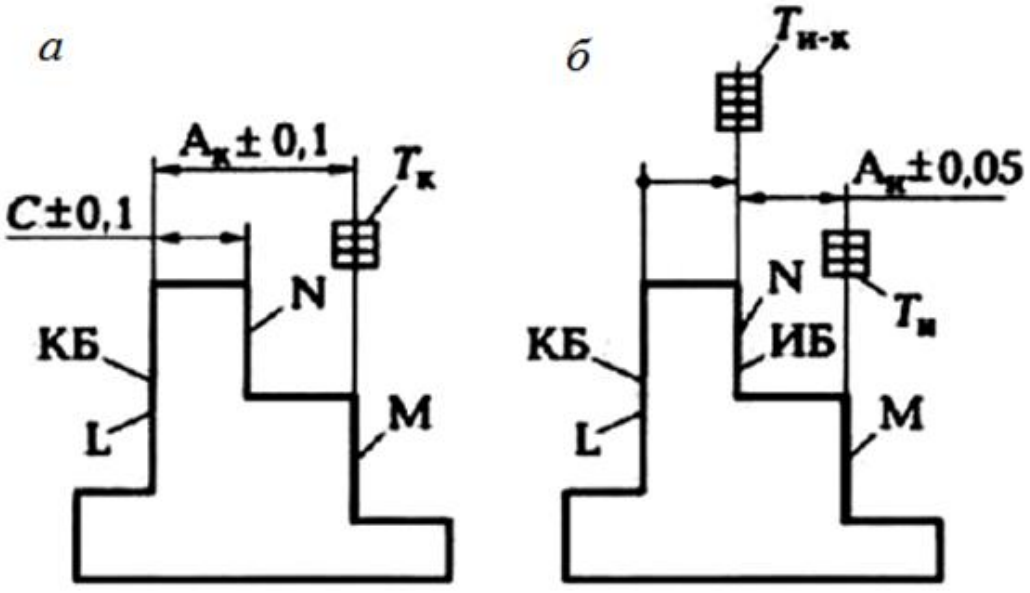


Рис. 5.7. Несовмещение исходной базы
и конструкторской базы (ИБ ≠ КБ)

Для обеспечения требуемой точности при такой простановке исходного размера следует действительную точность исходного размера повысить (погрешность уменьшить) на величину погрешности $T_{и.к}$ взаимного положения ИБ и КБ, т. е.

$$T_{и.А} \le T_к - T_{и\text{-}к} \text{ или } T_к \ge T_{и.А} + T_{и\text{-}к}. \quad (5.1)$$

В рассматриваемом примере 0,1 ≤ 0,2 – 0,2. Неравенство получилось неверное. Следовательно, при таком выборе исходной базы заданная точность обеспечена не будет.

Пример 2. Несовмещение установочной базы с исходной базой (УБ ≠ ИБ).

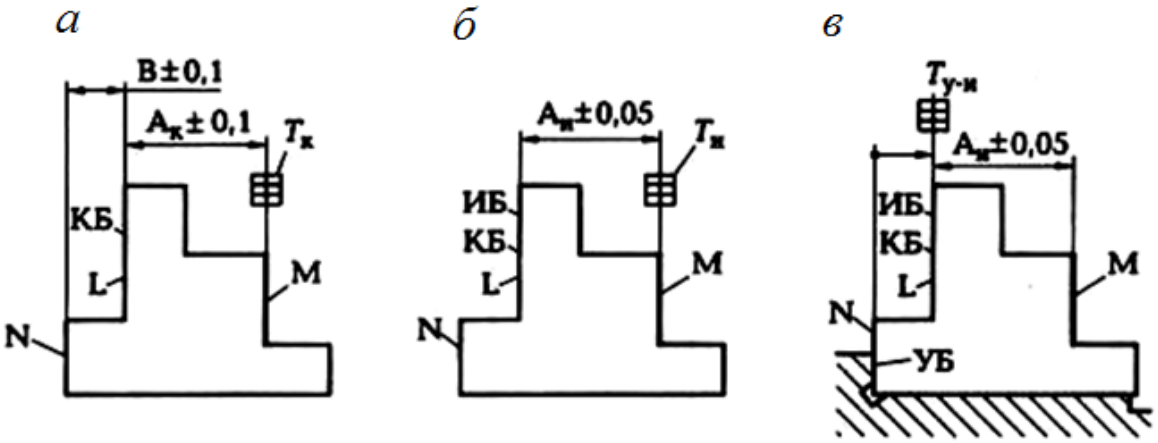


Рис. 5.8. Несовмещение установочной базы и исходной базы (УБ ≠ ИБ)

Согласно рабочему чертежу детали (рис. 5.8, *а*), поверхность *M* координирована относительно поверхности *L* конструкторским размером $A_к$ с точностью $T_к$ = 0,2 мм ($A_к$ ± 0,1), что и требуется выдержать при обработке поверхности *M*. На операционном эскизе (рис. 5.8, *б*) обрабатываемая поверхность *M* координирована исходным размером $A_и$ ± 0,05 относительно поверхности *L*, которая является исходной базой. Очевидно, что исходная база совмещена с конструкторской базой (ИБ = КБ). Принцип совмещения баз на этом этапе проектирования технологического процесса соблюден, и в результате обработки поверхности *M* при таком базировании заготовки в требуемом конструкторском размере $A_к$ не будет дополнительной погрешности $T_{и\text{-}к}$. Однако при базировании заготовки в рабочей зоне станка в качестве установочной базы выбрана поверхность *N* заготовки (см. рис. 5.8, *б*), т. е. допущено несовмещение установочной базы с исходной базой (УБ ≠ ИБ). Так как поверхность *L* (ИБ) и поверхность *N* (УБ) связаны размером *B*±0,1 (см. рис. 5.8, *а*), то в исходном размере $A_и$ ± 0,05 появится дополнительная погрешность $T_{у\text{-}и}$, равная до-

пуску (0,2) на размер В ± 0,1, т. е. равная допуску на взаимное положение исходной базы и установочной базы. Действительная погрешность требуемого ($А_и$) размера будет равна

$$T_{и.А} = T_и + T_{у\text{-}и} = 0{,}1 + 0{,}2 = 0{,}3 \text{ мм},$$

что превышает требуемый допуск $T_и = 0{,}1$ мм.

Для обеспечения требуемой точности при таком выборе установочной базы следует точность исходного размера повысить на величину погрешности $T_{у\text{-}и}$ взаимного положения ИБ и УБ, т. е. действительная точность исходного размера

$$T_{и.А} \leq T_и - T_{у\text{-}и} \text{ или } T_и \geq T_{и.А} + T_{у\text{-}и}. \quad (5.2)$$

Несовмещение (ИБ ≠ КБ) следует учитывать при разработке операций технологического процесса, а несовмещение (УБ ≠ ИБ) – при проектировании специального станочного приспособления для детали.

Несовмещение др. технологических баз между собой или с конструкторской базой приводит к аналогичным последствиям.

Задание № 5.6

На основании рабочего чертежа детали (рис. 5.9, *а*) и схемы обработки заготовки (рис. 5.9, *б*) определить возможность выполнения операции без брака по исходным размерам $20_{-1.0,}$и $10_{-1.0,}$ мм.

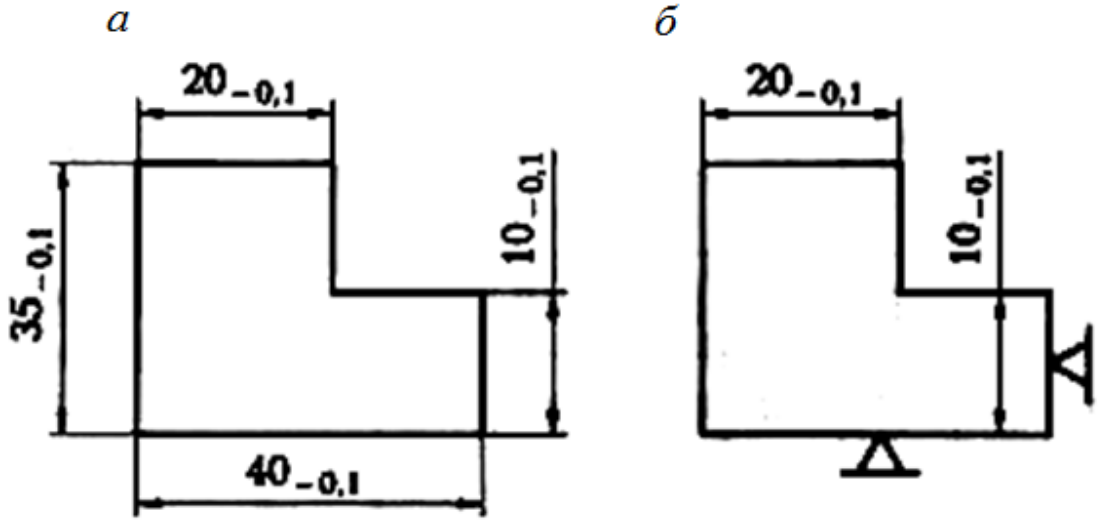


Рис. 5.9. Чертеж детали (а) и схема обработки (*б*)

Пример выполнения задания

Из анализа рабочего чертежа детали и схемы обработки делаем вывод, что по отношению к обоим исходным размерам $20_{-1.0}$, и $10_{-1.0}$ мм, принцип совмещения баз не нарушен, т. е. исходная база совмещена с конструкторской базой (ИБ = КБ). Следовательно, погрешность взаимного положения баз отсутствует ($T_{\text{и-к}} = 0$). Тогда действительная точность исходного размера по формуле (5.1)

$$T_{\text{и.А}} \leq T_{\text{к}} - T_{\text{и-к}} \leq 0{,}1 - 0 \leq 0{,}1.$$

Заданная точность исходного размера $T_{\text{и}} = 0{,}1$. Так как действительная точность исходного размера равна заданной точности исходного размера (неравенство не нарушено), то операция будет выполнена без брака (без учета др. возможных погрешностей обработки).

Задание № 5.7

По одному из вариантов задания (табл. 5.1) определить возможность брака в исходном размере *А*, при фрезеровании паза, если заготовка базируется в зоне обработки станка по схеме, показанной на рис 5.10, *б*. На обработку заготовку подают с размерами, показанными на рис. 5.10, *а*. Как нужно изменить размеры заготовки и (или) исходный размер для предотвращения брака?

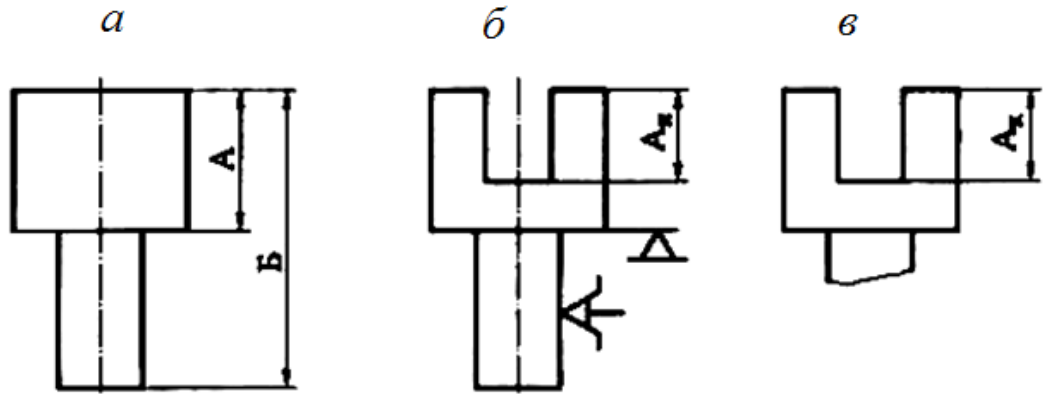


Рис. 5.10. Схема получения паза:
а – заготовка; *б* – исходный размер; *в* – конструкторский размер

Таблица 5.1

Индивидуальные варианты для выполнения задания 5.7

Показатели заготовки и детали, мм		Вариант															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
А	номинальный размер	20	30	25	40	32	34	28	30	36	40	38	40	32	34	28	30
	точность	*h*11	*h*11	*h*l2	*h*11	*h*l2	*h*11	*h*l3	*h*l2	*h*11	*h*11	*h*l3	hl2	*h*11	*h*l2	*h*11	*h*l3
Б	номинальный размер	40	50	45	60	52	54	48	50	56	60	58	40	50	45	60	52
	точность	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*hl*2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2
$А_и$	номинальный размер	14	18	12	20	14	18	12	12	14	18	18	14	18	12	20	14
	точность	*H*11	*H*12	*H*11	*H*12	*H*l0	*H*l0	*H*12	*H*12	*H*l0	*H*12	*H*11	*H*l0	*H*12	*H*12	*H*l0	*H*12
$А_к$	номинальный размер	14	18	12	20	14	18	12	12	14	18	18	14	18	12	12	14
	точность	*H*12	*H*13	*H*12	*H*13	*H*12	*H*12	*H*13	*H*l0	*H*12	*H*13	*H*12	*H*12	*H*13	*H*l0	*H*12	*H*13

Пример выполнения задания (вариант № 0)

По таблице (прил. 1) находим цифровые значения допусков на все размеры:

А – $20h11(20_{-0,13})$;

Б – $40h12(40_{-0,25})$;

$А_и$ – $14H11(14^{+0,11})$;

$А_к$ – $14H12(14^{+0,18})$.

Из анализа схемы базирования заготовки и варианта простановки исходного размера $А_и$ делаем вывод, что исходная база не совмещена с установочной базой (ИБ ≠ УБ). В этом случае точность исходного размера должна быть повышена на величину допуска на взаимное положение ИБ и УБ, который (см. рис. 5.10, *а*) $T_{и.у} = 0{,}13$ мм.

Тогда действительная точность исходного размера по формуле (5.2):

$$T_и \geq T_{и.А} + T_{у\text{-}и.} \geq 0{,}11 + 0{,}13 \geq 0{,}24 \text{ мм}.$$

Заданная точность конструкторского размера $А_к$ (рис. 5.10, *в*) $T_к = 0{,}18$. При таком соотношении погрешностей конструкторский размер $А_к^{+0,18}$ не будет обеспечен, так как $T_и - T_к = 0{,}24 - 0{,}18 = 0{,}06$ мм.

Есть четыре способа решения обеспечения заданной точности:

1. Повысить точность исходного размера на 0,06 мм. Тогда размер $А_и = 14^{+0,05}$ будет иметь допуск $T_и = 0{,}05$ мм.

2. Повысить точность заготовки на 0,06 мм. Тогда размер А станет $20_{-0,07}$, который следует получить на предыдущей операции.

3. Снизить заданную точность ($А_к = 14^{+0,18}$) до размера $14^{+0,24}$.

4. Разделить 0,06 на три способа. Тогда

$$T_и = 0{,}11 - 0{,}02 = 0{,}09 \text{ мм};\ А_и = 14^{+0,09} \text{ мм};$$

$$T_А = 0{,}13 - 0{,}02 = 0{,}11;\ А = 20^{-0,11} \text{ мм};$$

$$T_к = 0{,}18 + 0{,}02 = 0{,}20;\ Ак = 14^{+0,20} \text{ мм}.$$

Задание № 5.8

На рис. 5.11 представлены рабочий чертеж детали и схема базирования заготовки в рабочей зоне станка. Требуется определить, для каких исходных размеров (по указанию преподавателя) нарушен принцип совмещения баз. Что можно изменить в операционном эскизе, чтобы не было брака по исходным размерам?

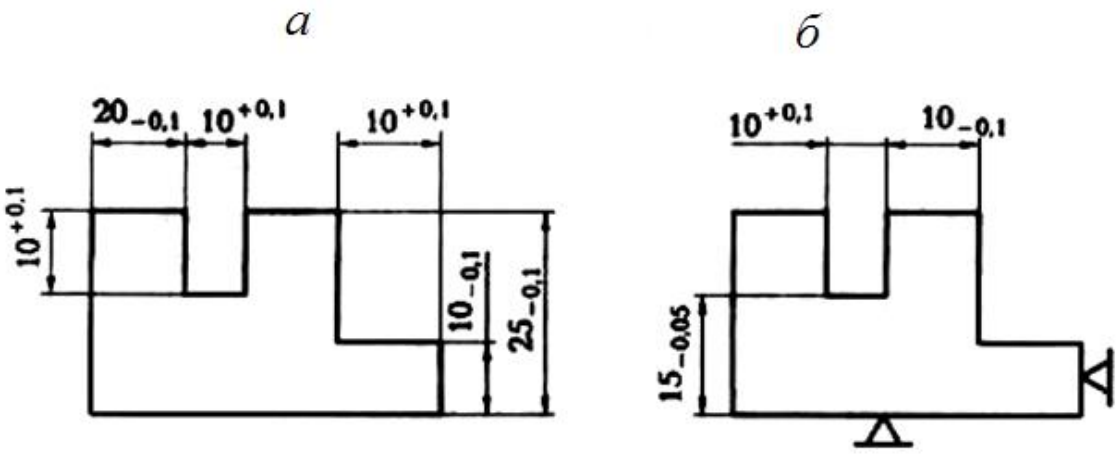


Рис. 5.11. Чертеж детали (*а*) и схема базирования заготовки (*б*)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6
НОРМИРОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы – ознакомление с основными понятиями и определениями, используемыми при практическом нормировании токарных операций; приобретение навыков и умений по расчету времени, необходимому для обтачивания поверхностей, закрепление знаний по нормированию токарных операций.

Отчет по практической работе должен содержать

- операционные эскизы обработки поверхностей на токарном станке;
- расчетные формулы;
- результаты расчетов;
- выводы по работе.

1. По одному из вариантов задания на практическую работу (рис. 6.1 и табл. 6.1):

- рассчитать основное (технологическое) время на обработку поверхностей заготовки в одну операцию;
- определить вспомогательное и подготовительно-заключительное время;
- рассчитать время на организационное и техническое обслуживание;
- определить норму времени на выполнение всей операции.

2. Материал режущей части резцов – Р9, диаметр сечения оправки 16 мм, угол резца в плане 45°.

3. Работа с охлаждением (СОЖ).

4. Масса заготовки – до 1 кг.

5. Материал заготовки – сталь 45 ($\sigma_в$ = 750 МПа).

Краткие методические указания к выполнению работы

При нормировании операций технологического процесса время можно определить следующими методами:

- расчетом по отдельным элементам на основе анализа последовательности и содержания действий рабочего и станка;

- приближенно по типовым нормам в условиях единичного и мелкосерийного производства;
- на основе хронометража фактических затрат времени.

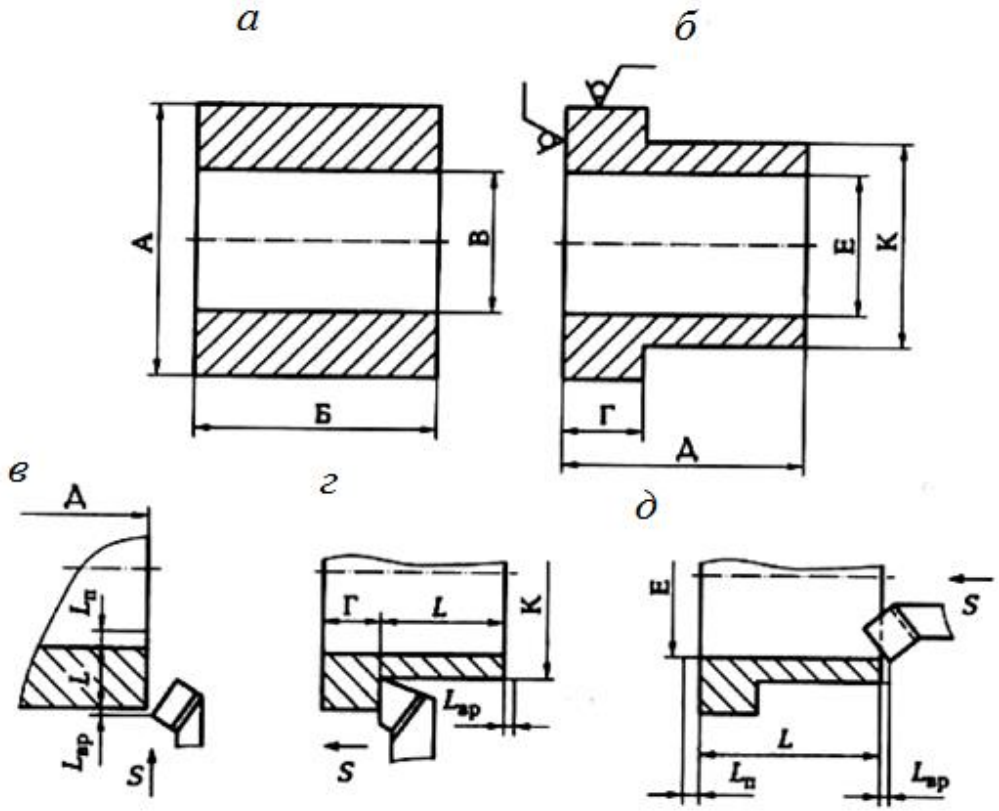


Рис. 6.1. Точение поверхностей:
а – заготовка; *б* – деталь; *в* – подрезка торца; *г* – обтачивание до упора; *д* – растачивание отверстия

Время работы состоит:

- из подготовительно-заключительного времени, которое рабочий затрачивает на подготовку рабочего места к обработке партии заготовок и приведение его в исходное состояние по окончании обработки этой партии заготовок;
- основного времени, затрачиваемого непосредственно на изменение формы, размеров и качества поверхности заготовки, превращая ее в деталь;
- вспомогательного времени, затрачиваемого рабочим на действия, способствующие выполнению основной работы, а именно: на установку и закрепление заготовки, снятие детали, изменение режимов работы станка, измерения и др.;
- времени обслуживания рабочего места.

Таблица 6.1

Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 6

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	l	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
заготовка	А	номинальный размер, мм	100	80	65	100	100	70	80	100	100	60	90	85	90	96	85	100
		точность	*h*l4	*h*l2	*h*l6	*h*l3	*h*l4	*h*l4	*h*l3	*h*14	*h*l4	*h*l4	*h*l6	*h*l4	*hl*4	*hl*3	*h*14	*h*l4
		Rz, мкм	80	40	80	60	80	80	60	80	80	80	80	80	80	60	80	80
	Б	номинальный размер, мм	80	60	80	70	60	80	90	70	80	60	80	58	62	74	66	72
		точность	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*h*14	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*h*l4	*hl*4	*h*14
		Rz, мкм	80	40	80	60	80	40	80	80	60	80	80	40	80	80	60	80
	В	номинальный размер, мм	75	55	40	65	57	40	50	66	64	30	60	35	50	64	53	60
		точность	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14	*H*14
		Rz, мкм	80	80	60	40	80	40	80	60	80	40	80	80	60	80	40	80
деталь	Г	номинальный размер, мм	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
		точность	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Д	номинальный размер, мм	75	55	76	65	57	78	86	66	75	54	76	52	58	70	59	65
		точность	*h*12	*h*12	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2	*h*l2
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Е	номинальный размер, мм	80	60	45	70	62	46	55	70	70	34	64	40	54	67	65	76
		точность	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12	*H*12
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	К	номинальный размер, мм	90	70	55	80	72	56	65	80	80	44	74	60	66	80	78	90
		точность	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12	*h*12
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
N, шт./год			8000	9000	4000	9000	6000	3000	13000	7000	8000	9000	12000	6000	3000	13000	7000	8000

Основное время зависит от режимов обработки: глубины резания, подачи и скорости резания, которые зависят, в основном, от свойства обрабатываемого материала, формы и жесткости заготовки, материала режущей части инструмента и мощности станка.

Число проходов зависит от величины припуска и глубины резания. Глубину резания выбирают исходя из мощности станка, жесткости заготовки и системы обработки в целом. При наличии черновой обработки целесообразно припуск снимать за один проход. При чистовой обработке глубину резания назначают в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

Скорость резания, м/мин, при вращении заготовки определяют по формуле

$$V = \pi D n / 1000, \qquad (6.1)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; n – частота вращения заготовки, мин$^{-1}$.

Следует иметь в виду, что нормативные данные предусматривают усредненные значения глубины резания, подачи и скорости резания, поэтому практически их можно несколько или увеличивать, или уменьшать.

Пример выполнения практической работы (вариант № 0)

Считая, что на обработку поступают штучные заготовки в виде толстостенной трубы (см. рис. 6.1, *а*), прошедшие черновую обработку (*Rz* 80), составим эскизы обработки заготовки по переходам. Операция может выполняться на токарном станке или на токарно-револьверном станке. В обоих случаях будет три основных перехода:

- подрезание торца заготовки (см. рис. 6.1, *в*) с выдерживанием размера Д (75*h*12, *Rz* 20);
- точение наружной поверхности заготовки (см. рис. 6.1, *г*) с выдерживанием размера К (*Ø*90*h*12) и обеспечением размера Г (25*h*l2, *Rz* 20);
- точение внутреннего диаметра заготовки (см. рис. 6.1, *д*) с выдерживанием размера Е (*Ø*80*H*12, *Rz* 20) на длине 75 мм (размер Д).

Дальнейшую работу целесообразно проводить по следующему алгоритму, представленному в виде табл. 6.2.

Таблица 6.2

Алгоритм определения параметров токарной операции

Номер действия	Цель действия	Источник получения результата
1	Определение длины L обработки и снимаемого припуска Z	Рабочие чертежи детали и заготовки
2	Определение оборотной подачи $S_{об}$, мм/об, заготовки	Табл. П6.8
3	Определение расчетной скорости V' резания, м/мин	Табл. П16.3
4	Определение расчетного числа n' оборотов в минуту шпинделя станка	$n' = 1000\ V/(\pi D)$
5	Определение фактического числа n оборотов в минуту шпинделя станка	Приложение 8
6	Определение фактической скорости V резания	$V = \pi Dn/\ 1000$
7	Определение минутной подачи $S_{мин}$, мм/мин	$S_{мин} = n \cdot S_{об}$
8	Определение длины $L_{вр}$ врезания и длины $L_п$ перебега резца	Табл. П6.9
9	Определение расчетной длины $L_р$	$L_р = L + L_{вр} + L_п$
10	Определение основного времени t_{oi} для каждого перехода	$t_{oi} = L_{рi}/\ S_{iмин}$
11	Определение основного времени t_{oi} для всей операции (i переходов)	$t_о = \sum t_{oi}$
12	Определение вспомогательного времени $t_в$	Табл. П5.1
13	Определение оперативного времени	$t_{оп} = t_о + t_в$
14	Определение времени $t_{т.о}$ технического обслуживания рабочего места	Табл. П5.3, $t_{т.о} = 2{,}5t_о/100$
15	Определение времени $t_п$ на физические потребности	Табл. П5.3, $t_п = 2{,}5t_{оп}/100$
16	Определение времени $t_{орг}$ организационного обслуживания рабочего места	Табл. П5.3, f $t_{орг}$ = $=4{,}6t_{оп}/100 - t_{т.о.} - t_п$
17	Определение штучного времени $T_{шт}$	$T_{шт} = t_о + t_в + t_{орг} + t_{т.о} + t_п$
18	Определение числа $q_{парт}$ заготовок в партии при серийном производстве	$q_{парт} = 5N_п/\ 254$
19	Определение подготовительно-заключительного времени $t_{п.з.}$	Табл. П5.4
20	Определение штучно-калькуляционного времени $t_{шт.к}$	$t_{шт.к} = T_{шт} + t_{п.з}\ /q_{парт}$
21	Занесение результатов расчета в операционную карту	

Определим параметры операции, используя предложенный алгоритм:

1. Длину L обработки и величину снимаемого припуска (на радиус) Z определяем по переходам, используя рис. 6.1 и табл. 6.1:

- для первого перехода: $L = 12{,}5$ мм, $Z = 5$ мм, 1 проход;
- второго перехода: $L = 50$ мм, $Z = 5$ мм, 2 прохода;
- третьего перехода: $L = 75$ мм, $Z = 2{,}5$ мм, 1 проход.

2. Величину подачи $S_{об}$ на один оборот заготовки определяем, используя табл. П6.7:

- для первого перехода: $S_{об} = 0{,}1$ мм/об заготовки;
- второго перехода: $S_{об} = 0{,}15$ мм/об заготовки;
- третьего перехода: $S_{об} = 0{,}15$ мм/об заготовки.

3. Значение расчетной скорости V резания определяем по табл. П6.3:

- для первого перехода: $V = 130$ м/мин;
- второго перехода: $V = 106$ м/мин;
- третьего перехода: $V = 96$ м/мин.

4. Расчетное число n оборотов в минуту шпинделя станка находим по формуле $n = 1000\ V/(\pi D)$ с учетом диаметра D обрабатываемой поверхности:

- для первого перехода: $D = 90$ мм, $n = 460$ мин$^{-1}$;
- второго перехода: $D = 90$ мм, $n = 375$ мин$^{-1}$;
- третьего перехода: $D = 80$ мм, $n = 383$ мин$^{-1}$.

5. Фактическое число n оборотов в минуту шпинделя станка выбираем по паспортным данным токарно-винторезного станка (прил. 5):

- для первого перехода: $n = 500$ мин$^{-1}$;
- второго перехода: $n = 400$ мин$^{-1}$;
- третьего перехода: $n = 400$ мин$^{-1}$.

3. Фактическую скорость V резания определим по формуле

$$V = \pi Dn/1\,000:$$

- для первого перехода: $V = 141{,}3$ м/мин;
- для второго перехода: $V = 113$ м/мин;
- для третьего перехода: $V = 100{,}5$ м/мин.

7. Минутную подачу $S_{мин}$, мм/мин, определим по формуле

$$S_{мин} = n \cdot S_{об}.$$

- для первого перехода: $S_{мин} = 50$ мм/мин;
- для второго перехода: $S_{мин} = 60$ мм/мин;
- для третьего перехода: $S_{мин} = 60$ мм/мин.

8. Длину $L_{вр}$ врезания и длину $L_{п}$ перебега резца определим по табл. П6.9:

- для первого перехода: $L_{вр} = 5$ мм, $L_{п} = 2$ мм;
- для второго перехода: $L_{вр} = 3$ мм, $L_{п} = 2$ мм;
- для третьего перехода: $L_{вр} = 3$ мм, $L_{п} = 2$ мм.

9. Расчетную длину $L_{р}$ определим по формуле $L_{р} = L_{вр} + L + L_{п}$:

- для первого перехода: $L_{р} = 5 + 12{,}5 + 2 = 19{,}5$ мм;
- для второго перехода: $L_{р} = 3 + 50 + 0 = 53$ мм;
- для третьего перехода: $L_{р} = 3 + 75 + 2 = 80$ мм.

10. Основное время t_{oi} определим по формуле $t_{oi} = L_{р} / S_{мини}$:

- для первого перехода: $t_{о1} = 0{,}39$ мин;
- для второго перехода: $t_{о2} = 0{,}88$ мин;
- для третьего перехода: $t_{о3} = 1{,}33$ мин.

11. Основное время для всей операции (3 перехода) определяем по формуле $t_{о} = \sum t_{oi} = 0{,}39 + 0{,}88 + 1{,}33 = 2{,}6$ мин.

12. Вспомогательное время $t_{в}$ на операцию определяем по табл. П5.1 с учетом установки заготовки в трехкулачковом патроне с выверкой: $t_{в} = 0{,}4$ мин.

13. Оперативное время $t_{оп}$ определяем по формуле

$$t_{оп} = t_{о} + t_{в} = 2{,}6 + 0{,}4 = 3 \text{ мин}.$$

14 – 16. Суммарное время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, а также на физические потребности

(табл. П5.3) при работе на токарном станке с высотой центров 400 мм составляет 5,3 % от оперативного времени, т. е.

$$t_{орг} + t_{т.о.} + t_{п} = =5{,}3 \cdot t_{оп}/100 = 5{,}3 \cdot 3/100 = 0{,}16 \text{ мин.}$$

17. Штучное время $T_{шт}$ определяем по формуле

$$T_{шт} = t_{о} + t_{в} + t_{орг} + t_{т.о.} + t_{п} = 2{,}6 + 0{,}4 + 0{,}16 = 3{,}2 \text{ мин.}$$

18. Число $q_{парт}$ заготовок в партии при серийном производстве определим по формуле $q_{парт} = 5N_{п}/254 = 157{,}5$. Принимаем число заготовок в партии 160 шт.

19. Подготовительно-заключительное время $t_{п.з.}$ определяем по табл. 5.4, $t_{п.з.} = 6$ мин.

20. Штучно-калькуляционное время определяем по формуле

$$T_{шт.к} = T_{шт} + t_{п.з.}/q_{парт} = 3{,}2 + 6/160 = 3{,}3 \text{ мин.}$$

21. Полученные результаты расчетов заносят в операционную карту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Что такое норма времени?
2. Назовите известные вам методы определения нормы времени.
3. Что такое «штучное время»?
4. На какие работы рабочий затрачивает подготовительно-заключи-тельное время?
5. На какие работы затрачивается основное время?
6. На какие работы рабочий затрачивает вспомогательное время?
7. Назовите составляющие расчетной длины обработки.
8. По какой формуле рассчитывают требуемое число оборотов шпинделя токарного станка?
9. Каким образом учитывают подготовительно-заключительное время при нормировании операций?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7
ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, СТРУКТУРА ШТУЧНОГО ВРЕМЕНИ

Краткая теория

Техническое нормирование операций представляет собой совокупность методов и приемов, позволяющих установить технически обоснованную норму времени на выполнение определенных операций технологического процесса в условиях конкретного производства.

Норма времени – это технически обоснованное время выполнения технологической операции в наиболее благоприятных для данного производства условиях.

На основе нормы времени рассчитывают заработную плату рабочих, определяют производительность труда, требуемое количество технологического оборудования, осуществляют планирование работы производственных подразделений, определяют потребность в рабочей силе и др. Для установления технически обоснованной нормы времени пользуются следующими методами:

- метод расчета нормы времени по нормативам;
- метод хронометража и фотографии рабочего дня в конкретных производственных условиях;
- метод сравнения и расчета нормы времени по типовым нормативам;
- опытно-статистический метод нормирования.

При расчете по нормативам технологическая операция разбивается на элементы: переходы, проходы, приемы и движения. Каждый элемент анализируется и в отдельности, и в сочетании со смежными элементами. Для каждого элемента по справочникам устанавливают продолжительность исполнения. Время всей операции складывается из суммы времен, затрачиваемых на отдельные элементы с учетом возможной параллельности их выполнения.

Например, *операция фрезерования плоскости в условиях единичного производства может состоять из следующих элементов (основных, и вспомогательных):*

- установки заготовки на станок;
- выверки положения заготовки и закрепление ее;
- включения станка;

- подведения заготовки к фрезе;
- фрезеровки небольшого участка поверхности;
- отведения заготовки от фрезы;
- измерения получившегося размера;
- корректировки взаимного положения фрезы и заготовки с помощью лимба;
- подведения заготовки к фрезе и включение автоматической подачи;
- фрезерования поверхности заготовки;
- выключения станка по окончании обработки;
- раскрепления и снятия детали;
- укладки детали в тару;
- отведения стола станка в исходное положение;
- очистки станка от стружки.

Продолжительность выполнения отдельных элементов операции зависит от массы и размеров заготовки, от схемы базирования заготовки, типа станка, требуемой точности обработки и др. Устанавливают продолжительность по общемашиностроительным справочникам для нормирования станочных работ.

Для установления технически обоснованной нормы времени на каждую операцию необходимо рассчитывать штучное время.

Штучное время – это норма времени на обработку одной детали в условиях массового производства. Оно складывается из нескольких частей:

$$T_{шт} = t_о + t_в + t_{орг} + t_{т.о.} + t_п \,, \qquad (7.1)$$

где $t_о$ – основное (машинное или технологическое) время; ($t_в$ – вспомогательное время; $t_{орг}$ – время организационного обслуживания; $t_{т.о.}$ – время технического обслуживания; $t_п$ – время перерывов в работе на отдых и личные надобности.

Основным временем ($t_о$) называют время, в течение которого достигается цель технологической операции, т. е. непосредственно осуществляется изменение размеров и формы заготовки, а также качества ее поверхностного слоя. При сборке изделия в течение основного времени происходит изменение взаимного расположения деталей и их крепление.

При механической обработке заготовки на станке основное время определяют для каждого основного перехода по формуле

$$t_о = L_р \cdot i / (S_{мин}), \qquad (7.2)$$

где $L_р$ – расчетная длина обработки (рис. 7.1); i – число рабочих ходов в данном переходе; $S_{мин}$ – минутная подача режущего инструмента; a – число одновременно обрабатываемых заготовок.

Минутная подача режущего инструмента определяется по формуле

$$S_{мин} = n \cdot S_{об}, \qquad (7.3)$$

где n – частота вращения шпинделя или фрезы, мин$^{-1}$; $S_{об}$ – подача на один оборот детали или фрезы.

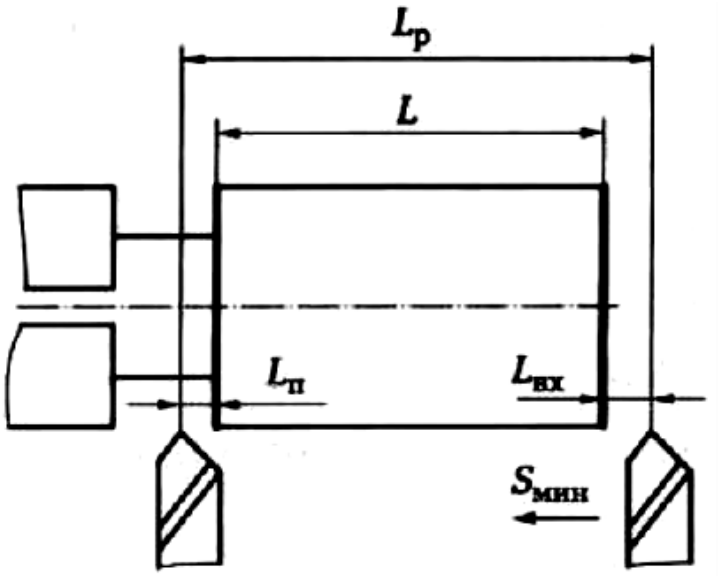


Рис. 7.1. Схема определения расчетной длины обработки

Расчетная длина обработки определяется по формуле

$$L_р = L + L_{вр} + L_п, \qquad (7.4)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности; $L_{вр}$ – длина врезания режущего инструмента; $L_п$ – длина перебега (выхода или схода) режущего инструмента.

Вспомогательное время ($t_в$) – это время действий рабочего на выполнение вспомогательных переходов (установка и закрепление заготовки, снятие детали, управление механизмами станка, контрольные измерения и др.).

Оперативное время ($t_{оп}$) – это время, в течение которого выполняются действия, повторяющиеся при выполнении операции над каждой заготовкой. Это время включает в себя основное время и вспомогательное время, т. е.

$$t_{оп} = t_о + t_в . \qquad (7.5)$$

Время организационного обслуживания рабочего места ($t_{об}$) – это время, затрачиваемое рабочим-станочником на уход за рабочим местом в течение смены: на раскладку и уборку инструмента,

на осмотр и опробование станка, на очистку от стружки станка и его смазку. Исчисляется это время в процентах от оперативного времени. Например, по нормативам для крупносерийного производства оно составляет 0,8÷2,5 % оперативного времени.

Время технического обслуживания рабочего места ($t_{т.о}$) – это время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом в процессе выполнения работы: на подналадку и регулирование станка в процессе работы, на правку и замену затупившегося режущего инструмента, на сметание стружки во время работы. Определяют это время в процентах от основного времени. По нормативам для большинства станков оно составляет 3÷6 % основного времени.

Для более точного определения времени организационного обслуживания рабочего места (при массовом производстве) применяют расчетные формулы.

При черновой обработке заготовок

$$t_{т.о} = t_с / q, \qquad (7.6)$$

где $t_с$ – время, затрачиваемое на смену притупившегося инструмента; $q = T/t_о$ – число заготовок, обрабатываемых за период стойкости T режущего инструмента.

При чистовой обработке

$$t_{т.о} = (t_{пн} K_{пн} + t_{пр} K_{пр} + t_с) / q, \qquad (7.7)$$

где $t_{пн}$, $t_{пр}$ – время, затрачиваемое на подналадку и правку инструмента; $K_{пн}$, $K_{пр}$ – число подналадок и правок инструмента; q – число заготовок, обработанных за период стойкости режущего инструмента.

Время перерывов в работе на отдых и личные надобности ($t_п$) – это время, затрачиваемое рабочим на личные физиологические потребности и отдых. Время на отдых предусматривается в случае тяжелых утомительных работ. Исчисляют по нормативам в процентах от оперативного времени. В единичном и серийном производстве оно составляет 4÷5 %, в крупносерийном и массовом производстве – 5÷8 % оперативного времени, но не более 2 % продолжительности рабочей смены.

Подготовительно-заключительное время ($t_{п.з.}$) – это время, устанавливаемое при обработке заготовок партиями (серийное производство), для подготовки и наладки станка, приспособлений и инструментов, а также для приведения их в первоначальное состояние после окончания обработки всей партии заготовок. Это время отводится на всю партию заготовок. Его величина зависит от сложности оборудования, оснастки, характера выполняемой работы и уровня

сложности наладки, но не зависит от количества заготовок в обрабатываемой партии. С учетом подготовительно-заключительного времени норма времени $t_{парт}$ для обработки всей партии, состоящей из $q_{парт}$ (штук) заготовок:

$$t_{парт} = T_{шт} \cdot q_{парт} + t_{п\text{-}з}. \quad (7.8)$$

Штучно-калькуляционное время ($t_{шт.к}$) – это время обработки одной заготовки (или изготовления одного изделия), когда обработка ведется партиями, т. е. когда подготовительно-заключительное время задают на всю партию, состоящую из числа $q_{парт}$ заготовок. Подсчитывается эта норма времени по формуле

$$t_{шт.к.} = T_{шт.} + t_{п.з./}\, q_{парт} \ . \quad (7.9)$$

Задание № 7.1

По одному из вариантов задания (табл. 7.1) определить основное время для обтачивания поверхности M заготовки, схема обработки которой представлена на рис. 7.2.

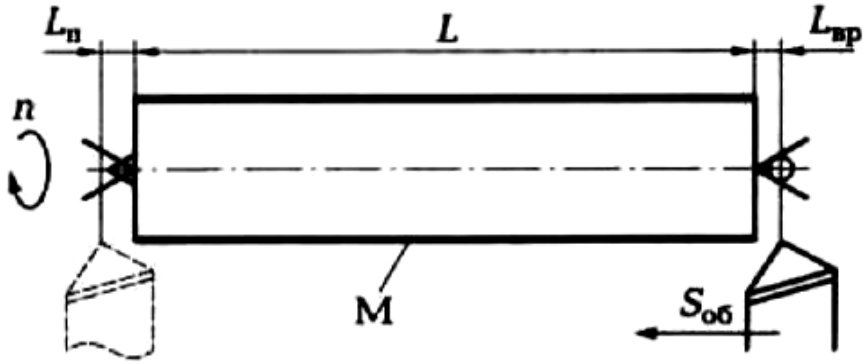


Рис. 7.2. Схема точения заготовки

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (7.2):

$$t_o = L_р \cdot i \,/\, (S_{мин}).$$

Согласно заданию, обработка ведется за два прохода (i = 2). Расчетную длину вычислим по формуле (7.4):

$$L_р = L + L_{вр} + L_п.$$

Таблица 7.1

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 7.1

Исходные данные	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, мм	110	80	90	110	75	60	86	100	102	85	70	105	112	120	140	130
$L_{вр}$, мм	2	2	2	1,5	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2	2,2	2,5	2,5	3	3
$L_{п}$, мм	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	2	1,0	2	1,0	1,0	2	1,0	2
$S_{о}$, мм/об	0,2	0,3	0,4	0,25	0,1	0,35	0.2	0,2	0,3	0.3	0.2	0,4	0,25	0,1	0,35	0.2
n, мин$^{-1}$	350	300	320	400	300	400	350	300	400	350	300	350	300	400	350	300
Число ходов i	2	1	3	3	2	2	1	3	2	2	1	1	3	2	2	1

Таблица 7.2

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 7.2

Исходные данные	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, мм	20	15	30	25	35	20	30	40	25	30	35	25	35	20	30	40
ØD, мм	10	10	20	10	15	14	10	16	8	12	10	20	18	16	15	14
$L_{п}$, мм	1,5	1,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,2	1,5	1.0	1,5	1,5	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5
$S_{о}$, мм/об	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3
n, мин$^{-1}$	200	200	150	180	130	140	180	130	200	160	200	140	180	130	200	160

Согласно заданию, длина обрабатываемой поверхности L = 110 мм, длина врезания $L_{вр}$ = 2 мм, длина перебега резца $L_{п}$ =1,5 мм. Тогда $L_{р}$ = 110 + 2 + 1,5 = 113,5 мм. Минутную подачу вычислим по формуле (7.3) $S_{мин} = n \cdot S_{об}$. Согласно заданию, заготовка вращается с частотой n = 350 мин$^{-1}$, а подача на один оборот заготовки $S_{об}$ = 0,2 мм. Тогда минутная подача $S_{мин}$=35 ·0,2 = 70 мм/мин. Таким образом, основное время $t_{о}$ = (113,5·2)/(70·1) = 3,2 мин.

Задание № 7.2

По одному из вариантов задания (табл. 7.2) определить основное время для сверления отверстия ØD в заготовке, схема обработки которой представлена на рис. 7.3, *а*.

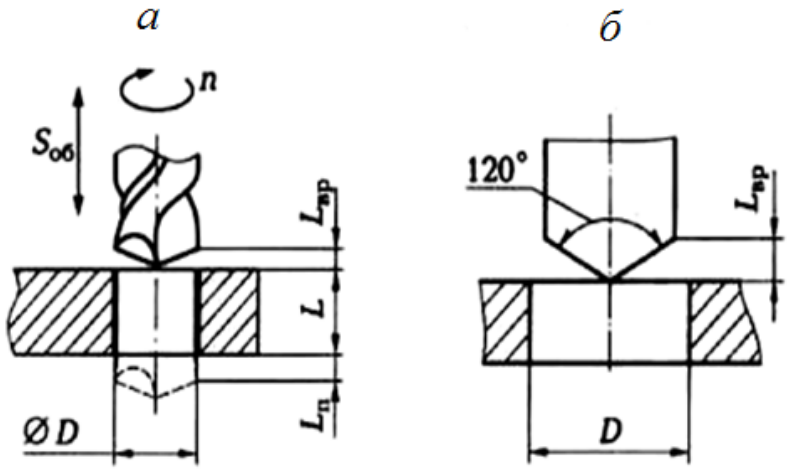


Рис. 7.3. Схема сверления (*а*) и расчетная схема (*б*) при обработке сквозного отверстия

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (7.2): $t_{о} = L_{р} \cdot i/(S_{мин})$. Согласно заданию, обработка ведется за один проход (i = 1). Расчетную длину вычислим по формуле (7.4): $L_{р} = L + L_{в\ р} + L_{п}$. Согласно заданию, длина L обрабатываемой поверхности равна 20 мм. Длину $L_{вр}$ врезания найдем из геометрических соотношений (рис. 7.3, *б*). При угле сверла в плане 120°, $L_{вр} = D/2\sqrt{3} = 10/2\sqrt{3} = 3$ мм. По заданию, длина перебега сверла $L_{п}$ = 1,5 мм. Тогда расчетная длина $L_{р}$ = 20 + 3 + 1,5 = 24,5 мм. Минутную подачу $S_{мин}$ вычислим по формуле (7.3): $S_{мин} = n \cdot S_{об}$.

Согласно заданию, сверло вращается с частотой n = 200 мин$^{-1}$, а подача на один оборот сверла $S_{об}$ = 0,1 мм. Тогда минутная подача $S_{мин}$ = 200 · 0,1 = 20 мм/мин. Таким образом, основное время $t_о$ = (24,5 · 1)/20 = 1,2 мин.

Задание № 7.3

По одному из вариантов задания (табл. 7.3) определить основное время для обработки фрезой Ø$d_ф$ паза M глубиной h в заготовке, схема обработки которой представлена на рис. 7.4, *а*.

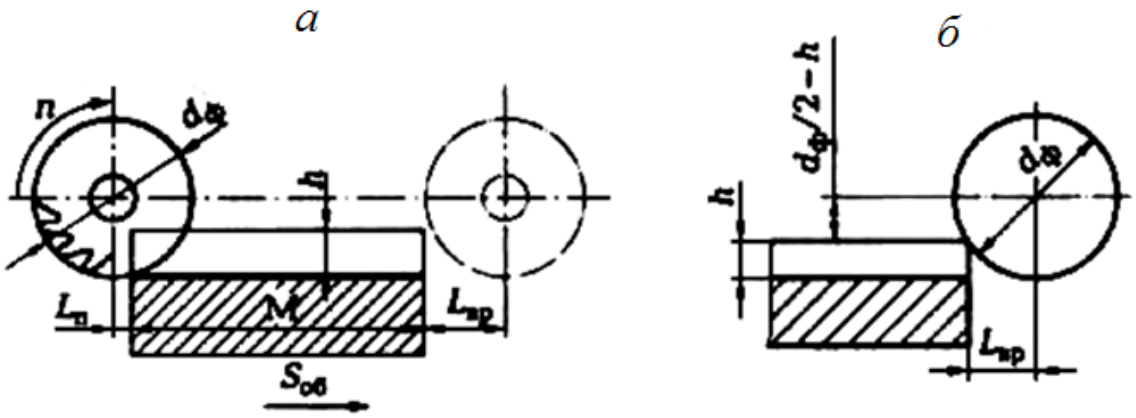


Рис. 7.4. Схема фрезерования паза (*а*) и расчетная схема (*б*)

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (7.2): $t_о = L_р \cdot i / S_{мин}$. Согласно заданию, обработка ведется за один проход (i = 1), и обрабатывается одна заготовка (a = 1). Расчетную длину вычислим по формуле (7.4): $L_р = L + L_{вр} + L_п$. Согласно заданию, длина L обрабатываемой поверхности равна 60 мм. Длину $L_{вр}$ врезания найдем из геометрических соотношений (рис. 7.4, *б*). При диаметре фрезы $d_ф$ = 40 мм и глубине паза h = 10 мм $L_{вр} = \sqrt{h(d_ф - h)}$ = 17 мм. По заданию, длина перебега фрезы $L_п$ = 5 мм. Тогда расчетная длина $L_р$ = 60 + 17 + 5 = 82 мм. Минутную подачу $S_{мин}$ вычислим по формуле (7.3): $S_{мин} = n \cdot S_{об}$. Согласно заданию,

Таблица 7.3

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 7.3

Исходные данные	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, мм	60	40	35	50	45	30	58	68	48	62	55	100	95	90	88	85
h, мм	10	12	14	10	15	10	12	14	10	15	12	12	15	13	10	10
$\varnothing d_{ф}$, мм	40	60	80	80	90	60	60	70	70	90	80	80	100	90	60	70
$L_{п}$, мм	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$S_{об}$, мм/об	0,6	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,35	0,5	0,3	0,4
n, мин$^{-1}$	150	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Число ходов i	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3	3	3	2	2

Таблица 7.4

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 7.4

Исходные данные	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, мм	60	40	35	50	45	30	58	68	48	62	55	50	64	58	70	100
B, мм	20	30	40	40	50	30	25	40	45	60	40	25	40	45	60	40
$\varnothing d_{ф}$, мм	40	60	80	80	90	60	60	70	70	90	80	50	80	60	70	60
$L_{п}$, мм	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$S_{о}$, мм/об	0,5	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
n, мин$^{-1}$	150	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Число ходов i	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	1

фреза вращается с частотой n = 150 мин$^{-1}$, а подача на один оборот фрезы $S_{об}$ = 0,6 мм/об. Тогда минутная подача $S_{мин}$ = 150 · 0,6 = 90 мм/мин. Таким образом, основное время t_o = (82 · 1)/90 ~ 0,9 мин.

Задание № 7.4

По одному из вариантов задания (табл. 7.4) определить основное время для обработки торцевой фрезой $\varnothing d_ф$ плоской поверхности шириной B заготовки, схема обработки которой представлена на рис. 7.5.

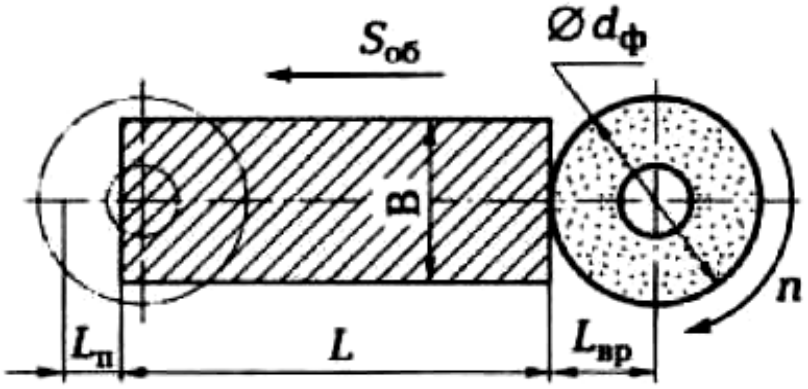


Рис. 7.5. Схема обработки плоской поверхности торцевой фрезой

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (7.2): $t_o = L_р \cdot i / S_{мин}$. Согласно заданию, обработка ведется за один проход (i = 1). Расчетную длину вычислим по формуле (7.4): $L_р = L + L_{вр} + L_п$. Согласно заданию длина L обрабатываемой поверхности равна 60 мм. Длину $L_{вр}$ врезания примем согласно рис. 7.5 равной радиусу фрезы, т. е. $L_{вр} = d_ф / 2$ = 20 мм. Длину перебега фрезы примем согласно рис. 7.5: $L_п = 0{,}8\ d_ф / 2$ = 16 мм. Тогда расчетная длина $L_р$ = 60 + 20 + 16 = 96 мм. Минутную подачу $S_{мин}$ вычислим по формуле (7.3): $S_{мин} = n \cdot S_{об}$.

Согласно заданию, фреза вращается с частотой n = 150 мин$^{-1}$, а подача на один оборот фрезы $S_{об}$ = 0,5 мм/об. Тогда минутная подача $S_{мин}$ = 150 · 0,5 =75 мм/мин. Таким образом, основное время t_o = (96 · l)/(75 · 1) = 1,3 мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Приложение 1

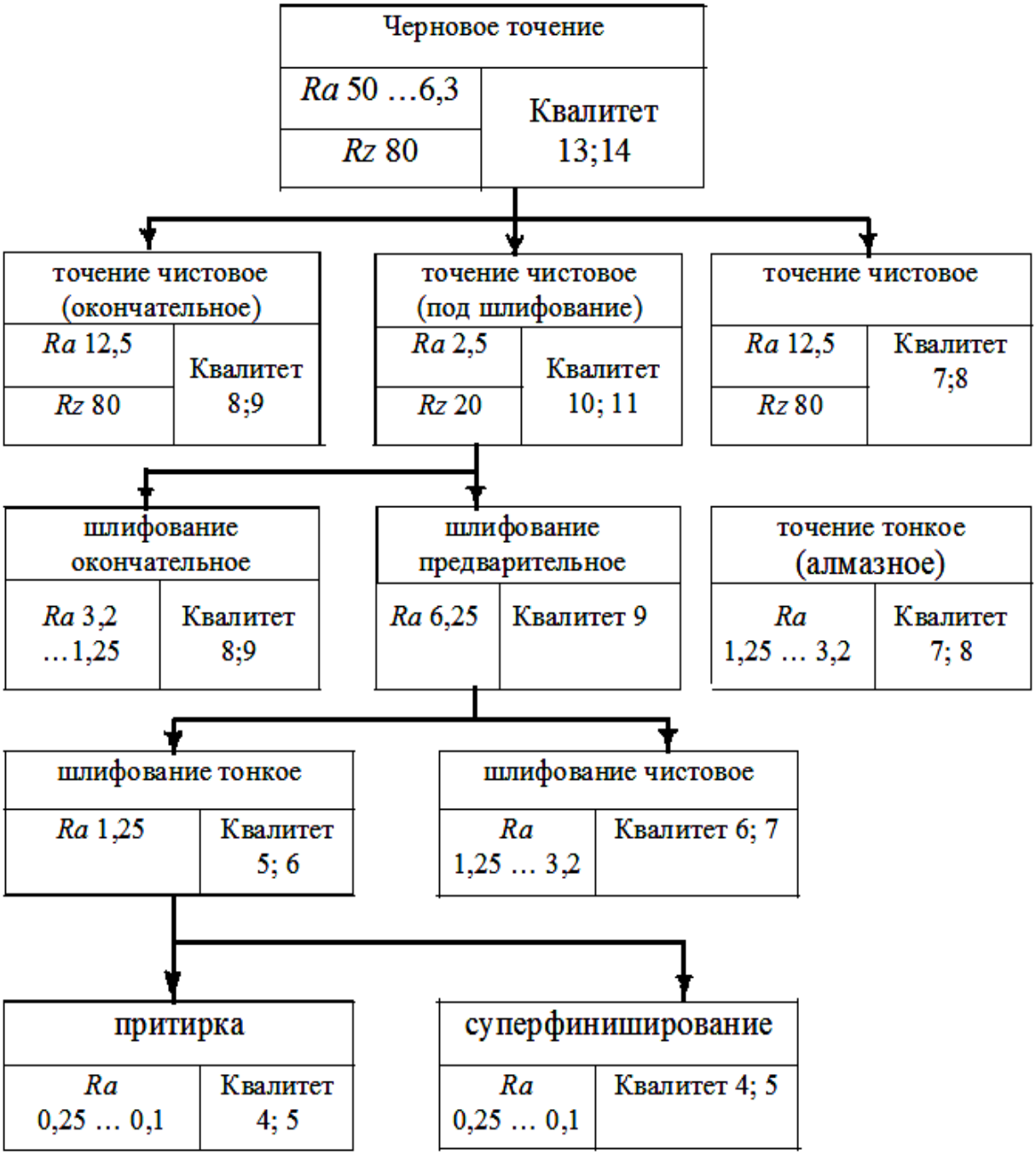
Допуски в системе отверстия на наружные размеры по ЕСДП (ГОСТ 25347–82)

Интервалы размеров, мм	Квалитеты и поля допусков														
	*h*8	*u*8	*f*8	*d*8	*x*8	*h*9	*d*9	*f*9	*h*l0	*h*l1	*a*ll	*c*ll	*h*12	*Js*l2	*Js*l4
	Предельные отклонения, мкм														
От 1 до 3	0 -14	+32 +18	-6 -20	-20 -34	+34 +20	0 -25	-20 -45	-6 -31	0 -40	0 -60	-270 -330	-60 -120	0 -100	+50 -50	+125 -125
Свыше 3 до 6	0 -18	+41 +23	-10 -28	-30 -48	+46 +28	0 -30	-30 -60	-10 -40	0 -48	0 -75	-270 -345	-70 -145	0 -120	+60 -60	+150 -150
Свыше 6 до 10	0 -22	+50 +28	-13 -35	-40 -52	+56 +34	0 -36	-40 -76	-13 -49	0 -58	0 -90	-280 -370	-80 -170	0 -150	+75 -75	+180 -180
Свыше 10 до 14	0 -27	+60 +23	-16 -43	-50 -77	+67 +45	0 -43	-50 -93	-16 -59	0 -70	0 -110	-290 -400	-95 -205	0 -180	+90 -90	+215 -215
Свыше 14 до 18															
Свыше 18 до 24	0 -33	+74 +48	-20 -53	-65 -99	+87 +64	0 -52	-65 -117	-20 -72	0 -84	0 -130	-300 -430	-110 -240	0 -210	+105 -105	+260 -260
Свыше 24 до 30															
Свыше 30 до 40	0 -39	+99 +70	-25 -64	-80 -119	+119 +97	0 -62	-80 -142	-25 -87	0 -100	0 -160	-310 -480	-120 -290	0 -250	+125 -125	+310 -310
Свыше 40 до 50															

Окончание табл. прил. 1

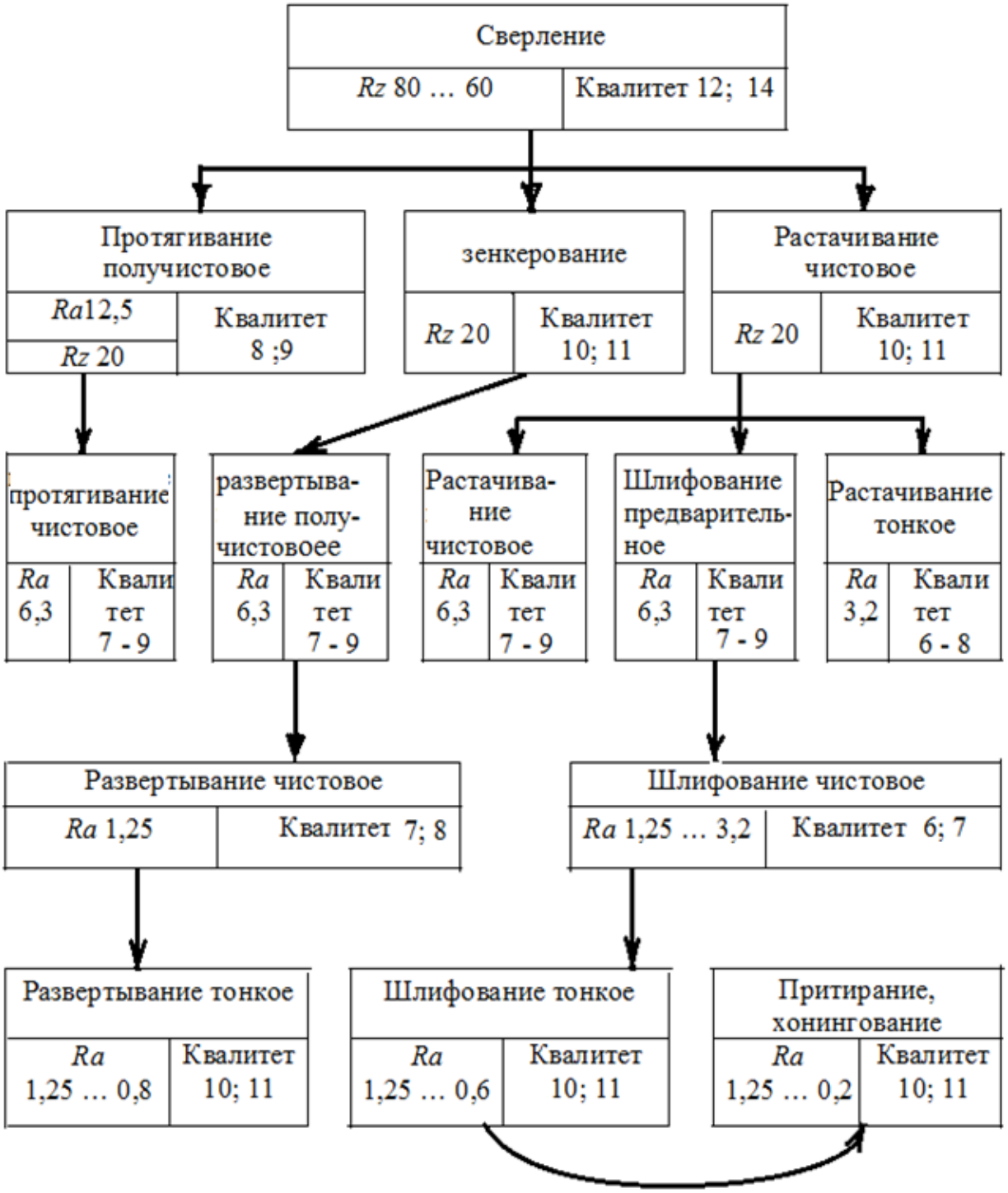
Интервалы размеров, мм	*Квалитеты и поля допусков*														
	*h*8	*u*8	*f*8	*d*8	*x*8	*h*9	*d*9	*f*9	*h*l0	*h*l1	*a*ll	*c*ll	*h*12	*Js*l2	*Js*l4
	Предельные отклонения, мкм														
Свыше 50 до 65	0	+133	-30	-100	+158	0	-100	-30	0	0	-340	-140	0	+150	+370
Свыше 65 до 80	-46	+102	-75	-146	+146	-74	-174	-104	-120	-190	-550	-340	-300	-150	-370
Свыше 80 до 100	0	+178	-36	-120	+264	0	-120	-36	0	0	-380	-170	-0	+175	+435
Свыше 100 до 120	-54	+144	-90	-174	+210	-87	-207	-123	-140	-220	-630	-400	-350	-175	-435
Свыше 120 до 140	0	+233	-43	145	+373	0	-145	-43	0	0	-460	-200	0	+200	+500
Свыше 140 до 160	-63	+210	-106	-208	+310	-100	-245	-143	-160	-250	830	-480	-400	-200	-500
Свыше 160 до 180															
Свыше 180 до 200	0	+308	-50	170	+497	0	-170	-50	0	0	-660	-240	0	+230	575
Свыше 200 до 250	-72	+284	-122	242	+425	-115	-285	-165	-185	-290	-820	-570	-460	-230	-575

Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей



Приложение 3

Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей



Приложение 4

Операционные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Вид операции	Расчетная длина обработки, мм					
		до 25	25÷63	63÷100	100÷160	160 ÷250	250÷400
		припуск на диаметр, мм					
До 5	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3	3,5	–
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
6 ÷10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3.5	3,5	3,3
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1.5	1,5	1,5
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
10÷18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
18 ÷30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
30÷50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
50÷80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
80÷120	Точение черновое	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
120÷200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6

Приложение 5

ВРЕМЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Таблица П5.1

Вспомогательное время при работе на токарных и шлифовальных станках, мин

Способ установки заготовки	Масса заготовки, кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
В центрах с хомутиком	–	0,35	0,44	0,54	0,64	0,91	1,12
В центрах с люнетом	–	0,44	0,5	0,64	0,78	0,91	1,12
На гладкой оправке	–	0,42	0,53	0,67	0,79	0,91	1,1
На оправке с гайкой	0,48	0,53	0,61	0,7	0,75	0.8	0,86
В патроне без выверки	0,18	0,2	0,22	0,27	0,33	0,38	0,39
В патроне с выверкой	–	0,4	0,47	0,56	0,63	0,70	0,84
В патроне с люнетом	–	0,4	0,41	0,53	0,60	0,67	0,78
На магнитном столе	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4

Таблица П5.2

Вспомогательное время при работе на фрезерных станках, мин

Способ установки заготовки	Масса заготовки, кг		
	0,5	3	5
В тисках с эксцентриковым зажимом	0,9	0,11	0,16
В тисках с рукояткой	0,12	0,19	0,21
В тисках с воротком	0,14	0,21	0.24
С применением механизированного зажима	0,06	0,09	0,11
С закреплением прихватами и гаечным ключом в специальном приспособлении	0,12	0,15	0,23

Таблица П5.3

Время на техническое и организационное обслуживание и на физические потребности

Тип металлообрабатывающего станка	Время технического обслуживания, % от основного времени	Время на физические потребности, % от оперативного времени	Суммарное время (техническое и организационное обслуживание и на физические потребности), % от оперативного времени
Токарный с высотой центров, мм			
200	2,5 2,5		4,6
300	3,0	3,0	5,0
400	3,5	3,5	5,3
Револьверный с диаметром отверстия шпинделя, мм			
22	2,5	1,5 4,7	
60	3,0	1,6	5,1
110	3,5	1,7	5,4
Вертикально-сверлильный с наибольшим диаметром обрабатываемого отверстия, мм			
35	1,0	1,0	3,5
55	1,0	1,1	3,6
Радиально-сверлильный с наибольшим диаметром обрабатываемого отверстия, мм			
35	1,0	1,2	3,7
55	1,0	1,4	3,9
Горизонтально-фрезерный с длиной стола, мм			
1000	1,5	1,2	4,0
1500	2,0	1,5	4,5
Вертикально-фрезерный с длиной стола, мм			
1000	1,5	1,2	4,0
1500	2,0	1,5	4,5

Окончание табл. П5.3

Тип металлообрабатывающего станка	Время технического обслуживания, % от основного времени	Время на физические потребности, % от оперативного времени	Суммарное время (техническое и организационное обслуживание и на физические потребности), % от оперативного времени
Круглошлифовальный с высотой центров, мм			
200	6,0	1,7	6,7
300	7,0	2,2	7,7
Внутришлифовальный с наибольшим диаметром шлифуемого отверстия, мм			
200	6,0	2,2	2,7
400	7,0	2.7	8,2
Плоскошлифовальный с длиной стола, мм			
1000	2,0	1,7	4,7
1500	2,5	1,9	5,1
Протяжной	2	1,4	4,4
Центровочный	2	1,2	4,2
Зуборезный	3	1,7	5,2

Таблица П5.4

Подготовительно-заключительное время при работе на токарных станках

Способ установки обрабатываемой заготовки	Высота центров станка, мм			
	200	400	600	800
	Подготовительно-заключительное время, мин			
В центрах станка или на центровой оправке	4	5,8	6,8	8,6
В самоцентрирующем трехкулачковом патроне	6÷7	6,6 ÷8,1	8,8÷10,8	12,1÷14,7
На планшайбе в приспособлении	10	11,2	14,1	19,1
На планшайбе с креплением болтами	5,0	5,7	7,8	11,1
В цанговом патроне с затяжной гайкой	4,8	5,8	6,5	7.9
На концевой оправке	3,0	3,6	3,8	–
Наладка станка для нарезания резьбы	До 2	До 3	До 4	До 5

Приложение 6

ПАРАМЕТРЫ РЕЗАНИЯ И РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ

Таблица П6.1

Скорости резания при точении и растачивании конструкционных сталей и сплавов резцами с пластинами из Т15К6

Предел прочности материала, МПа					Подача, мм/об, не более						
4,4÷4,9	5,0÷5,5	5,6 ÷6,2	6,3÷7,9	8,0÷8,9							
Глубина резания, мм, не более											
1,4	–	–	–	–	0,25	0,54	0,97	1,27	1,65	2,15	–
3	1,4	–	–	–	0,14	0,38	0,75	0,97	1,27	1,65	–
7	3	1,4	–	–	–	0,25	0,54	0,75	0,97	1,27	2,15
15	7	3	1,4	–	–	0,14	0,38	0,54	0,75	0,97	1,65
–	15	7	3	1,4	–	_	0,25	0,38	0,54	0,75	1,27
–	–	15	7	3	–	–	0,14	0,25	0,38	0,54	0,97
–	–	–	15	7	–		–	0,14	0,25	0,38	0,75
–	–	–	–	15	–	–	–	–	0,14	0,25	0,54
Характер обработки					Скорость резания, м/мин						
Наружное продольное точение					417	330	360	231	205	182	144
Растачивание до диаметра 500 мм					378	299	236	209	186	165	130
Поперечное точение					518	409	323	287	255	227	188

Таблица П6.2

Скорости резания при точении и растачивании сталей резцами из стали Р9 и Р18

Глубина резания, мм	Подача, мм								
1,4	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3	–
3,0	–	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3
6,0	–	–	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1
12	–	–	–	–	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76
Характер обработки	Скорость резания, м/мин								
Наружное продольное точение	106	89	75	62	52	44	37	31	26
Растачивание	96	80	67	56	47	39	33	28	23
Поперечное точение	130	109	91	77	64	54	45	38	32

Таблица П6.3

Скорости резания при фрезеровании конструкционной стали цилиндрическими фразами из стали Р9 и Р18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы					
				0,05	0,1	0,13	0,18	0,24	0,33
				скорость резания, м/мин					
75	8	12÷40	3	62	54	49	43,9	38,5	–
			5	52	46,5	42	37	33	–
			8	45,5	40,5	36,5	32,5	28,5	–
		41÷130	3	54	48,5	44	39	34	–
			5	46,5	41,5	38	33,5	29,5	–
			8	40,5	36	32,5	28,5	25,5	–
90	8	12÷40	3	66	59	53	47,5	42	–
			5	57	51	46,5	41	36	–
			8	49,5	44	40,5	35,5	31	–
		41÷130	3	59	52	48	42	37	–
			5	51	45	40,5	36	31,5	–
			8	44	39	35	31	27,5	–
110	10	12÷40	3	71	63	57	51	44,5	40
			5	61	54	48,5	43,3	38,5	34
			8	52	46,5	42,5	37,5	33	29,5
			13	45,5	41	37	33	29	26
		41÷130	3	63	56	50	45	39,5	35
			5	54	48	43,5	38,5	34	30,5
			8	46,5	41,5	37,5	33	29,5	26,5
			13	41	36,5	33	29	26	23

Таблица П6.4

Режимы тонкого обтачивания

Обрабатываемый материал	Режущий инструмент из алмаза			Режущий инструмент из твердого сплава		
	Скорость резания, м/мин	Продольная подача, мм/об заготовки	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Продольная подача, мм/об заготовки	Глубина резания, мм
Силумин	350÷500	0,02÷0,08	0,06÷0,30	200÷400	0,02÷0,08	0,05÷0,45
Баббит	380÷600	0,02÷0,03	0,18÷0,25	250÷600	0,02÷0,10	0,05÷0,35
Бронза	330÷500	0,02÷0,05	0,10÷0,25	250÷500	0,02÷0,10	0,05÷0,25
Чугун серый	–	–	–	100÷200	0,03÷0,18	0,10÷0,35
Сталь углеродистая	–	–	–	150÷300	0,03÷0,14	0,10÷ 0,35

Таблица П6.5

Скорости резания при обработке конструкционных сталей концевыми фрезами из стали Р9 и Р18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина обрабатываемого паза, мм	Глубина обрабатываемого паза, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,045	0,06	0,07	0,09
				скорость резания, м/мин			
16	4	16	10÷25	35	30,5	27	–
16	5	16	10÷25	34	30	–	–
20	5	20	10÷30	33,5	29,5	26,5	23
20	6	20	10÷30	33	29	26	–

Таблица П6.6

Скорости резания при обработке конструкционных сталей и сплавов цилиндрическими фрезами с пластинами из сплава Т15К6

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,12	0,16	0,22	0,3
				скорость резания, м/мин			
80	8	20÷80	2	255	233	214	195
			3	220	201	4	169
			4,4	190	174	160	145
			6,5	164	150	137	125
			9,5	141	129	118	108
90	4	20÷80	2	276	252	231	211
			3	240	218	199	182
			4,4	205	288	172	157
			6,5	179	162	148	136
			9,5	154	141	129	118
100	10	20÷80	2	257	236	216	197
			3	222	203	186	170
			4,4	192	175	160	147
			6,5	165	151	138	127
			9,5	143	130	119	109

Таблица П6.7

Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал					
		сталь конструкционная углеродистая				чугун и медные сплавы	
		глубина резания, мм					
		до 3	3÷5	5÷8	8÷12	до 3	3÷5
До 20	От 16 × 25 до 25 ×25	0,3÷0,4	–	–		–	–
20÷40	От 16 ×25 до 25 × 25	0,4÷ 0,5	0,3÷0,4	–	–	0,4÷0,5	–
40÷60	От 16 × 25 до 25 × 40	0,5÷0,9	0,4÷0,8	0,3÷0,7	–	0,6÷0,9	0,5÷0,8
60÷100	От 16 × 25 до 25 × 40	0,6÷1,2	0,5÷1,1	0,5÷0,9	0,4÷0,8	0,8÷1,4	0,7÷1,2

Примечания: *1*. При обработке сталей твердостью 44÷56 *HRC* табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,8. *2*. При обработке сталей твердостью 57÷62 *HRC* табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,5. *3*. При обработке прерывистых поверхностей табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,5.

Таблица П6.8

Продольные подачи при черновом растачивании на токарных и токарно-револьверных станках резцами с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Размеры сечения резца или оправки, мм	Вылет резца или оправки, мм	Обрабатываемый материал						
		сталь конструкционная			чугун и медные сплавы			
		глубина резания, мм						
		2	3	5	2	3	5	8
		подачи, мм/об заготовки						
Ø10	50	0,08	–	–	0,12 ÷0,16	–	–	–
Ø12	60	0,1	0,08	–	0,12 ÷0,2	0,12÷0,18	–	–
Ø16	80	0,1÷0,25	0,15	0,1	0,20÷0,3	0,15÷0,25	0,1÷0,18	–
Ø20	100	0,5÷0,3	0,15÷0,25	0,12	0,3 ÷ 0,4	0,25÷0,35	0,12÷0,25	–
Ø20	125	0,25÷0,5	0,15÷0,4	0,12÷ 0,2	0,4÷0,6	0,3÷0,5	0,25÷0,35	–
Ø30	150	0,4÷0,7	0,2÷0,5	0,12÷0,3	0,5÷0,8	0,4÷0,6	0,25÷0,45	–
Ø40	200	–	0,25÷0,6	0,15÷0,4	–	0,6÷0,8	0.3÷0,8	–
40×40	150	–	0,6÷1,0	0,5÷0,7	–	0,7 ÷1,2	0,5÷0,9	0,4÷0,5

Таблица П6.9

Величина врезания и перебега резца при работе на токарных станках

Глубина резания, мм	Главный угол резца в плане, φ								Величина перебега, мм
	10	15	20	30	45	60	75	90	
	величина врезания, мм								
1	5,7	3,7	2,7	1,7	1	0,6	0,3	3	1
2	11,3	7,5	5,5	3,5	2	1,2	0,6		1
3	17	11,2	8,2	5,2	3	1,7	0,8		2
4	6,2	14,9	11	6,9	4	2,3	1,1		2
5	4,2	18,6	13,7	8,7	5	2,9	1,3		2
6	34	22,4	16,5	10,4	6	3,5	1,6		2
7	40	26	19,2	12,1	7	4	1,9		2
8	45,2	29,8	22	13,8	8	4,6	2,1		3
9	51	33,6	24,7	15,7	9	5,2	2,4		3
10	57	37,3	27,4	17,3	10	5,8	2,7		3

Таблица П6.10

Подачи при обработке отверстий зенкерами, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера, мм					
	до 15	15÷20	20÷25	25÷30	30÷ 35	35÷40
Сталь	0,5÷0,6	0,6÷0,7	0,7÷ 0,9	0,8÷1,0	0,9÷1,1	0,9÷1,2
Чугун (менее 200НВ) и медные сплавы	0,7÷0,9	0,9÷1,1	1,0÷1,2	1,1÷1,3	1,2÷1,5	1,4÷1,7
Чугун (свыше 200 НВ)	0,5÷0,6	0,6÷0,7	0,7÷0,8	0,8÷0,9	0,9÷1,1	1,0÷1,2

Приложение 7

ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ

Точность и качество поверхности при обработке отверстий в деталях из сталей

Метод обработки		*Ra*, мкм	Глубина дефектного слоя, мкм	Квалитет точности	Номинальный диаметр поверхности, мм				
					6÷10	10÷18	18÷30	30÷50	50÷80
					допуск на обработку, мм				
Сверление		12,5÷3,2	75÷25	12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,30
Зенкерование	Черновое	12,5÷6,3	50÷30	12	0,18	0,21	0,25	0,30	0,35
	Чистовое	6,3÷ 3,2	40÷25	11; 10	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14
Развертывание	Черновое	1,6	25÷ 12	11: 10	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12
	Чистовое	0,8	10	8; 7	0,015	0,018	0,021	0,025	0,03
Растачивание	Черновое	12,5÷6,3	50÷30	12	–	–	–	–	–
	Чистовое	3,2÷1,6	23÷16	11÷ 8	–	–	–	–	–
	Тонкое алмазное	0,8÷0,2	10÷4	7 – 5	–	–	–	–	–
Шлифование	Предварительное	1,6	20	8	–	0,027	0,033	0,039	0,05
	Чистовое	0,8÷0,4	20÷5	6; 7	–	0,018	0,021	0,025	0,04
	Тонкое	0,4÷0,1	5	5	–	0,008	0,009	0,011	0,01
Притирка, хонингование		0,4÷0,03	5÷3	5	–	0,008	0,009	0,011	0,01
Калибрование шариком		0,40÷0,05	–	8; 7	–	–	0,033	0,039	0,05
Алмазное выглаживание		0,05	–	5	–	–	0,009	0,011	0,01

Примечание. При обработке деталей из чугуна и цветных сплавов предельные отклонения размеров можно принимать на один квалитет точнее.

Приложение 8

КРАТКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Токарно-винторезный стенок 16К20

Высота центров, мм	215
Расстояние между центрами, мм	До 2000
Мощность электродвигателя, Вт	10000
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200 315; 400; 500; 630; 800 1000; 1250; 1600; 2000
Продольная подача, мм/об заготовки	0,05; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125;0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5 1,75÷4,16
Поперечная подача, мм/об заготовки	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4÷2,08

Круглошифовальный станок ЗБ12

Диаметр обрабатываемых валов, мм	8÷200
Диаметр обрабатываемых отверстий, мм	25÷ 50
Продольная подача ($S_в$·В), мм/об заготовки	0,1÷5,0
Частота вращения заготовки, мин-1	78÷780
Цена деления лимба, мм	0,002
Диаметр шлифовального круга, мм	300
Ширина шлифовального круга, мм	40
Частота вращения шпинделя при наружном шлифовании, мин$^{-1}$	2250
Частота вращения шпинделя при внутреннем шлифовании, мин$^{-1}$	16750

Горизонтально-фрезерный станок 6Р82

Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	31,5; 40; 63; 80; 100; 125; 250;315; 400; 630; 800; 1250; 1600
Продольная подача, мм/мин	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100;125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250

Вертикально-фрезерный станок 6Р12

Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	1,5; 40; 63; 80; 100; 125; 250;315; 400; 630; 800; 1250; 1600
Продольная подача, мм/мин	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100;125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250

Круглошлифовальный станок 3М131

Наибольший диаметр шлифуемой поверхности, мм	280
Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм	700
Мощность электродвигателя, кВт	7,5
Частота вращения круга, мин$^{-1}$	1112 или 1285
Частота вращения обрабатываемой заготовки, мин$^{-1}$	40÷400 (бесступенчато)
Скорость продольного хода стола, мм/мин	50÷5000 (бесступенчато)
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход. стола	0,002÷0,1 (бесступенчато)
Непрерывная подача при врезном шлифовании, мм/мин	0,1÷4,5
Диаметр шлифовального круга, мм	600
Ширина шлифовального круга, мм	63

Плоскошлифовальный станок 3П722

Ширина стола, мм	320
Длина стола, мм	1250
Мощность электродвигателя, кВт	15
Скорость движения стола, м/мин	3÷45
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход стола	2÷48 (бесступенчато)
Вертикальная подача шлифовального круга, мм/реверс шлифовальной бабки	0,004; 0,005; 0,01÷0,1 (с шагом 0,005 мм)
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход стола	0,002÷0,1 (бесступенчато)
Диаметр шлифовального круга, мм	450
Ширина шлифовального круга, мм	80

Внутришлифовальный станок 3К228В

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм	200
Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм	200
Мощность электродвигателя шпинделя, кВт	5,5
Частота вращения шлифовального круга, $мин^{-1}$	4500; 6000; 9000; 13000
Частота вращения обрабатываемой заготовки, $мин^{-1}$	100÷600 (бесступенчато)
Скорость продольного хода шлифовальной бабки, м/мин	1÷7 (бесступенчато)
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход	0,001÷ 0,006 (с шагом 0,001 мм)
Непрерывная подача при врезном шлифовании, мм/мин.	0,1÷4,5
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	175
Наибольшая ширина (длина) шлифовального круга, мм	63

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. ГОСТ 21495-76. М.: Изд-во стандартов, 1990. 35 с.

Базров Б. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2005. 736 с.

Колесов И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для машиностр. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1999. 591 с.

Маталин А. А. Технология машиностроения: учебник. СПб.: Изд-во «Лань». 2010. 512 с.

Обработка металлов резанием: справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.]; под общ. ред. А. А. Панова. М.: Машиностроение, 2004. 784 с.

Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. М.: Машиностроение-1, 2003. 912 с.

Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Суслова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение-1, 2003. 944 с.

Технология машиностроения. В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В. М. Бурцев, А. С. Васильев, А. М. Дальский [и др.]; под ред. А. М. Дальского. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. 564 с.

Технология машиностроения. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов / Э. Л. Жуков, И. И. Козырь, С. Л. Мурашкин [и др.]; под ред. С. Л. Мурашкина. М.: Высшая школа, 2003. 278 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 3

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ……. 5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА……... 16

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ……... 22

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРИПУСКОВ……..... 23

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВОК……..... 34

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. ВЫБОР БАЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК…….. 48

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. НОРМИРОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА……. 61

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ……... 69

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, СТРУКТУРА ШТУЧНОГО ВРЕМЕНИ…….. 70

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……. 80

Приложение 1. Допуски в системе отверстия на наружные размеры по ЕСДП (ГОСТ 25347–82)……... 81

Приложение 2. Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей……. 83

Приложение 3. Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей…….. 84

Приложение 4. Операционные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей…….. 85

Приложение 5. Временные показатели технологических операций 86

Приложение 6. Параметры резания и режимы обработки…… 89

Приложение 7. Показатели точности и качества поверхности…… 96

Приложение 8. Краткие технические характеристики металлорежущих станков…….. 97

Учебное издание

Глинникова Татьяна Петровна
Волегов Сергей Александрович

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Практикум
для студентов направлений бакалавриата:
15.03.01 (150700) – «Машиностроение» (МШС),
15.03.02 (151000) – «Технологические машины и оборудование» (ТМО)
и среднего профессионального образования
(15.02.01) 151031 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного и заочного обучения

Редактор *В. В. Баклаева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 6,31. Уч.-изд. л. 5,62. Тираж 80 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ



Федеральное агентство по образованию
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Глинникова Т. П., Волегов С. А.

Основы технологии машиностроения.

Справочно-методическое пособие по курсовому проекту (работы) для студентов специальности 15.03.01 «Машиностроение» направление, «Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов»; 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования» очного обучения

Екатеринбург
2019

Федеральное агентство по образованию
ФГБОУ ВО
Уральский государственный горный университет

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-механического
факультета
«___» _____ 2006 г.
Председатель комиссии
_____проф. Барановский В.П.

Глинникова Т. П., Волегов С. А.

Основы технологии машиностроения.

Справочно-методическое пособие
курсового проекта (работы)
для студентов специальности
15.03.01 «Машиностроение» направление,
«Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов»;
15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования»
очного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Глинникова Т. П., Волегов С. А. Основы технологии машиностроения. Справочно-методическое пособие по оформлению технологической части ВКРБ, ВКРИ и курсового проекта для студентов специальности 15.03.01 «Машиностроение» направление, «Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов»; 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования» очного и заочного обучения. Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2006. 55 с.

В пособии рассмотрены основные требования стандартов 1974 и 1982 г.г. по оформлению маршрутных и операционных карт, карт эскизов, а также основные правила записи технологических переходов и базирования деталей с методическими указаниями и примерами.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования г. (протокол №) и рекомендован для издания в УГГУ.

Рецензент – М.Л. Хазин, д-р техн. наук, профессор кафедры ЭГО УГГУ

© Глинникова Т. П., Волегов С. А., 2018
© Уральский государственный горный университет, 2018

Оформление технологической документации.

Разработка технологического процесса механической обработки детали заканчивается составлением и оформлением комплекта документов технологического процесса.

Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичный, типовой или групповой), типа производства и степени использования разработчиком средств вычислительной техники и автоматизированной системы управления производством.

В маршрутном технологическом процессе содержание операций излагается только в маршрутной карте без указания технологических переходов. Этот процесс применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

В операционном технологическом процессе маршрутная карта содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты. Сами операции разрабатываются на операционных картах. Применяется при серийном типе производства.

В маршрутно-операционном технологическом процессе, применяемом при крупносерийном и массовом типах производства, предусматривается краткое описание содержания отдельных операций в маршрутной карте, а остальные операции оформляются на операционных картах.

При выполнении курсового и дипломного проектирования сту-

дентами, рекомендуется операционная или маршрутно-операционная степень детализации описания технологического процесса. ***Конкретно степень детализации описания технологического процесса оговаривается с руководителем работы(!).***

1. Маршрутная карта.

Маршрутная карта является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления маршрутных карт, применяемых при отработке технологических процессов изготовления или ремонта изделий в основном и вспомогательном производствах, регламентированы согласно ГОСТ 3.1118 – 82 форма 1 (Формы и правила оформления маршрутных карт) **или ГОСТ 3.1105 – 74 форма 3.**

К заполнению граф технологических документов предъявляются следующие требования (ГОСТ 3.1118 – 82 форма 1).

Каждая строка мысленно делится по горизонтали пополам и информацию записывают в нижней ее части, оставляя верхнюю часть свободной для внесения изменений.

Для изложения технологических процессов в маршрутной карте используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. Простановка служебных символов является обязательной в любом случае. В каче-

стве обозначения служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки. Указание соответствующих служебных символов для типов строк в зависимости от размещаемого состава информации, в графах маршрутной карты следует выполнять в соответствии с табл. 1. При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «*О*», следует руководствоваться требованиями, которые устанавливают правила записи операций и переходов (см. разд. 2).

При операционном описании технологического процесса на маршрутной карте номер перехода следует проставлять в начале строки.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «*Т*», следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки.

Информацию о применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

1) приспособления;

2) вспомогательный инструмент;

3) режущий инструмент;

4) слесарно-монтажный инструмент;

5) специальный инструмент;

6) средства измерения.

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак «;» .Сведения, вносимые в от-

дельные графы и строки маршрутной карты, выбираются из табл. 2. Для удобства поиска соответствующих граф карты номера пунктов таблицы продублированы выносными линиями на полях рис. 1.

Основные надписи в маршрутной карте (ГОСТ 3.1105 – 74 форма 3) следует выполнять в соответствии с указанием табл.П2.1. и рис.П2.1.

Таблица 1

Сведения, вносимые в графы, расположенные на строке маршрутной карты

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; код и наименование операции
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам
К	Информация о комплектации изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
М	Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, о применяемых исходных и комплектующих материалах, кодах единицы величины, единицы нормирования, количестве на изделие и нормы расхода
О	Содержание операции (перехода)
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке
Р	Информация о режимах обработки

Таблица 2

Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Служебный символ	Содержание информации
1	2	3	4
1	–	–	Наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу
2	–	–	Обозначение изделия по основному конструкторскому документу или код ступени классификации по конструкторскому классификатору
3	–	–	Код классификационных группировок технологических признаков для типовых и групповых технологических процессов по технологическому классификатору [1,2]
4	–	–	Обозначение документа по ГОСТ 3.1201-85 (Система обозначения технологической документации)
5	–	–	Общее количество листов документа
6	–	–	Порядковый номер листа документа
7	–	–	Литера, присвоенная технологическому документу. При дипломном проектировании записывать «*ДП*», при курсовом – «*КП*»
8	–	–	Графа для особых указаний
9	обозначение документа		Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например, *ИОТ* – инструкция по охране труда
10	$T_{ШТ}$	*Б*	Норма штучного времени на операцию, мин

Продолжение табл. 2

<table>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td>11</td><td>$T_{П.З.}$</td><td>Б</td><td>Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин</td></tr>
<tr><td>12</td><td>$K_{ШТ}$</td><td>Б</td><td>Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависящий от количества обслуживаемых станков
<table>
<tr><td>Количество станков</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>$K_{ШТ}$</td><td>1</td><td>0,65</td><td>0,48</td><td>0,39</td><td>0,35</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>13</td><td>ОП</td><td>Б</td><td>Объем производственной партии, штуки</td></tr>
<tr><td>14</td><td>ЕН</td><td>М02 Б</td><td>Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала</td></tr>
<tr><td>15</td><td>КОИД</td><td>Б</td><td>Количество одновременно обрабатываемых заготовок при выполнении одной операции</td></tr>
<tr><td>16</td><td>КР</td><td>Б</td><td>Количество исполнителей, занятых при выполнении операции</td></tr>
<tr><td>17</td><td>УТ</td><td>Б</td><td>Код условий труда. Включает в себя цифру – условия труда:
1 – нормальные;
2 – тяжелые и вредные;
3 – особо тяжелые, особо вредные;
и букву, указывающую вид нормы времени:
Р – аналитически-расчетная;
И – аналитически-исследовательская;
Х – хронометражная;
О – опытно-статистическая.</td></tr>
</table>

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
18	*Р*	*Б*	Разряд работы, необходимый для выполнения операции. Код включает три цифры: первая – разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику, две следующие – код формы и системы оплаты труда: 10 – сдельная форма оплаты труда; 11 – сдельная система оплаты труда прямая; 12 – сдельная система оплаты труда премиальная; 13 – сдельная система оплаты труда прогрессивная; 20 – повременная форма оплаты труда; 21 – повременная система оплаты труда простая; 22 – повременная система оплаты труда премиальная;
19	*ПРОФ.*	*Б*	Код профессии согласно классификатору
20	*СМ*	*Б*	Код степени механизации труда. Указывается цифрой: 1 – наблюдение за работой автоматов; 2 – работа с помощью машин и автоматов; 3 – вручную при машинах и автоматах: 4 – вручную без машин и автоматов; 5 – вручную при наладке машин.
21	*Код, наименование оборудования*	*Б*	Код оборудования. Включает в себя высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки.
22	*Код, наименование операции*	*А*	Код операции согласно классификатору технологических операций.

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
23	*Цех*	*А*	Номер цеха, в котором выполняется операция
24	*Уч.*	*А*	Номер участка
25	*РМ*	*А*	Номер рабочего места (В курсовом проекте позиции 23, 24, 25 заполняются условным кодом «ХХ»)
26	*Опер*	*А*	Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения. Рекомендуемая нумерация операций: 000, 005,010 и т.д.
27	*Код*	*М02*	Код материала. Графа не заполняется, ставится прочерк.
28	*ЕВ*	*М02*	Код единицы величины - массы, длины, площади и т. п. детали или заготовки. Для массы, указанной в «кг» – код 166; в «г» – 163; в «т» – 168. Допускается вместо кода указывать единицы измерения величины.
29	*МД*	*М02*	Масса детали по конструкторскому документу
30	*ЕН*	*М02, Б*	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
31	$Н_{расх}$	*М02, К*	Норма расхода материала
32	*КИМ*	*М02*	Коэффициент использования материала
33	*Код заготовки*	*М02*	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, штамповка и т. д.)

Окончание табл. 2

1	2	3	4
34	–	*М01*	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняется на уровне одной строки с применением разделительного знака дроби «/», например. Лист БОН-2,5×1000×2500 ГОСТ 19903-74/Ш – IVВ ст.3 ГОСТ 14637 – 79
35	*Профиль и размеры*	*М02*	Обозначение профиля и размера заготовок. Рекомендуется указывать толщину, ширину и длину, сторону квадрата или диаметр и длину, например, 20×50×300, диаметром 35. Профиль допускается не указывать.
36	*КД*	*М02*	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
37	*МЗ*	*М02*	Масса заготовки

Примечание. Установлена пятизначная структура основного кода характеристики документации (ХХХХХ).

Первые две цифры – вид документации:

01 – комплект технологической документации;

10 – маршрутная карта;

20 – карта эскизов;

42 – ведомость оснастки;

44 – ведомость деталей к типовому (групповому) технологическому процессу (операции);

60 – операционная карта;

62 – карта наладки;

67 – карта кодирования информации.

Третья цифра – вид технологического процесса (операции) по организации:

0 – без указания;

1 – единичный процесс (операция);

2 – типовой процесс (операция);

3 – групповой процесс (операция).

Последние две цифры - вид технологического процесса по методу выполнения:

00 – без указания;
02,03 – технический контроль;
41,42 – обработка резанием;
50, 51 – термообработка.
21 – обработка давлением;
04 – перемещение

Пример. Маршрутная карта единичного процесса обработки резанием – 10141.XXXX. Последние четыре разряда (XXXX) – резерв дополнительного обозначения по отраслевому классификатору.

Таблица 3

Группы операции обработки резанием

Наименование группы операций	Применяемое оборудование (станки)
Автоматно-линейная	Автоматические линии
Агрегатная	Агрегатные
Долбёжная	Долбёжные
Зубообрабатывающая	Зубофрезерные, зубострогальные, зубошлифовальные и др.
Комбинированная	Сверлильно-фрезерные и др.
Отделочная	Хонинговальные, суперфинишные, доводочные, полировальные
Отрезная	Отрезные
Программная	Станки с программным управлением
Протяжная	Протяжные
Расточная	Расточные
Резьбонарезная	Гайконарезные, резьбофрезерные и др.
Сверлильная	Сверлильные
Строгальная	Строгальные
Токарная	Токарные, токарно-винторезные, многорезцовые и др.
Фрезерная	Фрезерные (кроме зубо-резьбофрезерных)
Шлифовальная	Шлифовальные (кроме зубошлифовальных)

Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже в соответствии с табл.3.

2.Операционная карта

Структура построения операционной карты (ОК) идентична маршрутной. Запись информации выполняется построчно с привязкой к соответвующим служебным символам (см. разд. 1.).

Операционная карта механической обработки по ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1 составляется на конкретную операцию и заполняется в соответствии указаниями табл. П2.2., П3.1, П3.2. и рис. П2.2.

Указание единиц величины следует выполнять в заголовках или подзаголовках соответствующих граф. Допускается указывать единицы величины параметров технологических режимов после их числовых значений, например, 40 мм; 0,2 мм /об; 36 мм /мин.

Указание данных по технологическим режимам следует выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки.

При указании данных по технологической оснастке информацию следует записывать в следующей последовательности:

1) приспособления;

2) вспомогательный инструмент;

3) режущий инструмент;

4) средства измерения.

В целях разделения информации по группам технологической

оснастки и поиска необходимой информации допускается перед указанием состава применять условное обозначение видов: приспособлений – «*ПР*»; вспомогательного инструмента – «*ВИ*»; режущего инструмента – «*РИ*»; средств измерений – «*СИ*». Например, *СИ. АВВХХХ. Пробка 24Н7 - пр.*

При описании содержания перехода необходимо указывать данные по $T_О$ и $T_В$. Это следует выполнять на уровне строки, где заканчивается описание содержания перехода под служебным символом «*О*».

Большинство граф операционной карты соответствует аналогичным графам маршрутной карты. Информацию по дополнительным графам следует вносить в соответствии с рис. 2 и табл. 4.

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с рекомендациями табл.П3.1 и П3.2. Полную запись делают при необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров. Сокращенная используется при ссылке на условное обозначение конструктивного элемента обрабатываемого изделия. Данная запись выполняется ***при достаточной графической*** информации. Для промежуточных переходов, не имеющих графических иллюстраций, в содержании следует указывать исполнительные размеры с их предельными отклонениями и при необходимости шероховатость обработанной поверхности и другие технические требования. Например, «Точить поверхность 3, выдерживая $d = 40_{-0,34}$ и $l = 100 \pm 0,4$».

Переходы (основные и вспомогательные) нумеруются арабскими цифрами 1,2,3***...(Для карт по ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1 и 1а вспомогательные переходы обозначаются прописными буквами***

РУССКОГО алфавита: А, Б, В, Г и т. д. Например, « А Установить и закрепить заготовку »). Прием «Снять деталь » указывается в конце операции.

Таблица 4

Информация по дополнительным графам операционной карты

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание информации
1	2	3
1	–	Графы для записи содержания перехода, информации по оснастке, режущему и измерительному инструменту
2	***ПИ***	Номер позиции инструментальной наладки. Графа заполняется для станков с ЧПУ
3	T_O	Норма основного времени на операцию, мин
4	***Д*** или ***В***	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. Данные по "*Д*" или "*В*" указываются с учетом величины врезания и перебега
5	T_B	Норма вспомогательного времени на операцию, мин
6	***L***	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величины врезания и перебега
7	***t***	Глубина резания
8	***i***	Число рабочих ходов
9	***S***	Подача
10	***n***	Частота вращения шпинделя
11	***V***	Скорость резания
12	–	Номер операции
13	***СОЖ***	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости

В общем случае в содержание перехода включается:

1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (табл. 5);

2) наименование в (существительное в винительном падеже) обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства, например, «отверстие», «фаску», «канавку», «заготовку» и т. п.

3) информация о размерах обработки резанием или их условных обозначений, приведенных на операционных эскизах и указанных там арабскими цифрами в окружности диаметром 6 ... 8 мм (табл. П1.1 и П1.2);

4) дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки, например, «предварительно», «последовательно», «по копиру», «начерно», «начисто».

Основные надписи операционной карты (ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1 и 1а) следует выполнять в соответствии с указанием табл.П3.2. и рис.П2.2.

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности указываются только обозначениями на операционном эскизе. Допускается указывать в тексте содержание операции информацию о параметре шероховатости предварительно обрабатываемых поверхностей (промежуточных переходов), если это нельзя указать на операционном эскизе, например, «фрезеровать предварительно поверхность *1*, выдерживая высоту $70 \pm 0{,}5$, $Rz = 50$».

3. Карта эскизов

Карта эскизов – основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции.

Эскизы следует выполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным соблюдением пропорций. При разработке технологической операции необходимо помнить, что сначала разрабатывается и полностью оформляется эскиз на карте эскизов. На рис. 3**(и рис.П2.3)** представлены примеры оформления карты эскизов. Нумерация обрабатываемых поверхностей (см. табл.П3.2), проставляемая в кружочках, начинается с цифры 1. Последовательность простановки номеров в кружочках рекомендуется вести по ходу часовой стрелки. Нумерация относится только ***к конкретной рассматриваемой операции*** (установу). На последующих операциях (установах) нумерация опять начинается с цифры 1 . При этом, естественно, одна и та же поверхность заготовки на разных операциях (установах) может иметь различный номер.

На карте эскизов деталь изображается в таком виде, как она обрабатывается на станке. На карте эскизов указывают те размеры, которые выполняются на данной операции(!). Размеры, допуски и высота шероховатости указываются такими, какие будут получены после выполнения рассматриваемой операции(!).

Обрабатываемые поверхности выделяются ***цветом*** или ***жирными*** линиями и обозначаются цифрами в кружочках. При этом возможны два варианта см. табл.П3.1.

При заполнении основной надписи в карте эскизов (в верхней части) необходимо помнить, что средняя графа из трех граф, обведенных жирной линией (см. пункт 3 табл. 2), не заполняется.

Основные надписи на карте эскизов (ГОСТ 3.1103 – 74 форма 5) следует выполнять в соответствии с указанием табл.П3.3 – П3.6 и рис.П2.3.

Для большей наглядности в курсовых и дипломных проектах некоторые эскизы, по согласованию с руководителем, оформляются на листе формата А1 в полуконструктивном виде (эскизы наладок). При этом на одном листе формата А1 можно разместить от двух до четырех эскизов. На эскизе наладки показывается все то же, что и на карте эскизов, и дополнительная информация:

– теоретическая схема базирования заготовки по ГОСТ 21495 – 76 (Базирование и базы в машиностроении) либо по [3]; при этом опорные точки рекомендуется выполнить цветным карандашом (красным, зеленым), чтобы отличить их от условных знаков опор, зажимов приспособления;

– режущий инструмент;

– траектория движения режущего инструмента для станков с ЧПУ (по мере необходимости);

– таблица с режимами резания;

– некоторые элементы конструкции станочного приспособления (по мере необходимости). Над каждым эскизом наладки указывается наименование операции, ее номер согласно маршрутной карте и модель технологического оборудования (станка).

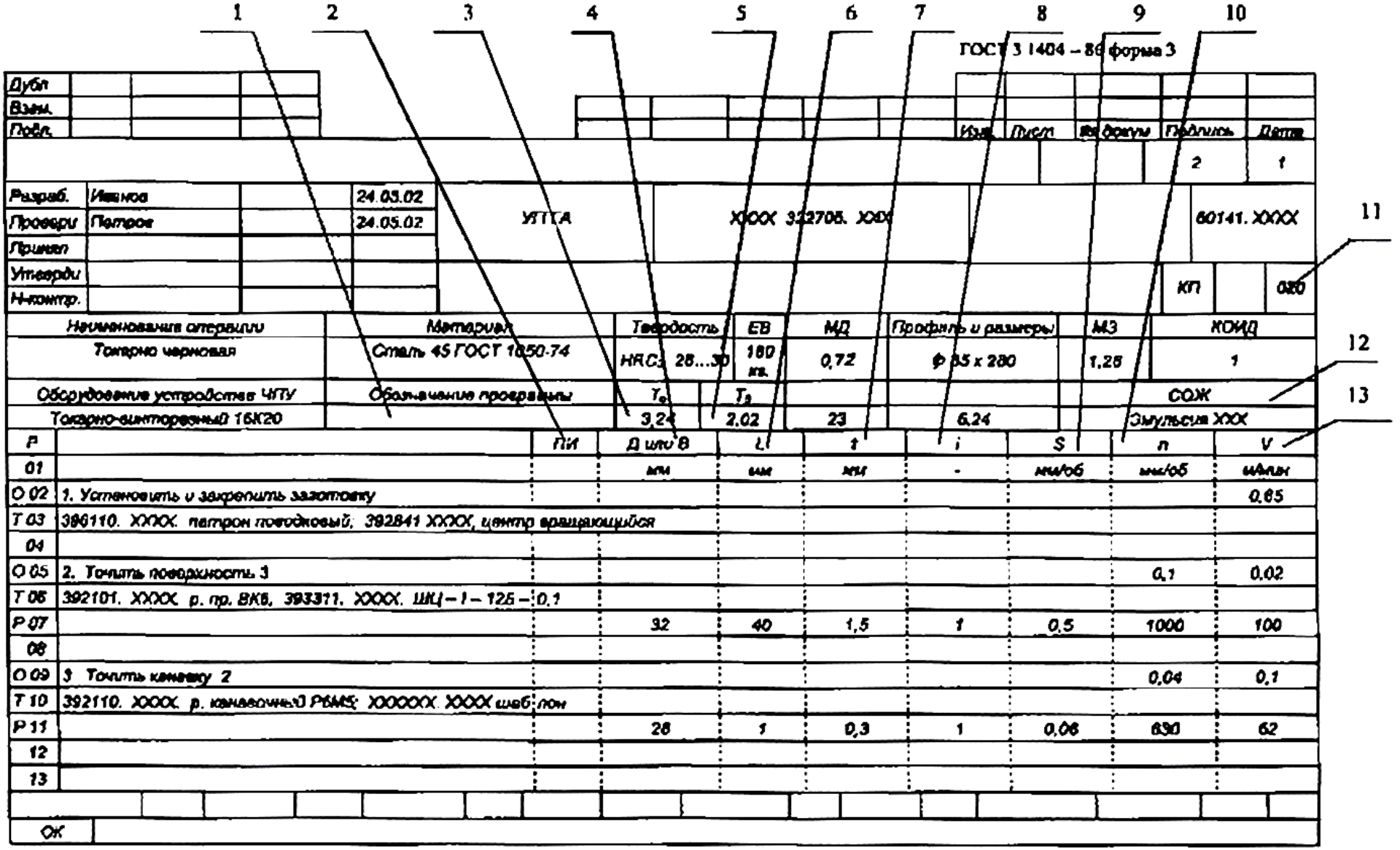


Рис. 2. Пример заполнения операционной карты

Таблица 5

Ключевые слова технологических переходов

Вид механической обработки	Ключевое слово при обработке резанием
Точение	Точить
Растачивание	Расточить
Сверление	Сверлить
Рассверливание	Рассверлить
Развертывание	Развернуть
Протягивание	Протянуть
Долбление	Долбить
Зенкерование	Зенкеровать
Зенкование	Зенковать
Фрезерование	Фрезеровать
Отрезание	Отрезать
Подрезание	Подрезать
Полирование	Полировать
Притирание	Притереть
Шлифование	Шлифовать
Центрование	Центровать
Хонингование	Хонинговать
Шевингование	Шевинговать
Переустановка и закрепление	Переустановить и закрепить
Установка и закрепление	Установить и закрепить
Суперфиниш	Суперфинишировать
Снятие	Снять
Переустановка	Переустановить
Закрепление	Закрепить

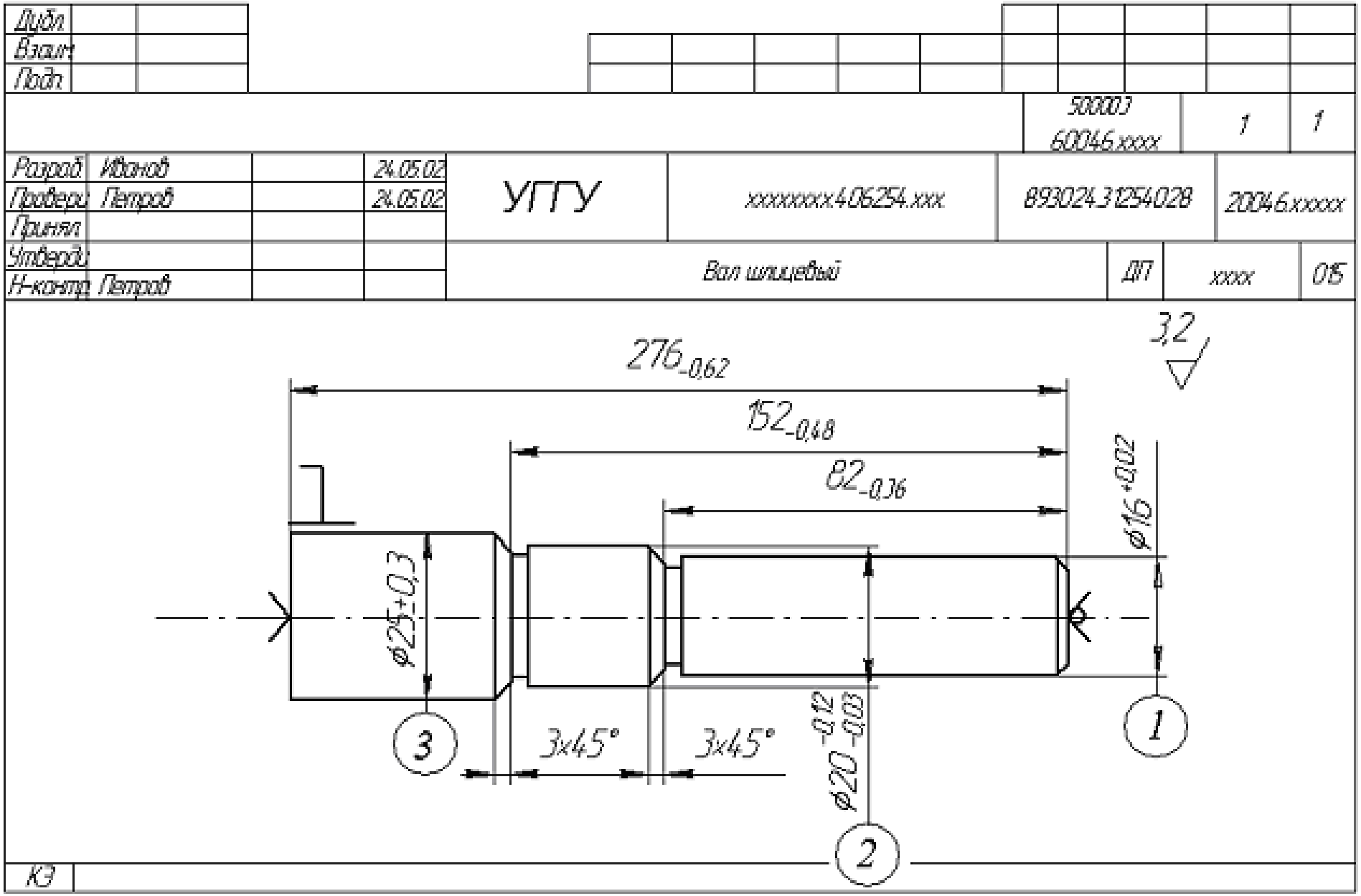
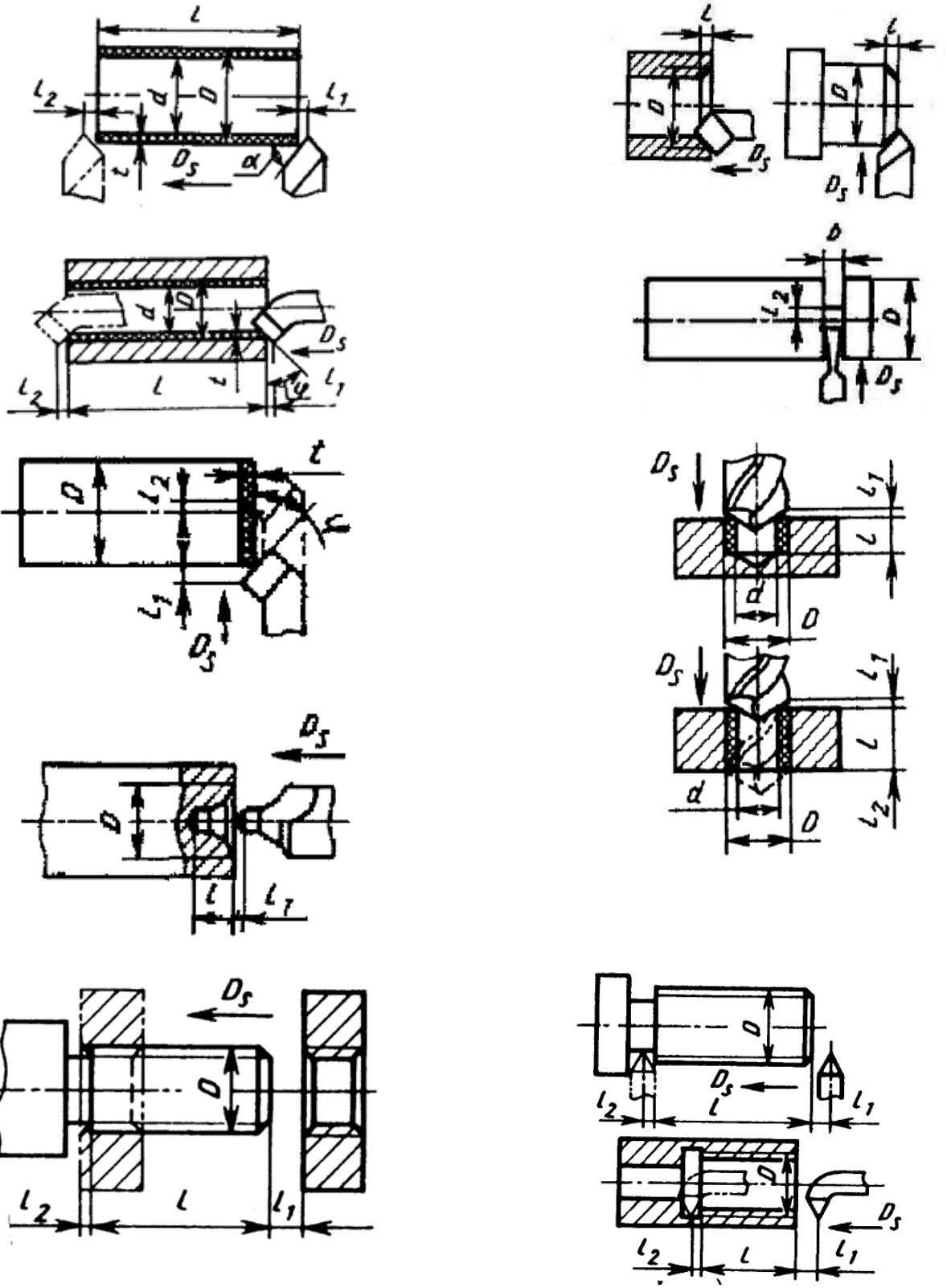
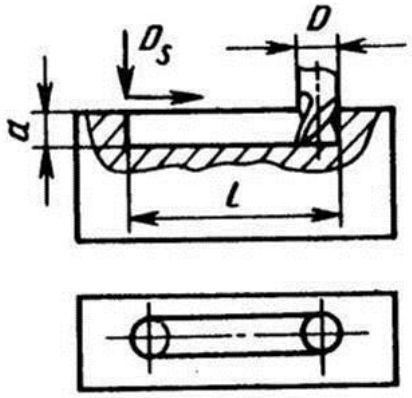


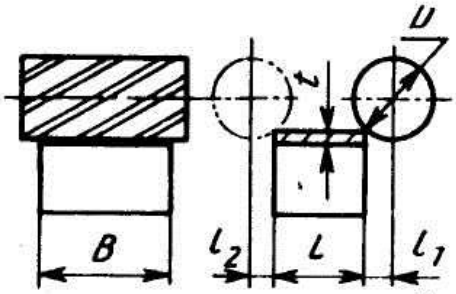
Рис.3. Пример заполнения карты эскизов

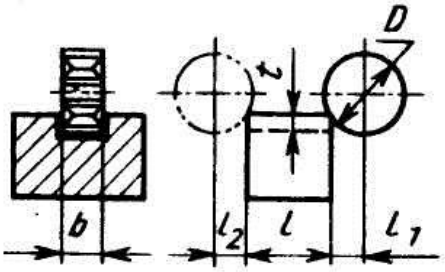
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

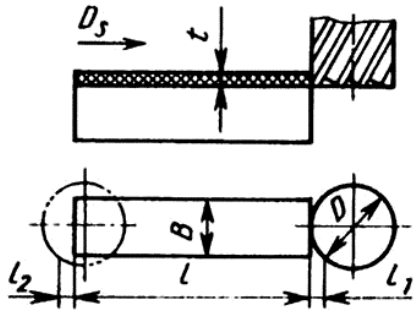
Глубина резания *t* для некоторых методов обработки

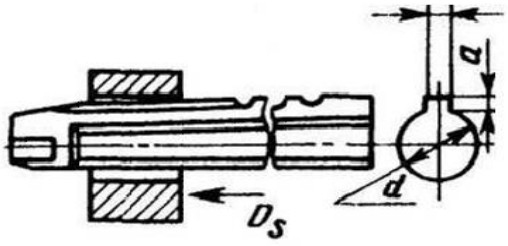


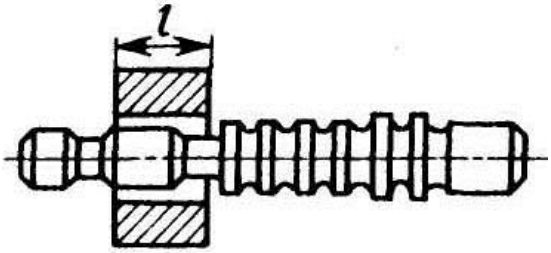

D_S
D
a
l

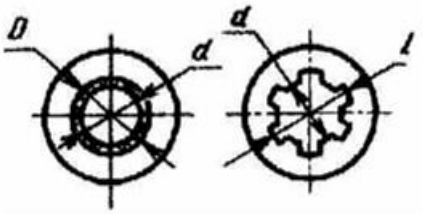

D
t
B
l_2
l
l_1

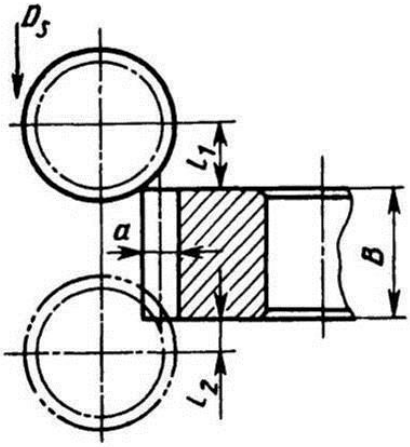

D
t
b
l_2
l
l_1

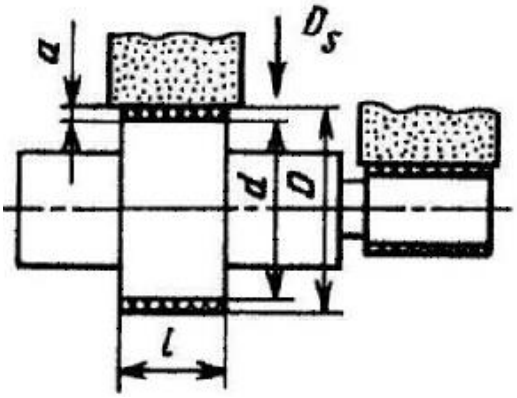

D_S
t
B
D
l_2
l
l_1

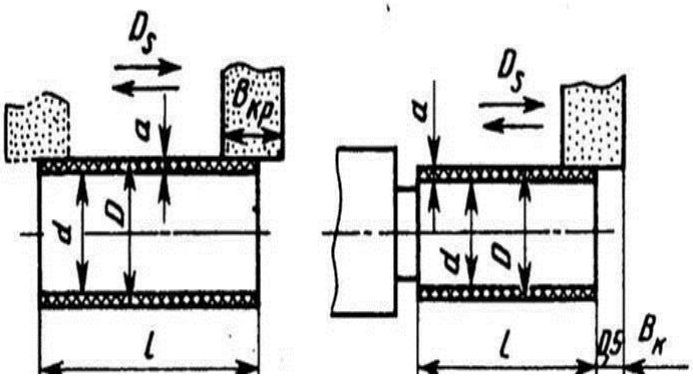

a
d
D_S

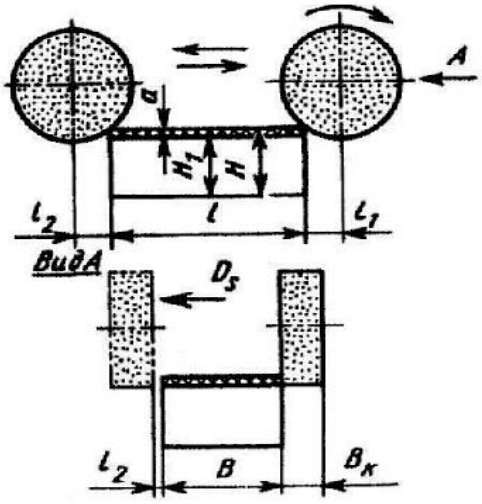

l

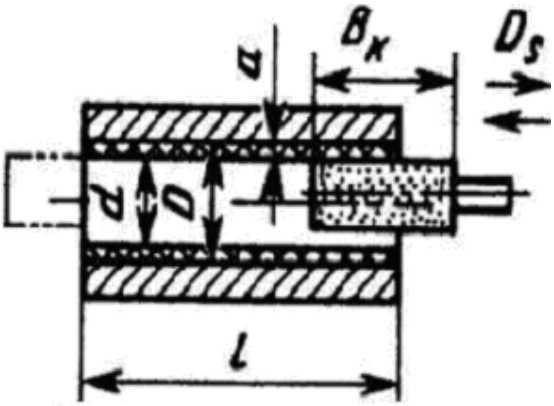

D
d
d
l

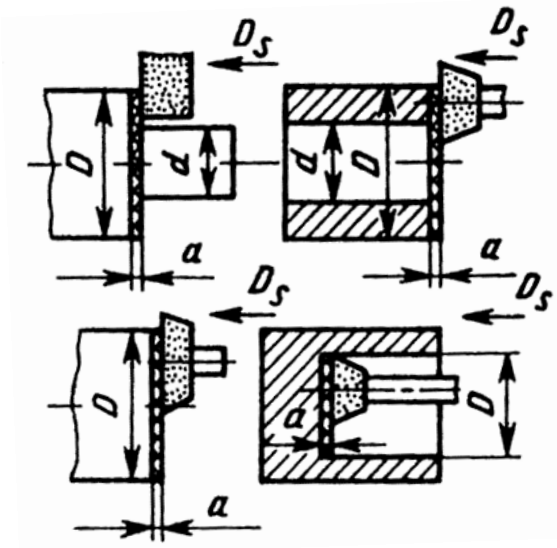

D_S
l_1
a
B
l_2

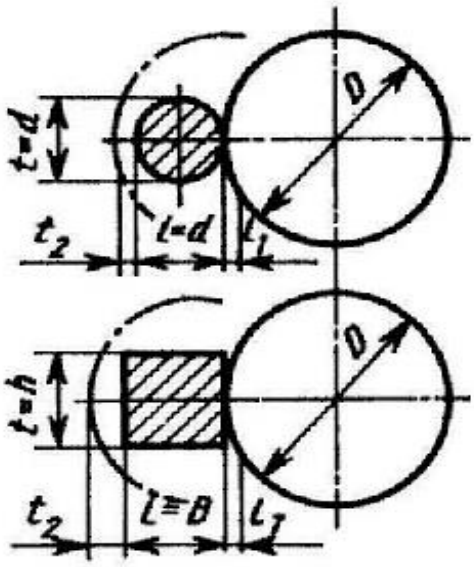

a
D_S
d
D
l

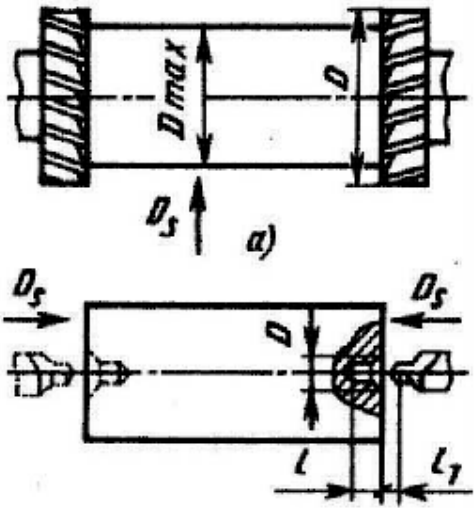

D_S
$B_{кр}$
a
d
D
l
D_S
a
d
D
l
0,5
$B_к$


A
a
H_1
H
l_2
l
l_1
Вид A
D_S
l_2
B
$B_к$


a
$B_к$
D_S
d
D
l


D_S
D_S
D
d
d
D
a
a
D_S
D_S
D
a
D
a


t=d
D
t_2
l=d
l_1
t=h
D
t_2
l=B
l_1


Dmax
D
D_S
a)
D_S
D_S
D
l
l_1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Оформление карт по ГОСТ 3.1404 – 74

Таблица П2.1

Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты

Номер графы	Содержание графы
1	2
1	Наименование организации разработчика технологического процесса (кафедра ЭГО)
2	Обозначение детали по конструкторскому документу
3	Наименование детали по конструкторскому документу, на которую составлен технологический документ
4	Обозначение технологического документа (ГОСТ 3.1201 – 74) *)
5	Литера технологического документа *)
6	Обозначение технологического процесса – не заполнять
7	Наименование и марка материала
8	Не заполнять
9	Не заполнять
10	Масса детали по конструкторскому документу
11	Не заполнять
12	Профиль и размер заготовки
13	Количество деталей, изготовляемых из одной заготовки *)
14	Масса заготовки
15	Количество деталей, на которое установлена норма расхода материала (например, 1, 10, 100 … шт) *)
16	Норма расхода материала *)

Окончание табл.П2.1

1	2
17	Коэффициент использования материала (отношение массы детали по конструкторскому чертежу к массе заготовки) *)
18	Номер цеха *
19	Номер участка *)
20	Номер операции
21	Заполнять наименование операции без её содержания
22	Обозначение документа, содержащего описание операции *)
23	КОД, наименование (модель) и инвентарный номер технологического оборудования *)
24	Данные записывать в графе дробью в числителе указывается коэффициент штучного времени, при многостаночном обслуживании, в знаменателе – КОД профессии по классификатору *)
25	Данные записываются дробью. В числителе количество рабочих, занятых в операции, в знаменателе – разряд работы. Заполнять только разряд работы *)
26	Записывать дробью. В числителе количество одновременно обрабатываемых деталей при выполнении операции. В знаменателе количество деталей, на которое установлена норма времени (1, 10, 100 шт. …) *)
27	Записывается дробью. В числителе КОД тарифной сетки, в знаменателе КОД вида нормы *)
28	Объём партии в штуках
29	Записывается дробью. Числитель – норма подготовительно-заключительного времени на партию. Знаменатель – норма штучного времени на операцию

*) – не заполнять

РИС.МК П2.1

Таблица П2.2

Сведения, вносимые в отдельные графы и строки операционной карты

Номер графы	Содержание графы
1	2
1	Наименование организации разработчика технологического процесса (кафедра ЭГО)
2	Обозначение детали по конструкторскому документу
3	Наименование детали по конструкторскому документу
4	Обозначение технологического процесса *)
5	Обозначение технологического документа *)
6	Номер цеха *)
7	Номер участка *)
8	Номер операции по маршрутной карте
9	Наименование операции
10	Наименование и марка материала
11	Масса детали по конструкторскому документу
12	Профиль, размеры заготовки для данной операции
13	Твердость заготовки, поступившей в обработку
14	Масса заготовки для данной операции
15	Количество деталей, одновременно обрабатываемых на станке
16	Наименование, модель, инвентарный номер технологического оборудования
17	КОД *) и наименование приспособления
18	Наименование охлаждающей среды
19	Номер перехода
20	Содержание перехода
21, 22 23	КОД *) и наименование вспомогательного, режущего и измерительного элемента

Окончание табл.П2.2

1	2
24	Диаметр или ширина детали
25	Длина рабочего хода (расчетная длина)
26 – 30	Режим резания
31	Норма основного времени на переход
32	Норма вспомогательного времени на переход
33	Порядковый номер листа
34	Общее количество листов

Таблица П2.3

Заполнение карты эскизов

Номер графы	Содержание графы
1	Обозначение детали по конструкторскому документу
2	Наименование детали по конструкторскому документу
3	Обозначение технологического процесса ГОСТ 3.1201 – 74 – не заполнять
4	Обозначение технологического документа по ГОСТ 3.1201 – 74 – не заполнять
5	Номер операции

Рис ОК П2.2

РИС.П2.3 КЭ

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Оформление карты эскизов и операционной (ГОСТ 3.1702 – 79)

ТаблицаП3.1

Примеры полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием

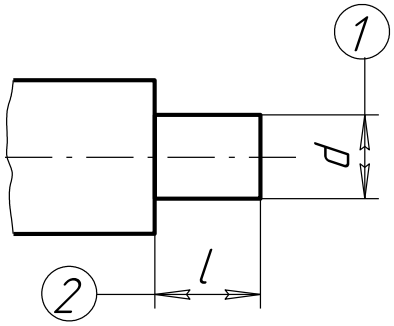
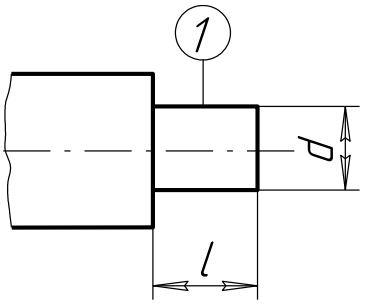
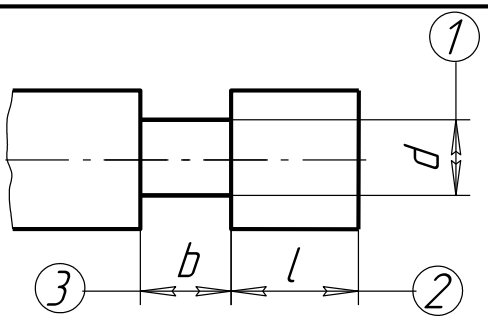
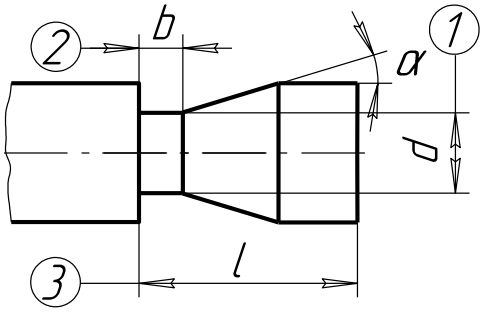
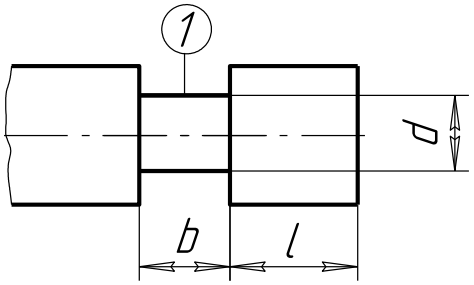
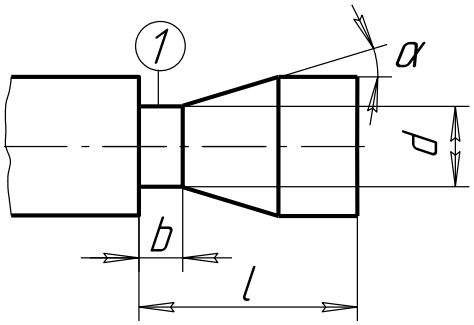
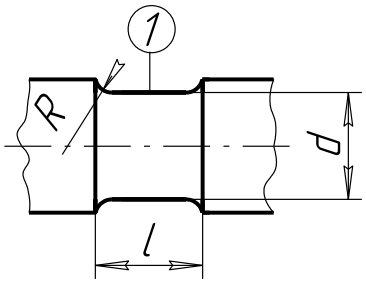
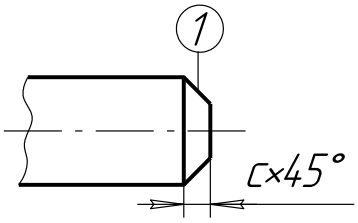
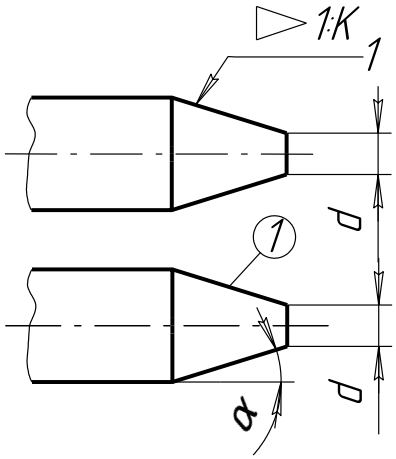
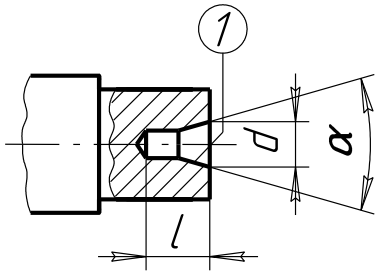
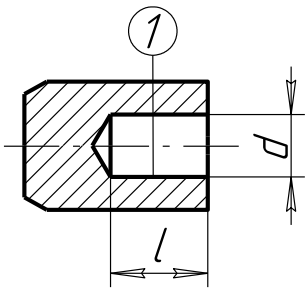
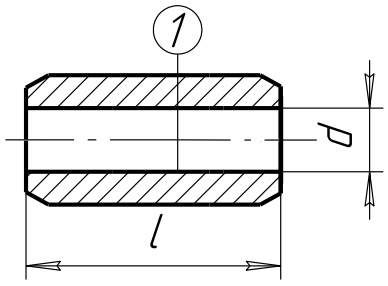
Эскиз и запись переходов	Эскиз и сокращенная запись переходов
1	2
 Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.) п.поверхность выдерживая размеры 1 и 2	 Точить (шлифовать,притереть, полировать и т. п.) поверхность 1
  Точить (шлифовать, довести, полировать и т.) канавку, выдерживая размеры 1–3 и угол α	  Точить (шлифовать, довести, полировать и т.) канавку 1

Таблица П3.2

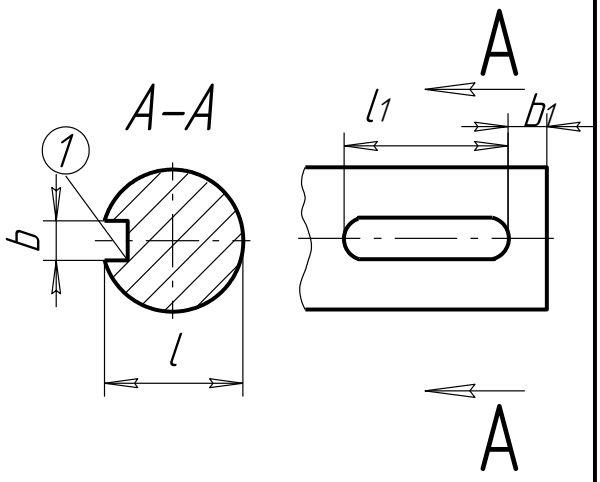
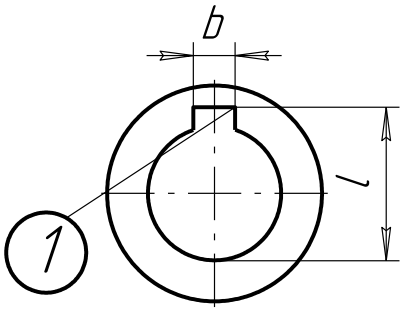
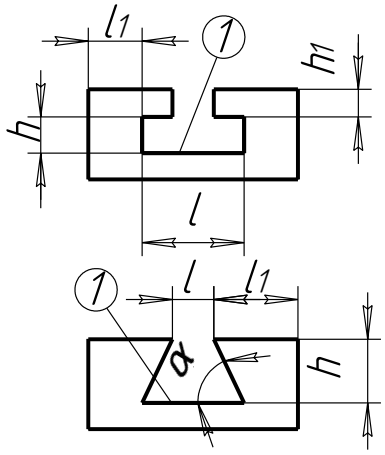
Пример сокращенной записи переходов обработки резанием

Эскиз	Запись перехода сокращенная
1	2
	Точить (шлифовать и т.п.) выточку 1
	Точить (шлифовать, полировать и т.п.) фаску, выдерживая размер 1
	Точить (шлифовать, притереть и т.п.) конус, выдерживая размер 1 и 2

Продолжение табл.П3.2

Эскиз	Запись перехода сокращенная
1	2
	Центровать торец 1
	Сверить (зенкеровать, развернуть и т. п.) отверстие 1
	Сверлить (рассверлить, зенкеровать и т. п.) отверстие 1

Продолжение табл.П3.2

Эскиз	Запись перехода сокращенная
1	2
	Фрезеровать шпоночный паз 1
	Долбить (протянуть) шпоночный паз 1
	Фрезеровать (протянуть) паз 1

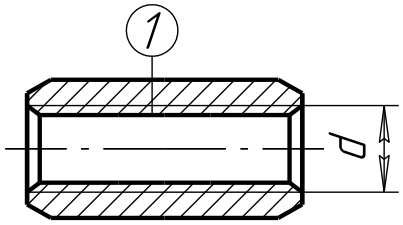
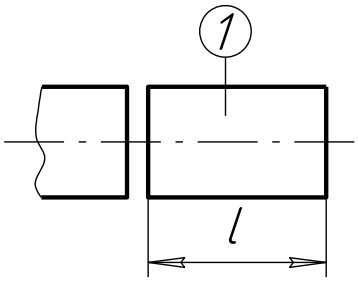
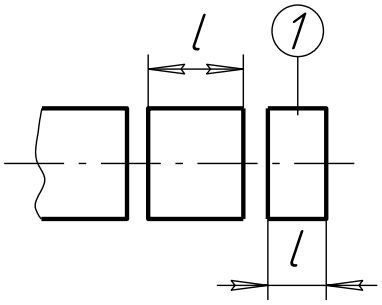
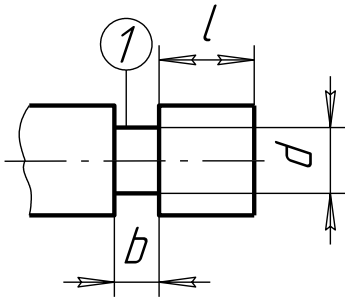
Эскиз	Запись перехода сокращенная
1	2
	Нарезать (шлифовать, довести и т. п.) резьбу 1
	Отрезать деталь (заготовку) 1
	Отрезать 2 заготовки 1
	Врезаться в поверхность 1 (надрезать деталь по поверхности. 1)

Таблица П3.3

Обозначение опор

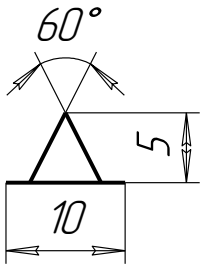
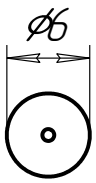
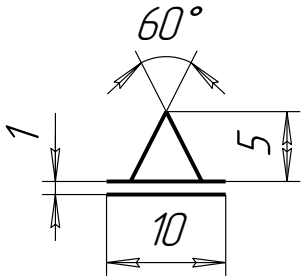
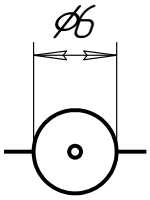
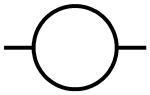
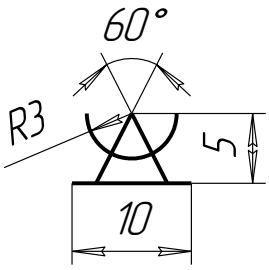
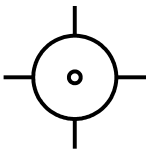
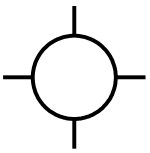
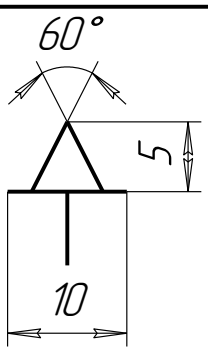
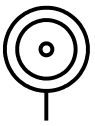
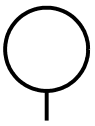
Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1. Неподвижная			
2. Подвижная			
3. Плавающая			
4. Регулиру-емая			

Таблица П3.4

Обозначение зажимов

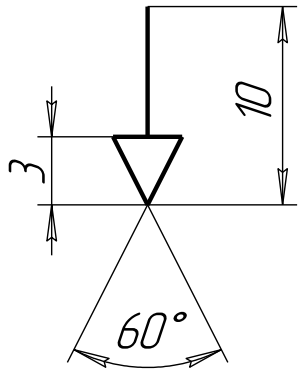
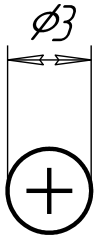
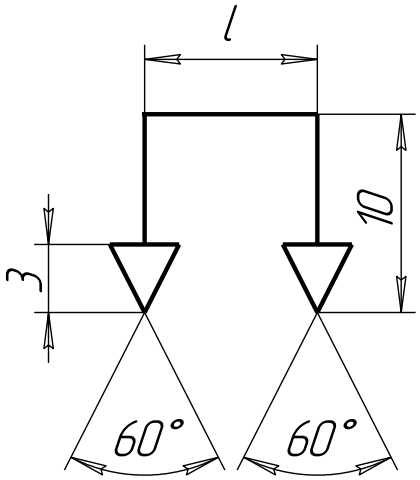
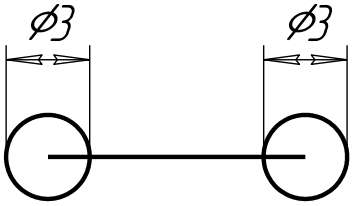
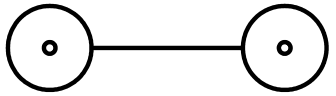
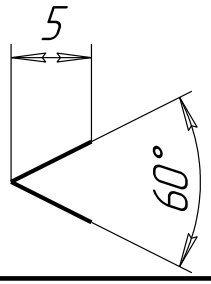
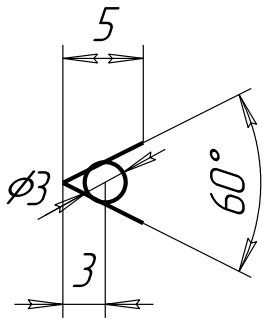
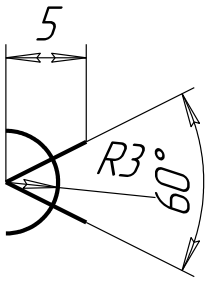
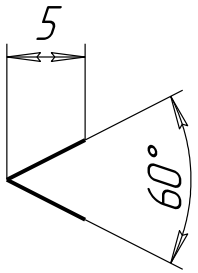
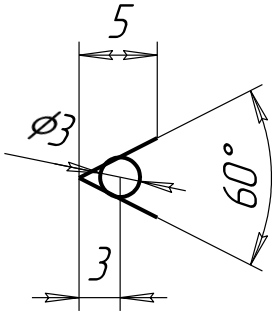
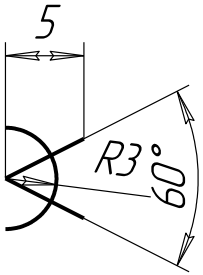
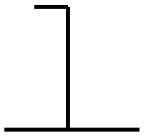
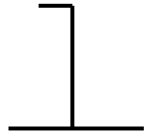
Наименование зажима	Обозначение зажима на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1. Одиночный			
2. Двойной			

Таблица П3.5

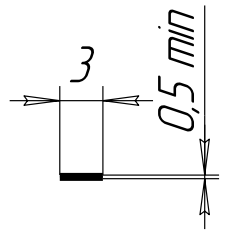
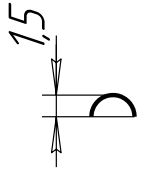
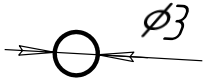
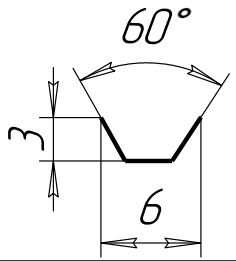
Обозначение установочных устройств

Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху, снизу	слева	справа
1	2	3	4
1. Центр неподвижный		Без обозначения	Без обозначения
2. Центр вращающийся		То же	То же
3. Центр плавающий		То же	То же

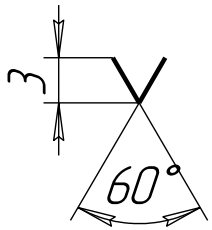
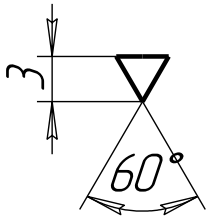
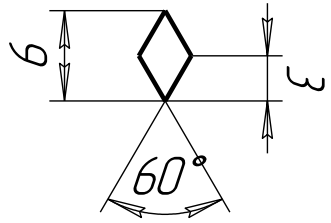
Продолжение табл. П3.5

Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху, снизу	слева	справа
1	2	3	4
4. Оправка цилиндрическая			
5. Оправка шариковая			
6. Патрон поводковый			

Продолжение табл.П3.5

Наименование формы рабочей поверхности	Обозначение формы рабочей поверхности на всех видах
1	2
1. Плоская	
2. Сферическая	
3. Цилиндрическая (шариковая)	
4.Призматическая	

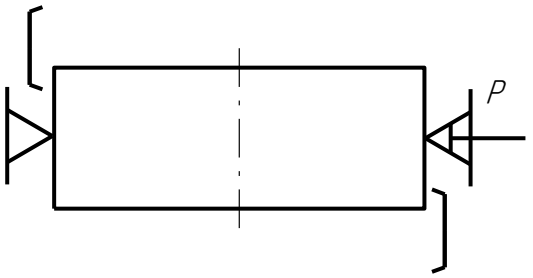
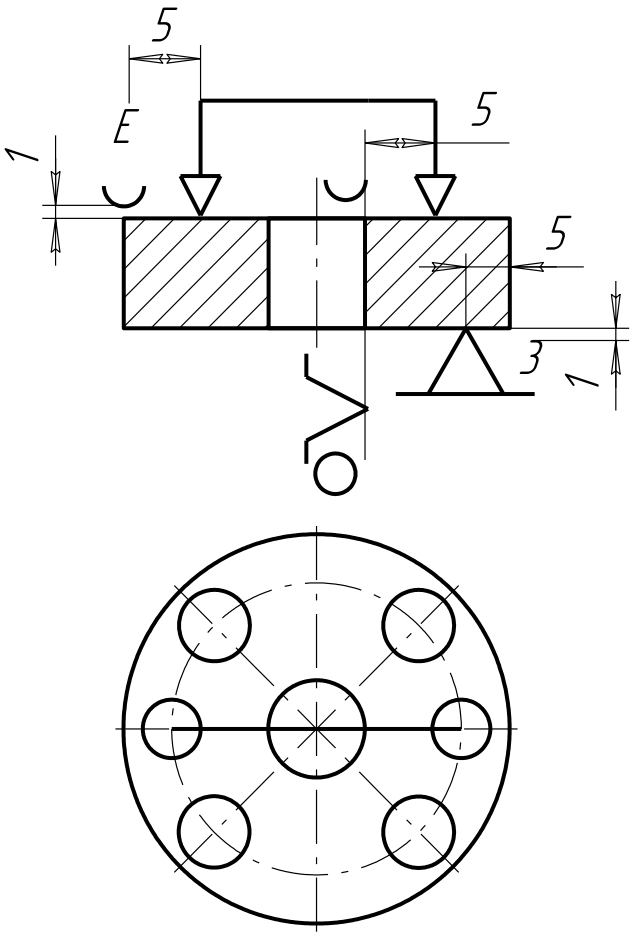
Окончание табл.П3.5

1	2
5. Коническая	
6. Трехгранная	
7. Ромбическая	

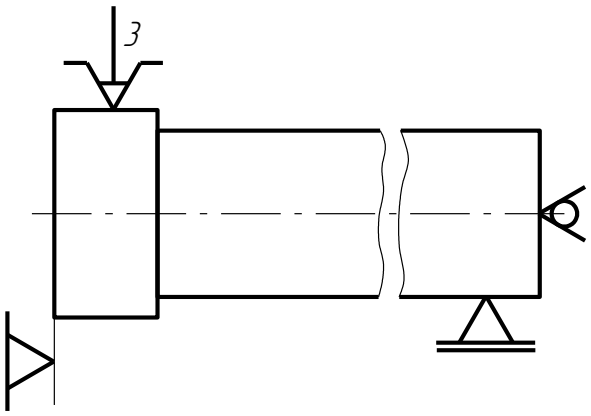
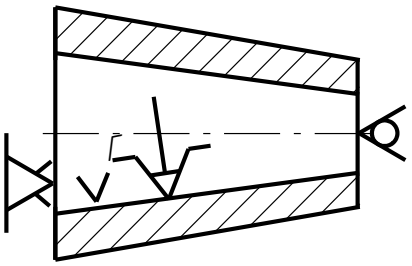
Примечание. Указание прочих форм рабочей поверхности опор, зажимов и установленных устройств следует выполнять в соответствии с требованиями, установленными отраслевыми НТД.

Таблица П3.6

Примеры схем установов изделий

Описание способа установки	Схема обозначения
1	2
1. В тисках с призмати – ческими губками и пневматическим зажимом	
2. В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с применением электри – ческого устройства двойного зажима, имеющего сферические рабочие поверхности	

Продолжение табл. П3.6

Описание способа установки	Схема обозначения
1	2
3. В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с поджимом вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете	
4. На конической оправке с гидропластовым устрой – ством зажима, с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся центром	

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Примеры оформления технологических карт по ГОСТ 3.1404 – 74

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

ГОСТ 3.1105 – 74 форма 3

Кафедра ЭГО

Маршрутная карта

Шестерня

Литера А

Материал		Код единицы величины	Масса детали	Заготовка				Единица нормирования	Норма расхода	Коэфф. использ. матер.
Наименование, марка	Код			Код и вид	Профиль и размеры	Кол. дет.	Масса			
Сталь 40Х	12		6,2	поковка	Ø156х86	1	10,5	1	12,1	0,51

Номер цеха	Номер участка	Номер операции	Наименование и содержание операции	Обозначение документа	Оборудование (код, наименование, инвентар-ный номер)	Коэф. штучн. врем.	Кол-во раб.	Кол. одн. обрабат. деталей	Код тар. сетки	Объем производ-ствен. партии	$T_{пз}$
						Код профессии	Разряд работы	Единица нормирования	Код вида нормы		$T_{шт}$
1	1	3	Ковка								
7	2	5	Токарно-винторезная		Ток.-винт.	1	1	1	□	150	27
					16К20	□	2	2	□		3,45
7	2	7	Токарно-винторезная		Ток.-винт.	1	1	1	□	150	27
					16К20	□	2	1	□		4,74

Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проверил	Нормиров.	Нормоконтр.	Лист	Листов

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Номер			Наименование и содержание операции	Обозначение документа	Оборудование (код, наименование, инвентарный номер)	Коэф. штучн. врем.	Кол-во раб.	Кол. одн. обрабат. деталей	Код тар. сетки	Объем производственной партии	$T_{пз}$
цеха	Участка	операции				Код профессии	Разряд работы	Единица нормирования	Код вида нормы		$T_{шт}$
7	2	9	Контрольная		Контрольн.						
					стол						
1	2	11	Термическая								
7	2	13	Токарно-винторезная		Ток.-винт.	1	1	1	□	150	27
					16К20	□	2	2	□		6,7
7	2	15	Токарно-винторезная		Ток.-винт.	1	1	1	□	150	27
					16К20	□	2	1	□		5,21

																лист
	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	№докум..	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№докум..	Подпись	Дата		

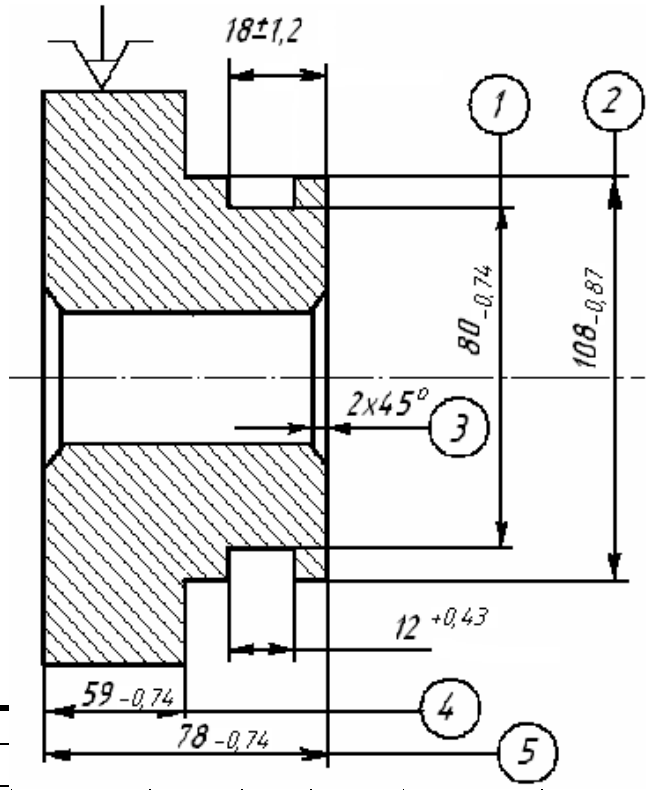
Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

ГОСТ 3.1105 – 74 форма 5

Карта эскизов

Шестерня

Номер операции
15



										Разработал				Лист	
										Проверил					
														Листов	
Изм.	Лист	№ до-	Подпись	Дата	Изм	Лист	№докум.	Подпись	Дата	Нормо-					

ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1а

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв.№ дубл.	Подпись и дата

Номер операции: 15

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент (код и наименование)			расч. размеры		t	i	Режим обработки			$T_О$	$T_В$
		Вспомогательный	Режущий	Измерительный	диаметр, ширина	Длина			S	n	V		
2	Точить поверхн.2		Резец	Штангенц	140	21	4	4	0,39	315	138	0,3	1,59
	с подрезанием торца		проходной	ц.д.–0,1мм									
	ступени 4		упорный										
			Т15К6										
3	Точить канавку 1		Резец	Штангенц	108	15	12	1	0,12	200	68	1,05	0,4
			отрезной	ц.д.–0,1 мм									
			Т15К6										
4	Расточить фаску 3		Резец		55	3	2	1	0,1р	200	35	0,12	0,6
			проходной										
			Т15К6										

																		Лист
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Нормоконтр							Листов

ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1а

Инв. № подп.	Подпись и дата	взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата														
					Номер операции	15												

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент (код и наименование)			расч. размеры		t	i	Режим обработки			$T_О$	$T_В$
		Вспомогательный	Режущий	Измерительный	диаметр ширина	Длина			S	n	V		
5	Притупить острые		Резец про-		139	1,5	0,5	1	0,1р	200	89		0,15
	кромки		ходной		108	1,5	0,5	1	0,1р	200	89		0,15
			Т15К6										
6	Открепить – снять												
	деталь												0,2
	Контроль												
	Проверить Ø 108 $_{-0,74}$			Инструмент									

	Ø 80 – 0,74; Ø78 – 0,74			операции													
	12 + 0,43																

																Лист
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум	Подпись	Дата	Нормоконтр					

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

ГОСТ 3.1105 – 74 форма 3

			6
1 Кафедра ЭГО	**Маршрутная карта**	2	4
		3	Литера 5

Материал		Код единицы величины	Масса детали	Заготовка				Единица нормирования	Норма расхода	Коэфф. использ. матер.
Наименование, марка	Код			Код и вид	Профиль и размеры	Кол. дет.	Масса			
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Номер		Обозначение	Оборудование (код, наименование,	Коэф. штучн. врем.	Кол-во раб.	Кол. одн. обрабат. деталей	Код тар. сетки	Объем произ-	$T_{пз}$

цеха	Участка	опера-	Наименование и содержание операции	документа	инвентарный номер)	Код профес-сии	Разряд работы	Едини-ца нор-ми-ро-вания	Код вида нор-мы	вод-ствен, партии	$T_{шт}$
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

												Разработал				Лист
												Проверил				
												Нормиров.				Листов
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Нормоконтр.				

Рис.П2.1. Обозначение граф маршрутной карты

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

ГОСТ 3.1105 – 74 форма 5

		3
Карта эскизов	1	4
	2	
		Номер операции
		5

										Разработал				Лист
										Проверил				
														Листов
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Нормоконтр.				

Рис.П2.3. Обозначение граф карты эскизов

ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1

Инв.№ подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв.№ дубл.	Подпись и дата

4

1 Кафедра ЭГО	**Операционная карта механической обработки**	2	5
		3	

Номер цеха	Номер участка	Номер операции	**Наименование операции**	Наименование и марка материала	Масса детали	Заготовка		
						Профиль и размеры	Твердость	Масса
6	7	8	9	10	11	12	13	14

Количеств. одноврем. обр. дет.	Оборудование (наименование, модель)	Приспособление (код и наименование)	17		охлаждение
15	16				18

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент (код и наименование)			расч. размеры		t	i	Режим обработки			$T_О$	$T_В$
		Вспомогательный	Режущий	Измерительный	диаметр, ширина	Длина			S	n	V		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№докум	Подпись	Дата	Проверил				Лист
										разработал				33
										Нормиров.				Листов
														34
										Нормоконтр				

Рис.П2.2. Обозначение граф операционной карты

ЛИТЕРАТУРА

1.Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. Ч. 1. М., 1974. с.

2. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения Ч. 2. М., 1975. с

3. Маталин А. А. Технология машиностроения. Л.: Машиностроение, 1985. 496 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя: В 2т. / Под ред. Л. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Т.1.М.: Машиностроение, 1985. 656 с.

Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 1 /Под ред. А .М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. М.:Машиностроение-1, 2001. 912 с.

5. Обработка металлов резанием: Справочник технолога./А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А. А. Панова.- М.:Машиностроение 1988.736 с.: ил.

6. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования: Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. 421 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оформление технологической документации. 3
1.Маршрутная карта. 4
2.Операционная карта 13
3.Карта эскизов 17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Глубина резания t для некоторых методов обработки 22
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Оформление карт по ГОСТ 3.1404 – 74 25
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Оформление карты эскизов и операционной (ГОСТ 3.1702 – 79) 32
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Примеры оформления технологических карт по ГОСТ 3.1404 – 74 46
ЛИТЕРАТУРА 0

Татьяна Петровна Глинникова

Сергей Александрович Волегов

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОРНЫХ МАШИН.

Справочно-методическое пособие
по оформлению технологической части
ВКРБ, ВКРИ и курсового проекта
для студентов специальности 150402-
«Горные машины и оборудование»
направления 150400 –
«Технологические машины и оборудование»
очного и заочного обучения

Корректура кафедры эксплуатации горного оборудования

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16. Печать на ризографе.
Печ.л 3,4. Уч.- изд. л. 2,9. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Т. П. Глинникова, С. А. Волегов

«Основы технологии машиностроения»

Лабораторный практикум
для студентов специальностей 15.03.01 «Машиностроение» направление, «Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов» (МШС) 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» (ТМО) и среднего профессионального образования 15.02.01 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)» *очного и заочного обучения*

Екатеринбург

2018

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического
факультета УГГУ
« » _____ 2018 г.
Председатель комиссии
_____ проф. В. П. Барановский

Т. П. Глинникова, С. А. Волегов

«Основы технологии машиностроения»

Лабораторный практикум
для студентов специальностей 15.03.01 «Машиностроение», направление «Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов» (МШС) 15.03.02 –«Технологические машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» (ТМО) и среднего профессионального образования 15.02.01 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)» *очного и заочного обучения*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Г54

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Лабораторный практикум рассмотрен на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования _____ 2014 г. (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Глинникова Т. П., Волегов С. А.
Г54 «Основы технологии машиностроения» *Лабораторный практикум* для студентов специальностей «Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов» (МШС) направление 150700.62 «Машиностроение», 151000 –«Технологические машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» (ТМО) и среднего профессионального образования 151031 – «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)» *очного и заочного обучения*
/ Т. П. Глинникова, С. А. Волегов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 50 с.

Лабораторный практикум содержит практические задания и упражнения, способствующие усвоению пройденного предмета «Основы технологии машиностроения».

© Глинникова Т. П., Волегов С. А., 2016
© Уральский государственный горный университет, 2018

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ (ГОСТ 2789 – 73)

Цель работы

Усвоить и закрепить методику определения некоторых параметров шероховатости поверхности, а также изучить зависимости шероховатости от основных параметров режущего инструмента и элементов режима резания.

Краткие теоретические сведения

Шероховатость обработанной поверхности оказывает существенное влияние на износоустойчивость наружной поверхности детали, характер посадки (сохранение гарантированного зазора или натяга), силу трения в сопряженных узлах механизма, смазку и антикоррозионную способность рабочей поверхности.

Имеющиеся шероховатости на обработанной поверхности изделия – это следы режущего инструмента в результате главного и вспомогательного движений.

Измерение профиля шероховатости можно производить как в направлении подачи, так и в направлении главного движения.

В первом случае (рис. 1.1) мы определим поперечную шероховатость, а во втором – продольную.

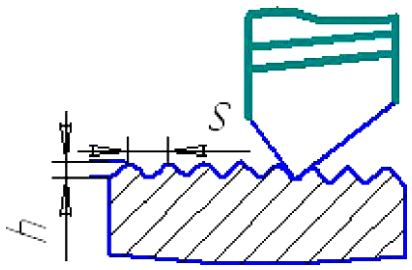


Рис. 1.1. Схема определения поперечной шероховатости

Согласно рис. 1.1 можно определить поперечную шероховатость при токарной обработке по формуле

$$h = R - \frac{\sqrt{4R^2 - S^2}}{2} \qquad (1.1)$$

или приближенно

$$h = \frac{S^2}{8R}, \qquad (1.2)$$

где h – высота шероховатости, мм; S – подача резца, мм/об; R – радиус при вершине резца, мм.

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующими рельеф поверхности деталей в пределах базовой длины.

Настоящая работа выполняется на токарно-винторезном станке. Режим резания при точении определяется глубиной резания (t), подачей (S) и скоростью резания (V).

В основном, влияние на величину шероховатости оказывают: скорость резания (V), подача (S), радиус при вершине резца (R) и главный угол в плане φ (рис. 1.2.).

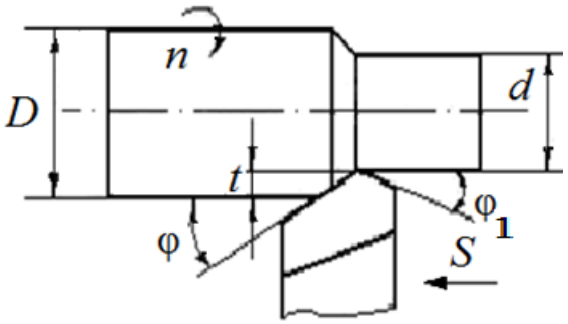


Рис. 1.2. Схема обработки заготовки при определении продольной шероховатости

Глубина резания определяется по формуле

$$t = \frac{D - d}{2}.$$

Подача – это величина перемещения инструмента за один оборот детали.

Скорость резания определяется по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где n – частота вращения детали в мин.,

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D} \cdot 1000.$$

Из параметров режима резания на шероховатость наибольшее влияние оказывают подача и скорость резания. Глубина резания практически не влияет на шероховатость. Теоретически, из чисто геометрических построений, можно подсчитать высоту гребешков шероховатости по формуле

$$Rz = S \frac{\sin\varphi \cdot \sin\varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)}$$

(1.3)

Из анализа формул (1.1) и (1.2) следует, что высота шероховатости снижается с уменьшением подачи, а также с увеличением радиуса при вершине резца.

Опыты показывают, что теоретические расчеты не совпадают с действительными размерами шероховатости. Объясняется это тем, что в формулах не учитываются упругие деформации, вырывание частиц металла по границам зерен, нарост на режущих поверхностях инструмента, в процессе резания всегда имеют место пластические деформации срезаемого слоя, вибрации и др. факторы. Степень влияния каждого фактора на шероховатость обработанной поверхности обусловлена не только геометрией режущего инструмента, но также будет во многом зависеть от вида обрабатываемого материала, режима резания (*V, S, t*), охлаждения режущего инструмента, изношенности оборудования и т. д.

Следует иметь в виду, что фактическая шероховатость никогда не соответствует расчетной, так как формула (1.3) не учитывает влияние скорости резания. В настоящей работе ставится задача установить эмпирические зависимости шероховатости от подачи и скорости резания.

Оборудование:

1. Токарно-винторезный станок.
2. Резцы, проходные твердосплавные.
3. Специальные образцы (два).
4. Микроскоп МИС–11или портативный измеритель шероховатости *TR* 100.
5. Угломер.
6. Эталоны шероховатости.

Порядок выполнения работы

1. Измеряется геометрия резца (α°, γ°, φ°, φ°).
2. Замеряется диаметр образца (рис. 1.3).
3. Подсчитывается необходимое значение частоты вращения шпинделя по заданной скорости резания. Полученное значение уточняется по станку (выбирается ближайшее меньшее, имевшееся на станке).

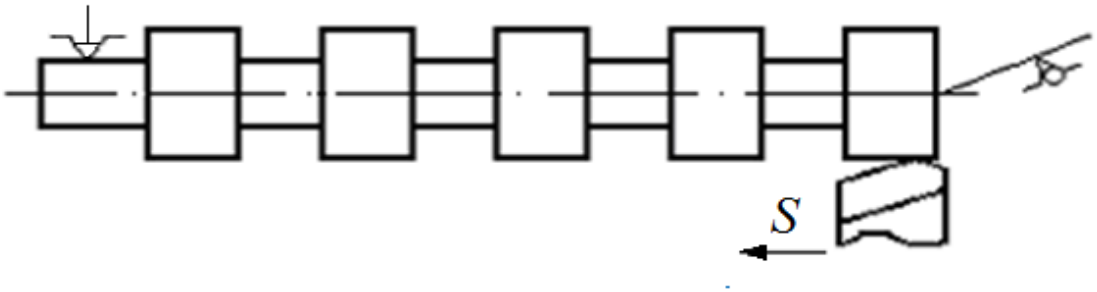


Рис. 1.3. Схема настройки

4. Принимаются фактические значения подачи в соответствии с паспортными данными станка, т. е. принимается ближайшее меньшее к заданным значениям в первой и второй сериях опытов.

Первая серия опытов

Устанавливается зависимость шероховатости от подачи.

Величина подачи принимается последовательно: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мм/об. Глубина резания принимается 0,3 мм. Скорость резания принимается 30 м/мин. После обточки на каждой ступени замеряется высота шероховатости, данные заносятся в табл. 1.1.

На каждой ступени шероховатость измеряется по три раза.

Таблица 1.1

Зависимость шероховатости от подачи

Подача, мм/об	Высота шероховатости, мкм				Расчетное значение шероховатости, мкм
	Rz_1	Rz_2	Rz_3	$Rz_{ср}$	

По результатам экспериментальных данных строится график зависимости шероховатости (Rz) от подачи (S) в логарифмических координатах (рис. 1.4).

Для построения графика следует пользоваться логарифмической линейкой. График строится по $Rz_{ср}$.

По построенному графику определяется показатель степени m в формуле: $Rz = C_s \cdot S^m$ как тангенс угла наклона прямой

$$\left(m = tg\alpha = \frac{a}{b} \right).$$

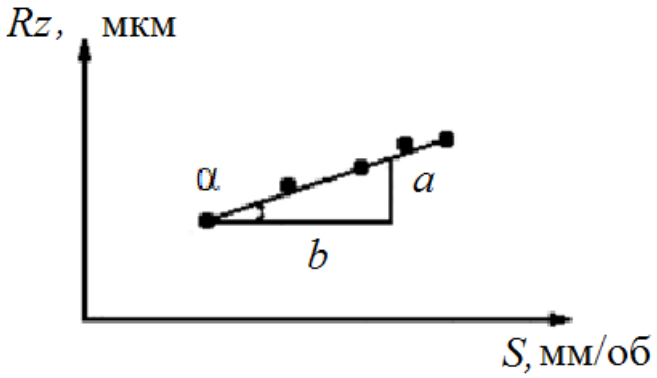


Рис. 1.4. Зависимость шероховатости от подачи

Затем определяем постоянный коэффициент (C_S), характеризующий условия, в которых проводился эксперимент.

Вторая серия опытов

Устанавливается зависимость шероховатости от скорости резания.

Скорость резания принимается последовательно: 10; 20; 30; 40; 50 или 40; 50; 60; 70; 80 м/мин. Подача принимается 0,2 мм/об, а глубина резания – 0,3 мм.

После обточки на каждой ступени замеряется высота шероховатости, данные заносятся в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Зависимость шероховатости от скорости

Скорость резания, м/мин	Высота шероховатости, мкм			
	Rz_1	Rz_2	Rz_3	$Rz_{ср}$

По результатам экспериментов строится график зависимости $Rz = f(V)$ в логарифмических координатах и так же определяются показатель степени (n) и постоянный коэффициент (C_V) в формуле

$$Rz = C_V \cdot V^n.$$

Для этого в формулу подставляют соответствующие значения из таблицы 1.2. По найденным значениям C_V подсчитывается среднее арифметическое.

Указания по измерению шероховатости

Существуют различные способы измерения шероховатости поверхности. В настоящей работе используется оптический прибор – двойной микроскоп – МИС–11 .

Прибор предназначен для измерения шероховатости по параметру *Rz*. Его можно использовать также для оценки шероховатости по показателю *Ra.*

Диапазон измерения по параметрам высоты профиля составляет 20 ÷ 0,6 мкм.

Прибор МИС–11, принцип действия которого основан на методе светового сечения, представляет собой систему двух микроскопов (рис. 1.5).

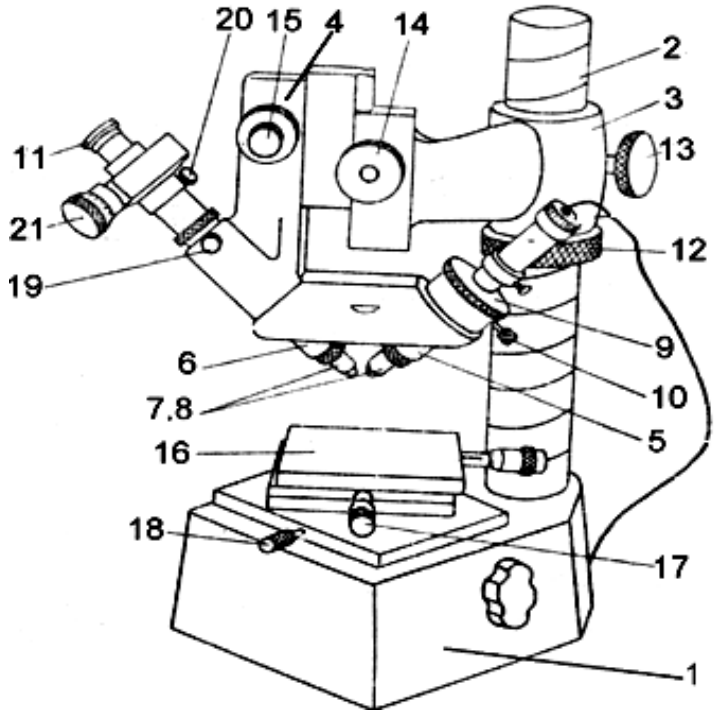


Рис. 1.5. Двойной микроскоп МИС –11:

1 – основание; *2* – колонка; *3* – кронштейн; *4* – держатель тубусов; *5* – проецирующий микроскоп; *6* – наблюдательный микроскоп; *7, 8* – объективы; *9* – регулировочная гайка; *10* – зажимной винт; *11* – окуляр; *12* – гайка; *13* – винт; *14* – винт грубой подачи; *15* – микровинт; *16* – предметный стол; *17* – микровинт; *18, 19* – стопорные винты; *20* – винт; *21* – барабан окулярного микроскопа

Один микроскоп называется *осветительным*. Он служит для создания плоского пучка света, направляемого от источника через щелевую диафрагму и объектив *7* на контролируемую поверхность изделия. Другой микроскоп, имеющий объектив *8* и окуляр 11, называется *измерительным*. Он служит для рассматривания светящейся линии, полученной в результате пересечения плоской полосы света с контролируемой поверхностью. Оси микроскопов составляют между собой прямой угол. Биссектриса этого угла совпадает с нормалью к контролируемой поверхности.

Светящаяся линия пересечения копирует действительный профиль поверхности. Спроектированная объективом измерительного микроскопа в фокальную плоскость окуляра, эта линия в увеличенном виде, например в *X* раз, воспроизводит высоту и шаг шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхности анализируют в следующей последовательности:

а) поднять кронштейн *3* с держателем *4* микроскопа, вращая гайку *12* при отстопоренном винте *13*;

б) на предметный столик *16* положить призму глубоким пазом вверх. В глубокий паз призмы установить деталь;

в) произвести грубую фокусировку поверхности детали, опуская держатель *4* вращением гайки *12*;

г) установить кронштейн *3* так, чтобы биссектриса угла осей тубусов микроскопов *5* и *6* проходила примерно через центр детали, а плоскость осей тубусов располагалась перпендикулярно поверхности детали. Зафиксировать положение кронштейна стопорным винтом *13;*

д) опуская или поднимая микроскопы вращением винта *14*, получить резкое изображение поверхности, которое с помощью микровинта *15* установить в середине поля зрения окуляра;

е) включить прибор в сеть с напряжением *6* вольт;

ж) изменяя винтом *9* наклон осветительного микроскопа, получить изображение световой щели в поле зрения окуляра и совместить это изображение с ранее полученным резким изображением участка контролируемой поверхности;

з) отфокусировать изображение световой щели гайкой *10.* Из двух границ изображения щели обычно одна получается более резкой. По ней в дальнейшем и следует производить измерения;

и) при отстопоренном винте *20* повернуть окулярный микрометр *11* так, чтобы ось барабана *21* составляла с осью контролируемой детали угол примерно в 450º. Затем, вращая барабан, совместить горизонтальную линию перекрестия окуляра с вершиной одного из выступов. Перемещая деталь при помощи микровинта *17,* добиться, чтобы горизонтальная линия перекрестия касалась выбранной вершины в пределах всего поля зрения окуляра. После этого положение окуляра микрометра зафиксировать винтом *20*, а предметный столик – винтом *18*.;

к) выбрать наиболее характерный участок поверхности детали для измерения шероховатости. Необходимо при этом помнить, что

поле зрения окуляра может не охватывать всю заданную длину и для выполнения всех измерений потребуется смещать деталь при помощи винта *17*. По делениям винта *17* следить, чтобы величина смещения не превысила заданной базовой длины;

л) измерить в пределах базовой длины высоту микронеровностей у десяти обработанных поверхностей.

Для измерения каждой микронеровности горизонтальную линию перекрестия подвести сначала к вершине изгиба щели по выбранной стороне, например, верхней (рис. 1.6). Снять отсчет А1 по барабану окулярного микрометра *21*. Затем горизонтальную линию перекрестия подвести ко дну впадины по той же стороне щели (рис. 1.6). Снова снять отсчет А2 по барабану. Следует помнить, что барабан может сделать полный оборот, соответствующий 100 делениям. Отсчет полных оборотов барабана производится при помощи двойного штриха, который перемещается относительно неподвижной шкалы окуляра одновременно с перекрестием барабана (одно деление неподвижной шкалы соответствует одному полному обороту барабана). Отсчеты А1 и А2 (с учетом полных оборотов) занести в тетрадь лабораторных работ и вычислить разность

$$H1 = A1 - A2.$$

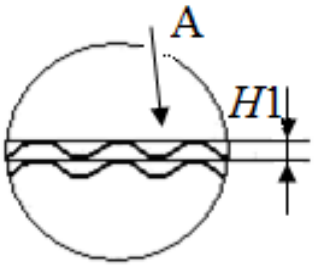


Рис. 1.6. Профиль поверхности под микроскопом

м) по пяти разностям отсчетов найти среднее арифметическое значение А.

Высота неровностей $Rz = A \times E$, где E – цена деления барабана окулярного микроскопа, зависящая от фокусного расстояния, которое указывается на оправе объектива *7* и *8*.

По полученным расчетным и экспериментальным данным построить зависимости: $Rz = f(S)$ при $t = \text{const}$, $S = \text{const}$ и $Rz = f(s)$ при $V = \text{const}$, $t = \text{const}$.

Сделать выводы по работе.

С целью экономии времени при измерении предлагается упрощенная методика измерения. Для точного измерения следует изме-

рить пять максимальных выступов, а затем пять впадин, после чего вычислить шероховатость.

Для измерения соответствующей шероховатости следует правильно выбрать объективы. Для выбора можно пользоваться табл. 1.3, 1.4.

Таблица 1.3

Выбор объектива в зависимости от шероховатости поверхности

Фокусное расстояние объектива, мм	Высота шероховатости, мкм	Коэффициент увеличения
25,0	40–6,3	0,85
13,9	20–3,2	0,475
8,2	6,3–1,6	0,285
4,3	3,2–0,8	0,14

Таблица1.4

Зависимость цены деления от фокусного расстояния

Фокусное расстояние, мм	4,25	8,16	13,89	25,02
Цена деления, мкм	0,143	0,391	0,474	0,862

Содержание отчета

В отчете должно быть название работы, цель, оборудование, схема настройки, соответствующие протоколы, графики и полученные формулы, выводы.

ПОРТАТИВНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ TR 100

1. Принцип работы и особенности конструкции

Действие прибора (рис. 1.7) основано на принципе ощупывания неровностей исследуемой поверхности алмазной иглой щупа и преобразования, возникающих при этом механических колебаний щупа в изменения напряжения, пропорциональные этим колебаниям. Результаты измерения параметров шероховатости выводятся на жидкокристаллический дисплей.

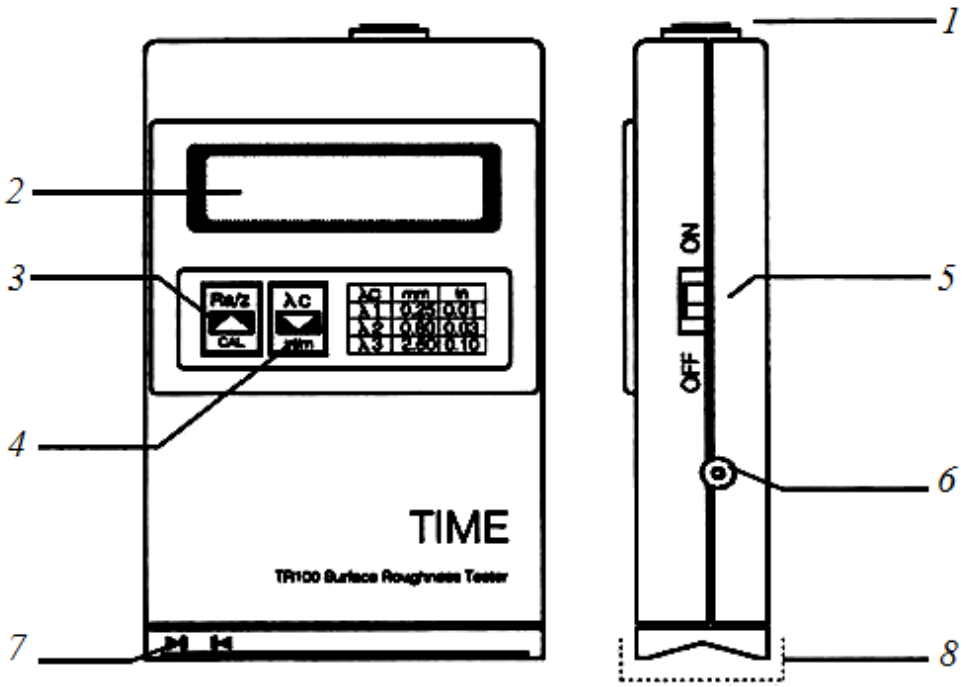


Рис.1.7 Конструкция базового блока
1 – кнопка запуска измерения, *2* – ЖК экран, *3* – клавиатура (кнопка) 1, *4* – клавиатура (кнопка) 2, *5* – Вкл\выкл выключатель, *6* – зарядное гнездо, *7* – контактный щуп, *8* – защитный колпачок для контактного щупа.

2. Основные технические характеристики

- Параметры измерения: *Ra, Rz.*
- Длина перемещения (мм): 6.
- Выборочная длина (мм) : 0,25, 0,80, и 2,5.
- Оценочная длина (мм): 1.25, 4.0, и 5,0
- Диапазон измерения (мкм): *Ra*: 0,05 ÷ 10,0, *Rz*: 0,1 ÷ 50
- Погрешность показа: ± 7 %.

3. Эксплуатационный режим

3.1 Эксплуатация

При включении прибора кратковременно происходит полный показ экрана. После звукового сигнала, прибор готов к работе (на экране появляются измеряемые параметры и выборочная длина для предыдущего испытания).

Перед началом измерения, выберите необходимый параметр *Ra* или *Rz* и необходимую выборочную длину – 2,5 (табл. 1.5).

Таблица 1.5.

Рекомендации по выбору длин отрезков

Ra (мкм)	*Rz* (мкм)	Рекомендуемые длины отрезков
> 40–80	> 160– 320	8
> 20–40	> 80– 160	
> 10–20	> 40– 80	
> 5–10	> 20– 40	2.5
> 2.5– 5	>10– 20	

После включения прибора, нажимают клавишу 

и выбирают *Ra* или *Rz,* затем нажимают клавишу 

и выбирают 2,5.

После того, как параметры выбраны, измерение можно начинать. Местоположение метки ▶|◀ соответствует испытуемой области. Поставьте прибор меткой на исследуемую область, нажмите кнопку пуска, измерение начнётся автоматически. Когда прозвучит два сигнала, измерение закончено, и на экране появится измеренное значение.

Внимание!

Во время движения датчика держите прибор на контролируемой детали устойчиво, чтобы не уменьшить точность измерения.

3.2. Контроль напряжения батареи

Если виден значок «BAT» в верхнем левом углу экрана, то напряжение батареи понижено и необходима подзарядка.

Когда экран показывает «BAT» и раздаётся сигнал, то это указывает на то, что напряжение достигло самого низкого предела и зарядка должна быть выполнена немедленно.

Выключать прибор лучше после каждого измерения, чтобы экономить энергию и если необходимо, делать подзарядку.

Датчик – это измерительная часть прибора, соблюдайте особую осторожность. После каждого использования прибора, надевайте защитное покрытие, и избегайте ударов.

ЛИТЕРАТУРА

Егоров М. Е. и др. Технология машиностроения, М.: Высшая школа, 1976, 526 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ПРИ ТОЧЕНИИ НЕЖЕСТКИХ ЗАГОТОВОК

Цель работы

Изучение влияния жесткости заготовки на точность формы и размеров детали при обработке на токарном станке.

Краткие теоретические сведения

Суммарная погрешность обработки состоит из элементарных погрешностей. Определение величины суммарной погрешности играет особую роль для практики машиностроения.

Наиболее ощутимое влияние на ожидаемую точность, т. е. суммарную погрешность оказывают:

- упругие деформации технологической системы;
- погрешность установки заготовок;
- износ режущего инструмента;
- погрешность настройки инструмента;
- геометрическая точность металлорежущего оборудования;
- погрешность, зависящая от тепловых воздействий.

Эти факторы не остаются постоянными. Изменения характерны как для лезвийного, так и для абразивного инструмента.

Основные причины, вызывающие изменение силовых факторов

При обработке партии заготовок с предварительной настройкой инструмента на размер, приходится снимать слои материала различной глубины. Колебание глубины от t_{max} до t_{min} подчиняется определенному закону распределения и вызывает колебание сил резания. Кроме того, режущий инструмент при своем движении встречает негомогенные участки материала с различной твердостью. Это также

приводит к колебанию величины силы резания. Наряду с этим, на колебание сил резания оказывает влияние износ инструмента [1].

Силы резания (рис. 2.1). вызывают упругие отжатия (деформации) элементов технологической системы, а колебания сил резания приводят к постоянному изменению упругих отжатий.

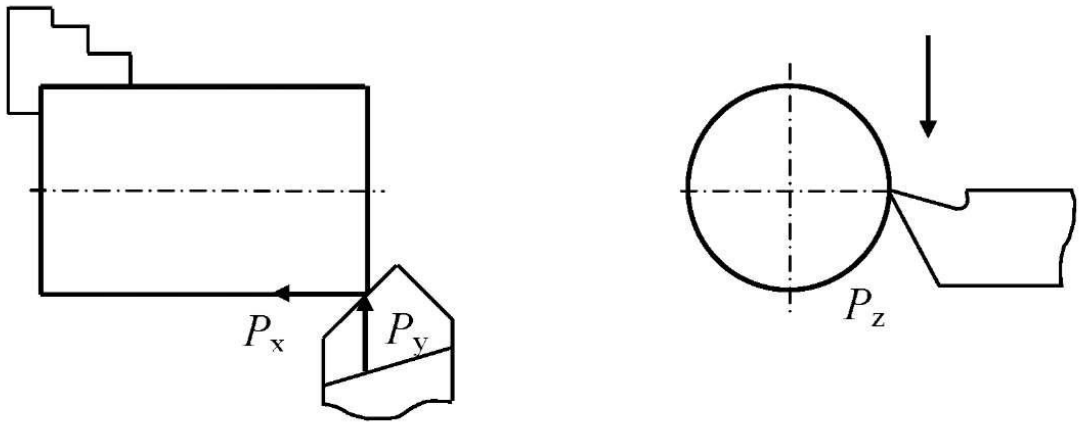


Рис. 2.1. Схемы сил резания, действующих при обработке вала на токарном станке

Силы резания определяются по эмпирическим формулам, например [1]:

$$P_y = C_p \cdot S^y \cdot V \cdot t_ф^x \cdot (HB)^n,$$

где S – подача, мм/об; V – скорость резания, м/мин; HB – твердость обрабатываемого материала по Бринелю; C_p – коэффициент, характеризующий условия обработки; y, x, n – показатели степеней, выбираемые в соответствии с конкретными условиями обработки; $t_ф$ – фактическое значение глубины резания, мм.

Упругие перемещения технологической системы являются функцией силы и жесткости [2].

$$y = f(P, j).$$

К силам, порождающим упругие перемещения, относятся: сила резания, сила зажима, центробежная сила и т. д.

Жесткость технологической системы и соответствующие ей упругие перемещения определяются как жесткостью заготовки – $j_{заг}$, так и жесткостью части технологической системы, с которой связан обрабатывающий инструмент.

Относительное упругое перемещение инструмента и заготовки можно определить по формуле:

$$y = y_з + y_д + y_п,$$

где y – упругое относительное перемещение инструмента и заготовки; $y_з$ – упругое перемещение заготовки относительно станины станка; $y_д$ – собственные упругие деформации заготовки; $y_п$ – упругое перемещение инструмента относительно станины станка.

Рассмотрим влияние силы резания на упругие деформации заготовки при ее консольном закреплении (см. рис. 2.1). Подобная схема базирования широко применяется на токарных, шлифовальных и зубообрабатывающих станках.

На деформацию заготовки наибольшее влияние оказывает составляющая сила резания P_y, некоторое влияние также оказывают силы резания P_x и P_z . Практически влияние последних учиты вается тем, что при испытании жесткости нагружение системы производят силой, совпадающей по направлению с суммарной силой резания, хотя расчет жесткости ведут только по составляющей P_y.

Величина деформации заготовки зависит от схемы ее закрепления. При консольном закреплении в патроне токарного станка (см. рис. 2.1) наибольшее ее отжатие имеет место на правом свободном конце [2].

$$y_{\max} = \frac{P_y \cdot l^3}{3E \cdot J} \ ,$$

где l – вылет детали, мм; E – модуль упругости материала заготовки, МПа; J – момент инерции сечения заготовки, мм^4.

При консольном закреплении вид отклонения формы заготовки в продольном сечении – конусность.

При обработке заготовок на металлорежущих станках большую роль играет их жесткость, которая предопределяет точность и производительность обработки, место и усилие зажима, режимы и др. факторы процесса обработки и его результаты. При обработке консольно закрепленных прутковых заготовок на токарных станках с увеличением вылета консоли увеличивается прогиб заготовки вследствие действия сил резания. Поэтому часто при обработке маложестких заготовок на токарных станках применяют промежуточные опоры (люнеты). При обработке заготовок на станках имеют место выбор зазоров между узлами станка, а также упругие деформации узлов станка, приспособления и инструмента в направлении действия силы резания. Но при выполнении данной работы ими можно пренебречь, так как они во много раз меньше упругой деформации заготовки.

Применяемое оборудование, приборы, материалы и инструменты

- Токарный станок с трехкулачковым патроном.
- Резец проходной.
- Пруток из стали 45 (ГОСТ 1050–88) Ø15 – 25 мм и длиной l = 230 – 300 мм. Чем больше диаметр заготовки, тем больше должна быть ее длина.
- Микрометр с пределами измерений 0 – 25 мм, с ценой деления 0,01 мм.
- Штангенциркуль с пределами измерений 0 – 250 мм, с ценой деления 0,1 мм.

Порядок выполнения работы

Заготовка – пруток устанавливается в трехкулачковом патроне токарного станка согласно схеме, приведенной на рис. 2.2.

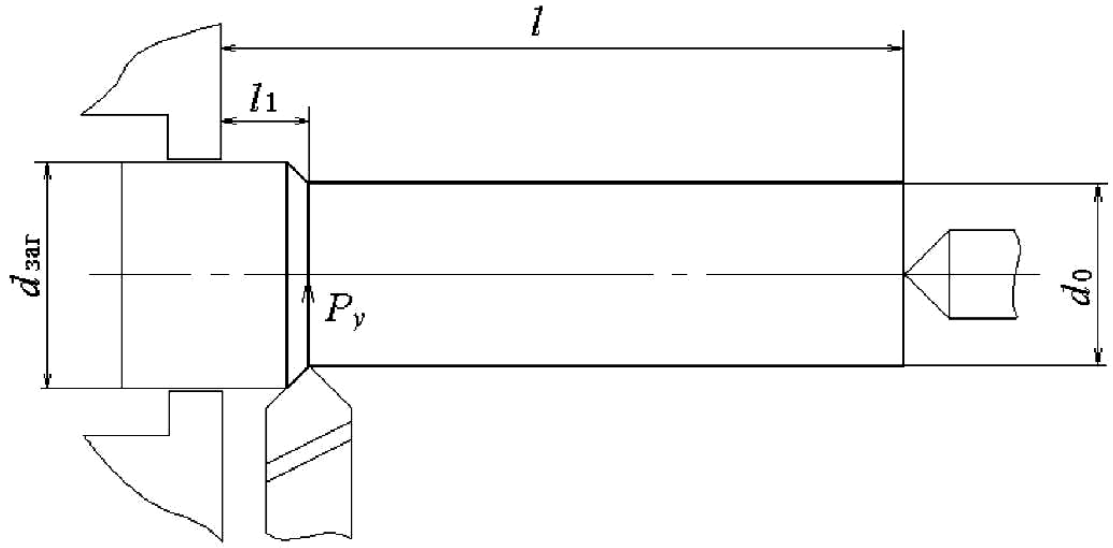


Рис. 2.2. Схема установки заготовки

Для заготовки с диаметром d_0 = 15 мм длина консольной части должна составлять l = 160 мм, а при d_0 = 25 мм – l = 200 мм. После установки заготовка обрабатывается на размер d_0 для устранения погрешностей установки и погрешностей формы заготовки, что обеспечивает равномерность припуска при последующей обработке.

Рекомендуется свободный консольный конец заготовки зафиксировать с помощью заднего центра. Предварительная обработка выполняется с небольшой подачей *S* и глубиной резания *t*. После этого микрометром выполняется замер полученного диаметра заготовки d_0 и результат заносится в отчет.

Затем задний центр отводится от консольного конца заготовки и выполняется ее обтачивание по всей длине (кроме технологически необходимого участка $l_1 \leq 10$ мм).

При этом рекомендуются следующие диапазоны параметров используемого режима резания:

1) частота вращения шпинделя – n = 200 – 500 об/мин;
2) подача s = 0,1 – 0,3 мм/об;
3) глубина резания t = 0,5 – 1,0 мм.

После токарной обработки производится замер диаметров d_1, d_2 и d_3 в сечениях, соответствующих наибольшей длине вылета заготовки l, середине заготовки $0{,}5l$ и наименьшей длине вылета l_1 (рис. 2.3).

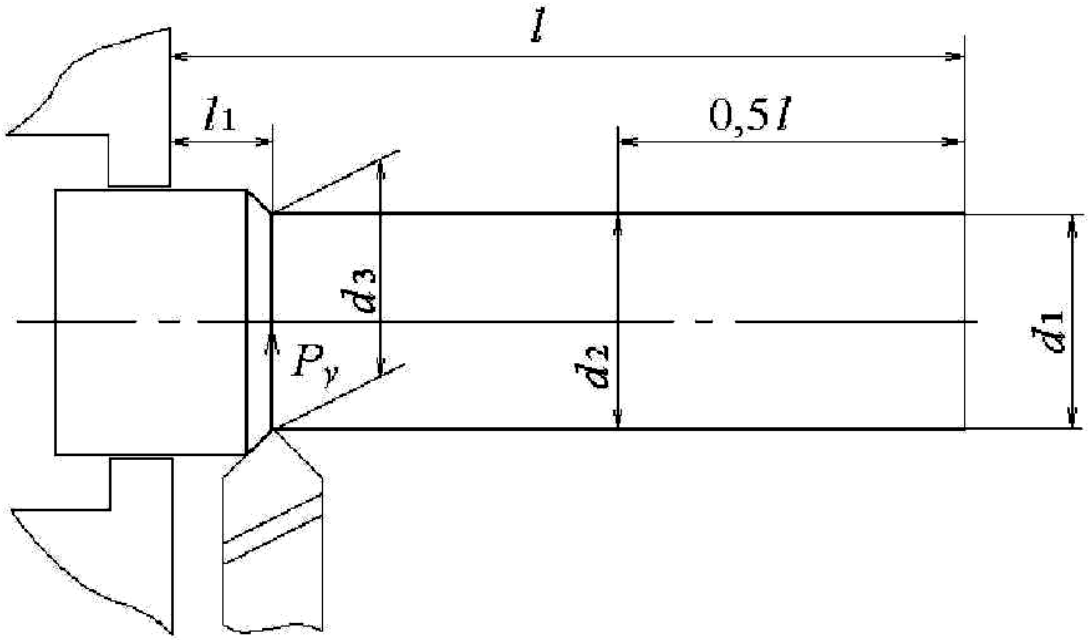


Рис. 2.3. Схема замера диаметров и размеров длин обработанной заготовки

Измерение диаметров выполняется микрометром с точностью до 0,01 мм, измерение длин – штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Результаты измерения заносятся в таблицу.

Методика выполнения работы и обработки результатов наблюдений

Необходимо произвести расчет ожидаемой погрешности формы заготовки после ее обработки под действием радиальной составляющей усилия резания P_y (влиянием сил P_z и P_x пренебрегаем).

При наружном продольном точении радиальная составляющая силы резания может быть определена по формуле [1]:

$$P_y = 10\, C_p \cdot s^y \cdot t^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1)$$

где $C_p = 243$ при обработке конструкционной стали с $\sigma_в = 750$ МПа твердосплавными резцами; t – глубина резания, мм;, S – подача, мм/об., V – скорость резания, м/мин.

Пренебрегая уменьшением глубины резания на конце заготовки, принимаем

$$t = \frac{d_o - d_з}{2}. \quad (2)$$

Скорость резания рассчитывается по формуле [1]

$$V = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot n}{1000}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов x, y, n, K_p приведены [1].

Прогиб консольно закрепленной заготовки у (мм) под действием радиальной составляющей силы резания P_y рассчитывается по следующей формуле [2] :

$$y = \frac{P_y \cdot l^3}{3E \cdot J}, \quad (4)$$

где J – осевой момент инерции сечения, мм^4;
для тел круглого сечения:

$$J = \frac{\pi \cdot d_0^4}{64}, \quad (5)$$

E – модуль упругости материала заготовки:

$E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа – для стали; $E = 1{,}05 \cdot 10^5$ МПа – для чугуна [1].

Определяются прогибы y и расчетные диаметры в трех сечениях заготовки на расстояниях l; $0{,}5l$ и l_1.

Все расчетные величины заносятся в таблицу.

Таблица 2.1

Экспериментальные и расчетные величины диаметров заготовки

Параметр образца	Положение сечений		
	l =	0,5l =	l_1 =
Диаметр до обработки	d_0 =		
Диаметр после обработки	d_1=	d_2 =	d_3 =
Прогиб	y_1 =	y_2 =	y_3 =
Расчетный диаметр $d_{p1} = d_0 - 2t + 2y$	d_{p1} =	d_{p2} =	d_{p3} =

Сделать выводы на основе сопоставления фактически полученных диаметров с их расчетными величинами.

Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Схему замера диаметров и размеров длин обработанной заготовки (рис. 2.3).
3. Параметры используемого режима резания.
4. Расчет ожидаемых диаметров заготовки (см. табл. 2.1).
5. Параметры экспериментальных и расчетных величин диаметров заготовки (таблица).
6. Выводы по работе.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Чем объяснить разницу в расчетных и замеренных диаметрах?
2. Будут ли совпадать расчетные и замеренные диаметры в условиях обеспечения абсолютно жесткой заделки (крепления) детали в патроне?
3. Будут ли уменьшаться погрешности обработки при увеличении глубины резания и подачи?
4. Какую геометрическую форму будет иметь вал после обработки его с консольной установкой в патроне?
5. Какая форма детали получится в случае обработки вала в центрах?
6. Уменьшится ли погрешность формы детали при обработке материалов с меньшим модулем упругости?
7. Объясните появление такого вида отклонения профиля продольного сечения, как седловидность (или корсетность).

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога–машиностроителя. В 2–х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова – 5–е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001– 944 с.
2. Егоров М. Е. и др. Технология машиностроения, М.: Высшая школа, 1976, 526 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Цель работы

Ознакомиться с методикой использования методов математической статистики в технологии машиностроения и научиться использовать статистический метод исследования для определения точности обработки.

Краткие теоретические сведения

Метод математической статистики получил широкое распространение для обработки результатов различных исследований. В технологии машиностроения он применяется для анализа точности технологических процессов, работы металлорежущего оборудования и статистического контроля в процессе производства.

Задачами статистического анализа точности технологического процесса являются определение:

1. Суммарной точности механической обработки деталей.
2. Точности настройки станка.
3. Стабильности разработанного технологического процесса с выявлением и анализом причин, вызывающих его нарушение.

Металлорежущим станкам присущи погрешности взаимного расположения узлов и деталей – отклонение от параллельности, соосности, перпендикулярности и т. д. Поэтому при получении заданных размеров партии деталей неизбежны погрешности. Одни могут уве-

личивать размер детали, другие – уменьшать его. Алгебраическая сумма погрешностей, действующих одновременно, образует суммарную или результирующую погрешность обработки. Она является мерой точности выбранного метода обработки и режимов резания.

Для определения ожидаемой суммарной погрешности обработки пользуются следующими тремя методами:

1. С помощью таблиц экономической точности обработки.
2. Статистическим методом анализа точности обработки.
3. Расчетно-аналитическим методом.

Полученный размер детали является случайным событием, а значение размера – случайной величиной. Все случайные размеры обладают закономерностями, которые можно изобразить в виде кривых распределения в зависимости от вида погрешности.

Погрешности, возникающие в результате различных причин подразделяются на *систематические* (постоянные и переменные) и *случайные*.

Систематические постоянные погрешности не изменяются по величине при обработке одной или нескольких партий заготовок и возникают под влиянием действия постоянного фактора.

Пример

1. Погрешность изготовления оборудования, приспособлений и т. п.

   а) неперпендикулярность оси отверстий и базовой поверхности заготовки в результате неперпендикулярности оси шпинделя и плоскости стола вертикального сверлильного станка;

   б) ошибки межосевого расстояния отверстий вследствие неправильно выдержанных расстояний в кондукторе;

   в) погрешность изготовления мерного инструмента.
2. Неправильная градуировка шкалы.
3. Отклонение от нормальной температуры в помещении. Систематические переменные погрешности могут влиять на точность обработки непрерывно или периодически,

   непрерывно влияющая погрешность.

   Пример

1. Погрешность, вызванная размерным износом режущего инструмента.
2. При обработке длинных валов наблюдается конусность.
3. а) периодически влияющая погрешность.

4. Погрешность, возникающая в результате температурной деформации станка в период его пуска до состояния теплового равновесия.
5. Накопленная погрешность микрометра, которая не сказывается при измерении малых величин, но сказывается при измерении больших величин.

Случайные погрешности – погрешности непостоянные по величине и знаку. Они возникают в результате большого количества не связанных между собой факторов. Определить момент их появления и величину случайных погрешностей значительно сложнее, поэтому сложнее и оказывать на них влияние. Зачастую повлиять на случайные погрешности можно лишь путем коренного изменения технологического процесса (например, вместо токарной обработки ввести шлифовальную).

Погрешность партии деталей называют постоянной, если погрешности деталей в партии одинаковы. Такая погрешность получается под действием постоянных факторов, неизменных в точение всей обработки партии деталей. У постоянной погрешности поле рассеивания равно нулю, т. е. рассеивание отсутствует.

Погрешность партии деталей называют закономерно изменяющейся, если по ходу обработки можно проследить закономерность в изменении погрешности деталей.

В этом случае форма кривой распределения зависит от закона изменения общего действия факторов, вызывающих погрешность.

Благодаря случайным погрешностям, размеры деталей в партии (серии) получаются различными с колебанием в пределах допуска.

При проведении статистических исследований часто заменяют опытные кривые распределения известными математическими кривыми распределения.

Исследования показали, что при работе на настроенных металлорежущих станках, когда нет резко доминирующих погрешностей по величине и по времени, распределение действительных размеров партии деталей обычно соответствует закону нормального распределения Ляпунова-Гаусса. Уравнение этой кривой имеет вид:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{x^2}{2\sigma^2}},$$

где y – частота появления погрешности; e – основание натурального логарифма, равное 2,7182; σ – среднее квадратичное отклонение размера.

Особенностью кривой нормального распределения является то, что с увеличением σ кривая сплющивается, ветви раздвигаются (рис. 3.1). Следовательно, σ является мерой рассеивания размеров.

Для оценки точности токарной обработки в работе применяется статистический метод исследования, который позволяет путём анализа кривых рассеяний размеров подсчитать процент брака, т. е. установить пригодность процесса для достижения определённой величины заданного допуска. В результате действия случайных погрешностей происходит рассеяние действительных размеров исследуемой величины, которое можно представить в виде таблиц или графиков. Для этого производится измерение 25 деталей.

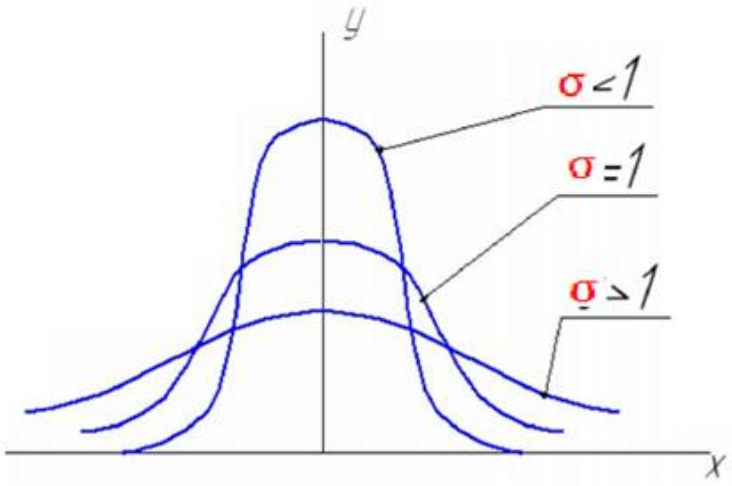


Рис. 3.1. Изменение формы кривой нормального распределения в зависимости от среднего квадратичного отклонения размера

Предварительно заготовка обрабатывается на токарном станке при одной настройке без смены и подналадки инструмента. Предварительная настройка осуществляется на размер, заданный преподавателем. После настройки лимб нониуса поперечной подачи устанавливается на ноль. После обработки каждой детали резец отводится от детали и затем вновь устанавливается в нужное положение по нониусу станка.

Рассеяние размеров подчиняется закону нормального распределения. Для построения кривой фактического распределения размеров, после измерения всех обработанных деталей, полученные размеры разбивают на группы в пределах определенного интервала. Цена интервала выбирается несколько больше цены измерения инструмента. Так, например, при измерении микрометром цена интервала принимается равной 0,02 или 0,05 мм. Результаты заносятся в таблицу (табл. 3.2) и на график (рис. 3.2).

При построении графика по оси ординат откладывают число заготовок с одинаковыми размерами, а по оси абсцисс – их размеры.

После соединения точек получается ломаная линия. При большом количестве точек эта кривая приближается к кривой нормального распределения.

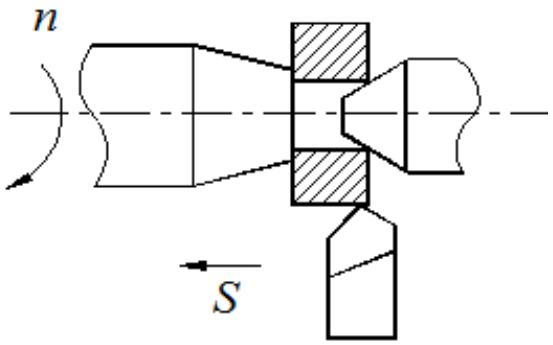


Рис. 3.2. Схема настройки

Для сопоставления полученной кривой с кривой нормального распределения на графике строят по точкам y_{max}, y_{min}, y_{σ} кривую нормального распределения. После этого проводят две вертикальные линии, ограничивающие поле допуска (заданного преподавателем). Если эти линии охватывают кривую распределения, то брака не будет. Если поле допуска окажется внутри кривой распределения, то брак неизбежен. По соответствующим формулам математической статистики можно подсчитать процент брака.

Для того, чтобы определить, насколько полученная кривая рассеяния фактических размеров приближается к теоретической кривой нормального распределения, обе кривые совмещаются в одинаковом масштабе.

Оборудование:

Токарно-винторезный станок.
Резцы проходные твердосплавные.
Микрометр.
Специальные образцы – 25 шт.

Порядок проведения работы

1. Записать техническую характеристику измерительного инструмента.

2. Настроить станок на обработку образцов в размер с указанными предельными отклонениями, заданный преподавателем. (например для $\emptyset\, 50^{+0,10}_{-0,06}$, определяется средний размер $\frac{50,1+49,94}{2} === 50,03$, затем методом пробных стружек на первом образце настраиваемся на размер 50,03 мм, следующие образцы обрабатываются при полученной настройке без смены и подналадки инструмента).
3. Провести измерение действительных размеров с помощью микрометра.
4. Полученный результат занести в табл. 3.1.
5. Произвести математическую обработку результатов. Подсчитать средний измеренный размер диаметра ($d_{ср}$), построить гистограмму распределения размеров, подсчитать среднее квадратичное отклонение.
6. Определить вероятность появления годных деталей и возможного брака, наметить мероприятия по его уменьшению.

Измерение размеров партии деталей в количестве не менее 25 штук проводят по диаметру (d). Средний измеренный размер:

$$d_{ср} = \frac{d_1+d_2+d_3+ \ldots +d_n}{n} = \frac{1}{n}\sum d_i \,,$$

где n – действительное число измеренных деталей в партии.

Таблица 3.1

Результаты измерений

№№ п/п	Размер	№№ п/п	Размер	№№ п/п	Размер	№№ п/п	Размер	№№ п/п	Размер
1	17,89	6	17,92	11	17,93	16	17,94	21	17,94
2	17,95	7	17,95	12	17,96	17	17,96	22	17,96
3	17,97	8	17,97	13	17,97	18	17,98	23	17,98
4	17,98	9	17,99	14	17,98	19	18,00	24	18,00
5	18,01	10	18,02	15	18,02	20	18,04	25	18,05

Среднее квадратичное отклонение размера:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(d_1- d_{ср})^2+(d_2- d_{ср})^2+(d_3- d_{ср})^2+ \ldots +(d_1- d_{ср})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}},$$

где $x_i = d_i - d_{ср}$.

Разница между наибольшим и наименьшим размерами детали называется *полем рассеяния*. Величина поля рассеяния ω = 6σ (т. е. от -3σ до +3σ).

Для построения графика рассеяния фактических размеров d поле рассеяния разбивается на интервалы Δd. Количество интервалов N для удобства построения выражается нечетным числом и берется обычно равным 7 ÷ 15 .

$$\Delta d = \frac{d_{i\max} - d_{i\min}}{N}.$$

По данным измерений составляется табл. 3.2.

Таблица 3.2

Результаты расчетов

Интервал	Частота m	$L_m \cdot m_i$	$X_i = L_m - x$	$X_i^2 \cdot 10^4$	$X_i^2 \cdot m \cdot 10^4$
17,89–17,91	1	17,90	–0,08	64	64
17,91–17,93	1	17,92	–0,06	36	36
17,93–17,95	3	53,82	–0,04	16	48
17,95–17,97	5	89,80	–0,02	4	20
17,97–17,99	6	107,88	0	0	0
17,99–18,01	4	72,00	+0,02	4	16
18,01–18,03	3	54,06	+0,04	16	48
18,03–18,05	1	18,04	+0,06	36	36
18,05–18,07	1	18,060	+0,08	64	64
	25	449,48			332

Примечание: L_m– среднее значение интервала размеров.

Средний арифметический размер (x) определяется по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i M_i = \frac{449{,}48}{25} = 17{,}979 \approx 17{,}98$$

Среднее квадратичное отклонение (σ) определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i^2 m_i} = \sqrt{\frac{332}{10^4 \cdot 25}} = 0{,}0365 \approx 0{,}04.$$

Для сокращения расчетов и упрощения примерного построения кривой нормального распределения можно ограничиться определением только трех параметров: максимальной ординаты $y_{\max}$ (при $x = \bar{x}$),

ординаты точек перегиба y_σ (при $x = \pm \sigma$) и величины поля рассеяния $\omega = \pm 3\sigma$.

На графике эмпирической кривой (ломаной) распределения построить теоретическую кривую распределения (кривая Гаусса) по 7 точкам, 6 из которых симметричны относительно x.

$$y_{max} = 0{,}4\frac{n\cdot\Delta l}{\sigma} = 0{,}4\frac{25\cdot 0{,}02}{0{,}04} = 5{,}0 \quad \text{при } x = \overline{x},$$

$$y_\sigma = 0{,}242\frac{n\cdot\Delta l}{\sigma} = 0{,}242\frac{25\cdot 0{,}02}{0{,}04} = 3{,}0 \quad \text{при } x_\sigma = \overline{x} \pm \sigma,$$

$$y_{2\sigma} = 0{,}054\frac{25\cdot 0{,}02}{0{,}04} = 0{,}7 \quad \text{при } x_{2\sigma} = \overline{x} \pm 2\sigma,$$

$$y_{3\sigma} = 0 \quad \text{при } x_{3\sigma} = \overline{x} \pm 3\sigma.$$

где y_{max} – максимальная ордината, y_σ – ордината точки перегиба.

По этим данным строится приближенная теоретическая кривая нормального распределения (рис. 3.2). Чем она круче, тем меньше величина σ и тем выше качество технологического процесса, и наоборот.

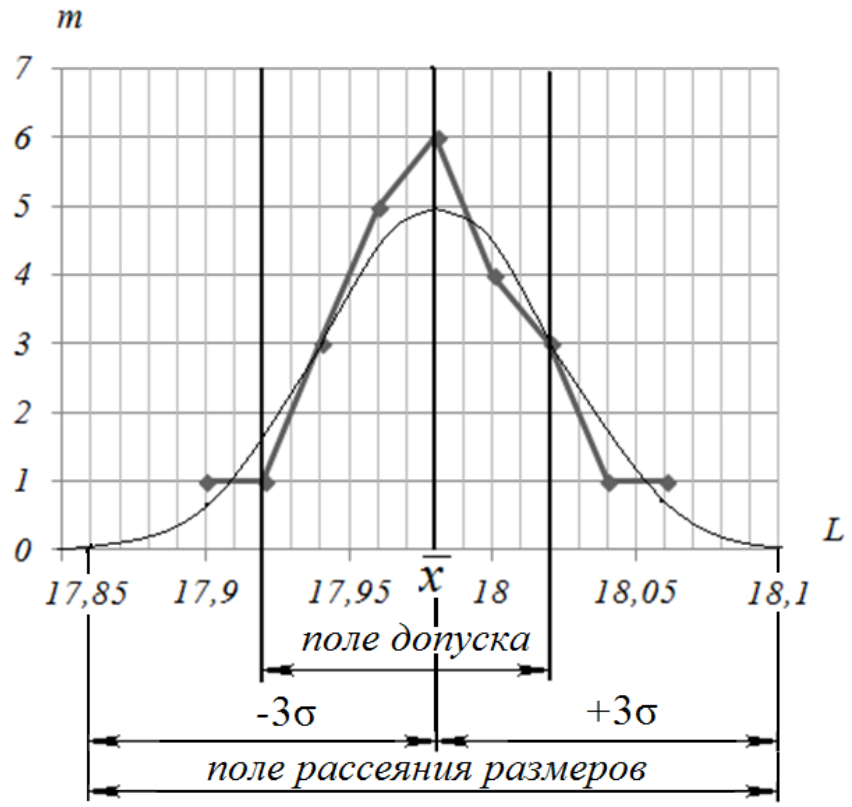


Рис. 3.2. Кривая рассеяния фактических размеров L и кривая нормального распределения

Для того, чтобы определить, насколько полученная кривая рассеяния фактических размеров приближается к теоретической кривой

нормального распределения, обе кривые совмещаются в одинаковом масштабе.

На графике провести две вертикальные линии, ограничивающие поле допуска.

Суммируя табличные значения половины предельных площадей под кривой нормального распределения от t_i, находим вероятность получения годных деталей.

$$P = \Phi(t_1) + \Phi(t_2).$$

Ожидаемый общий процент брака определяется по следующей формуле: $P_1 = 100 - P$.

По формулам математической статистики определить вероятность получения брака, %.

Для случая смещения центра поля рассеяния от середины поля допуска определяется величина смещения центра для поля рассеяния по формуле.

,

$$\Delta L_{ц} = \bar{x} - \frac{L_{в} + L_{н}}{2} = 17{,}98 - \frac{18{,}03 + 17{,}92}{2} = 0{,}005\,\text{мм}$$

где $L_{в}$ *и* $L_{н}$ – координаты линий поля допуска.

Вероятность получения брака (P %) по верхнему пределу допуска (+):

$$P = 0{,}5 - \Phi\,(t)\cdot 100,\ \%.$$

По нижнему пределу допуска (–):

$$P = 0{,}5 - \Phi\,(t)\cdot 100,\ \%,$$

где Ф – функция Лапласа.

Значение аргумента определяется по формулам:

$$t_{в} = \frac{L_{в} - \bar{x}}{\sigma} = \frac{18{,}03 - 17{,}98}{0{,}04} = 1{,}25$$

$$t_{н} = \frac{L_{в} - \bar{x}}{\sigma} = \frac{17{,}92 - 17{,}98}{0{,}04} = -1{,}5.$$

Величина функции Лапласа определяется по таблицам математической статистики [табл. 3.3 в конце работы]:

$$P_{в} = (0{,}5 - 0{,}3944)\cdot 100 = 10{,}56\ \%\ ;$$

$$P_{н} = (0{,}5 - 0{,}4332)\cdot 100 = 6{,}68\ \%\ .$$

Для случая совмещения центра поля рассеяния с серединой поля допуска ($\Delta L_y = 0$):

$$P = \left[1 - 2\Phi\left\{\frac{L_в - L_н}{2 \cdot \sigma}\right\}\right] \cdot 100$$

$$P = \left[1 - 2\Phi\left\{\frac{18{,}03 - 17{,}92}{2 \cdot 0{,}04}\right\}\right] \cdot 100 = 1 - 2\Phi(1{,}375) = 16{,}94\ \%.$$

Определение процента брака по кривым рассеяния не позволяет установить момента появления брака, т. е. не отражает последовательность обработки. Этот недостаток можно восполнить путём построения точечных диаграмм.

Для построения такой диаграммы по оси абсцисс откладывают номера последовательно обрабатываемых деталей, а по оси ординат – фактические размеры каждой детали.

Содержание отчёта

В отчёте должно быть название работы, цель, оборудование, схема настройки, протоколы измерения, весь ход расчёта кривых распределения, выводы.

Таблица 3.3

Значение величины Ф(t)/2 (половины предельных площадей под кривой нормального распределения)

t	Ф(t)/2	t	Ф(t)/2	t	Ф(t)/2	t	Ф(t)/2
0,00	0,0000	0,90	0,3160	1,80	0,4640	2,70	0,4965
0,05	0,0200	0,95	0,3290	1,85	0,4560	2,75	0,4970
0,10	0,0400	1,00	0,3415	1,90	0,4715	2,80	0,4975
0,15	0,0595	1,05	0,3530	1,95	0,4743	2,85	0,4975
0,20	0,0795	1,10	0,3045	2,00	0,4775	2,90	0,4980
0,25	0,0985	1,15	0,3760	2,05	0,4800	2,95	0,4985
0,30	0,1180	1,20	0,3850	2,10	0,4820	3,00	0,49865
0,35	0,1370	1,25	0,3945	2,15	0,4840	3,10	0,4990
0,40	0,1555	1,30	0,4030	2,20	0,4860	3,20	0,4995
0,45	0,1735	1,35	0,4115	2,25	0,4880	3,30	0,4995
0,50	0,1915	1,40	0,4190	2,30	0,4895	3,40	0,4995
0,55	0,2090	1,45	0,4265	2,35	0,4905	3,50	0,49975
0,60	0,2255	1,50	0,4330	2,40	0,4920	3,60	0,49985
0,65	0,2420	1,55	0,4395	2,45	0,4930	3,70	0,4999
0,70	0,2580	1,60	0,4450	2,50	0,4940	3,80	0,49993
0,75	0,2735	1,65	0,4495	2,55	0,4945	3,90	0,49996
0,80	0,2680	1,70	0,4565	2,60	0,4955	4,00	0,4997
0,85	0,3025	1,75	0,4600	2,65	0,4960	5,00	0,5000

Литература

1. Егоров М. Е. и др. Технология машиностроения. М., 1976, 534 с.
2. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М. Машиностроение, 1979, 340 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА

Цель работы

Ознакомление с методиками определения жесткости технологической системы экспериментальными методами Определить жесткость токарного станка в 3–х точках по длине станины.

Краткие теоретические сведения

При обработке на металлорежущих станках технологическая система (ТС) подвергается упругим деформациям под действием сил, приложенных к ее звеньям. Это приводит к изменению настроенного положения между деталью и режущим инструментом.

Наибольшее влияние на изменение настроенного положения оказывает составляющая силы резания (P_y), направленная радиально к обрабатываемой поверхности.

Под влиянием силы резания в упругой системе, «станок – приспособление – инструмент – деталь» (СПИД) возникают деформации, которые приводят к изменению положения режущей кромки относительно обрабатываемой детали (за счет этого изменяются размеры обрабатываемой детали, появляются отклонения от правильной геометрической формы и т. п.).

Под жесткостью системы СПИД понимается способность системы оказывать сопротивление действию сил, стремящихся её деформировать. Жесткость системы СПИД определяется отношением радиальной составляющей силы резания (Py) к величине смещения режущей кромки (y).

$$j = \frac{P_y}{y}$$

Жесткость системы СПИД имеет важное значение в технологии машиностроения, так как от неё зависит и точность, и производи-

тельность обработки. В настоящей работе определяется жесткость токарного станка.

Существует два метода определения жесткости: статический и динамический (производственный). В настоящей работе используется производственный метод. При этом методе жесткость определяется непосредственно в процессе обработки заготовки.

Оборудование:

1. Токарно-винторезный станок.
2. Специальные образцы (2 шт.).
3. Резцы проходные.
4. Микрометр.
5. Схема настройки.

1.

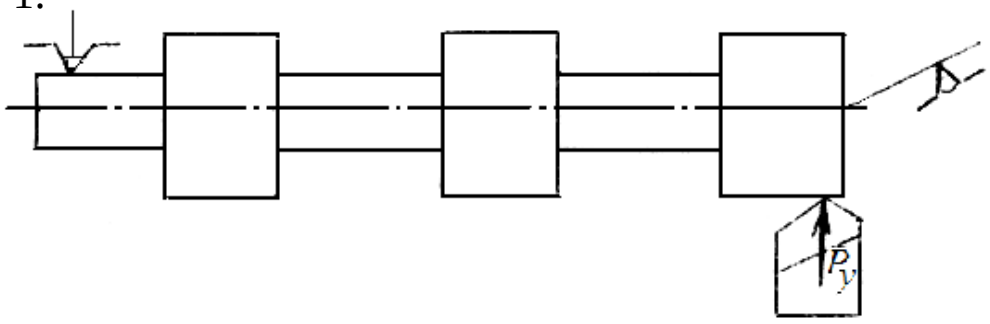


Рис. 4.1. Схема настройки

Порядок выполнения работы

1. Измеряется геометрия резца: γ, α, λ, φ, φ' (град), r (мм).
2. Определяется жесткость по методике № 1
3. Определяется жесткость по методике № 2.
4. Определяется износ резца h_3 (мм) после точения каждого образца.

Определение жесткости по методике № 1

В начале работы измеряется диаметр каждой ступени образца (d). Затем производится точение образца при подаче S = 0,2 мм/об., глубине резания t = 0,3 мм.

После точения с прямой подачей (резец движется от задней бабки к передней) производится измерение диаметров каждой ступени (d). Затем, не меняя положения резца, производится точение с обрат-

ной подачей (без врезания), после чего вновь повторно замеряются диаметры всех ступеней (d_0).

Вследствие наличия деформации в системе СПИД, происходящей под воздействием сил резания, при точении с обратной подачей резец также будет снимать стружку.

Данные опытов заносятся в таблицу – протокол №1 и 2.

Опыты проводятся на двух образцах равной длины.

Протокол № 1 (№ 2) для образца l =___ мм.

№ измерения	Диаметры ступеней, мм								
	У передней бабки			Посередине			У задней бабки		
	d	$d_П$	$d_О$	d	$d_П$	$d_О$	d	$d_П$	$d_О$
1									
2									
3									
Среднее									

Расчет жесткости производится по формуле

$$j = C_y \cdot S^{0,75} \cdot HB^{2,0} \left(\frac{d - d_n}{d_n - d_o} - 1 \right)$$

где $C_у$ – постоянный коэффициент; $C_у$ = 0,0027 при φ = 45°; γ = 0°; $\lambda = 0°$, r = 2 мм, $h_З$ = 2 мм.

Для резцов, имеющих другую геометрию, следует участь поправочные коэффициенте (см. приложение к лаб.работе 4).

Для образцов твердость –. HB = 156 (ст.20); HB = 179 (ст.30); HB = 217 (ст.40).

Определение жесткости по методике №2

В начале работы измеряются диаметры каждой ступени образца (d).

Затем по лимбу станка устанавливается заданная глубина резания ($t_З$).

После точения измеряется диаметр каждой ступеньки ($d_п$) и определяется фактическое значение глубины резания ($t_Ф$).

Вследствие деформации в системе СПИД $t_Ф$ не будет соответствовать $t_З$.

Данные опытов заносятся в таблицу – протокол № 3 (4). Опыты проводятся на двух образцах равной длины

Протокол № 3(4) для образца *l* =____мм

№ измере-ния	Результаты измерений, мм											
	У передней бабки				Посередине				У задней бабки			
	$t_з$	d	$d_п$	$t_ф$	$t_з$	d	$d_п$	$t_ф$	$t_з$	d	$d_п$	$t_ф$
1												
2												
3												
Среднее												

Расчет жесткости производится по формуле

$$j = \frac{C_y \cdot s^{0,75} \cdot HB^{2,0} \cdot t_ф^{0,5}}{t_з - t_ф}$$

Значение коэффициента $C_у$ принимается такое же, как и в предыдущей методике.

Приложение

Поправочные коэффициенты к определению коэффициента C_y

φ,°	30	45	60	75	90
$k_φ$	1,63	1,0	0,7	0,54	0,44

γ,°	–2	0	2	4	6
$k_γ$	1,1	1,0	0,98	0,85	0,78

λ,°	0	2	4	5
$k_λ$	1,0	1,1	1,2	1,25

$h_з$, мм	0	0,5	1,0	1,5	2,0
k_h	0,4	0,52	0,65	0,82	1,0

r, мм	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	2,0
k_r	0,41	0,57	0,66	0,76	0,81	1,0

Содержание отчета

В отчете должно быть название работы, цель, оборудование, схема настройки, протоколы намерений, необходимые расчеты и краткий вывод.

Литература

1. "Технология машиностроения", М. Е. Егоров и др. М. Высшая школа, 1976 – 526 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ТОКАРНО–ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА

Цель работы

Изучение методики определения геометрической точности узлов токарного станка в соответствии с ГОСТ 18097–93.

Краткие теоретические сведения

Точность обрабатываемых деталей во многом определяется точностью работы станка. Последняя в свою очередь зависит от многих условий: качества установки и выверки станка на фундаменте, степени износа его деталей, величины зазора в подвижных соединениях, прочности крепления и фиксации деталей и узлов и т.п. Для получения деталей правильной формы с точно выдержанными размерами необходимо, чтобы станок, на котором они изготовляются, имел требуемую точность.

Точность металлорежущих станков нормируется государственными стандартами.

Снижение требуемой точности станка приводит к появлению погрешностей у обрабатываемых деталей и получению брака.

Задание по работе:

Пользуясь данным руководством, следует ознакомиться с методикой проверки точности станка и произвести проверку, после чего дать заключение о его пригодности к дальнейшей работе.

Класс точности проверяемого станка – Н.

Необходимый инструмент и приспособления для выполнения работы:

1. Индикатор на стойке.
2. Комплект оправок из трех штук.
3. Линейка ≥ 300мм.
4. Микрометр.

Индикатор часового типа

Во втулке *1* индикатора (рис. 5.1) расположен мерительный штифт *2* с наконечником *3*. Перемещение штифта с помощью зубчатой передачи, расположенной в корпусе, передается на стрелку *4*, причем один оборот стрелки соответствует перемещению штифта на *1* мм. Число целых оборотов стрелки (целые мм) отсчитываются по шкале указателя оборотов *5*, а часть оборота (сотые доли мм) – по шкале *6*.

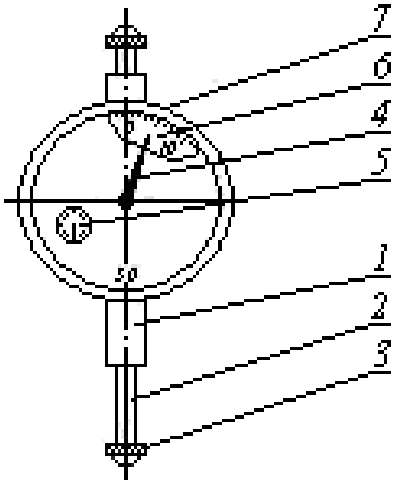


Рис. 5.1. Индикатор часового типа

Для установки индикатора на нуль, необходимо повернуть за ободок *7* циферблат до совпадения нулевого штриха шкалы *6* со стрелкой *4*.

Для замеров надо установить и закрепить стойку с индикатором напротив проверяемой поверхности и привести наконечник индикатора в соприкосновение с ней.

Индикатор при этом должен иметь натяг 1 – 2 оборота.

Ось мерительного штифта индикатора должна располагаться перпендикулярно проверяемой поверхности.

Порядок проверка точности станка

Проверка 1.1. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости.

Наибольшая длина перемещения: от 320 до 500 мм.

Допускаемое отклонение – 16 мкм в сторону от оси центров.

Проверка при помощи оправки и индикатора.

В центрах передней *4* и задней *5* бабок (рис. 5.2) устанавливают оправку *2* с цилиндрической измерительной поверхностью.

Резцедержатель должен быть расположен возможно ближе к оси центров станка.

На суппорте *1* (в резцедержателе) укрепляется индикатор *3* так, чтобы его измерительный наконечник касался боковой образующей оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

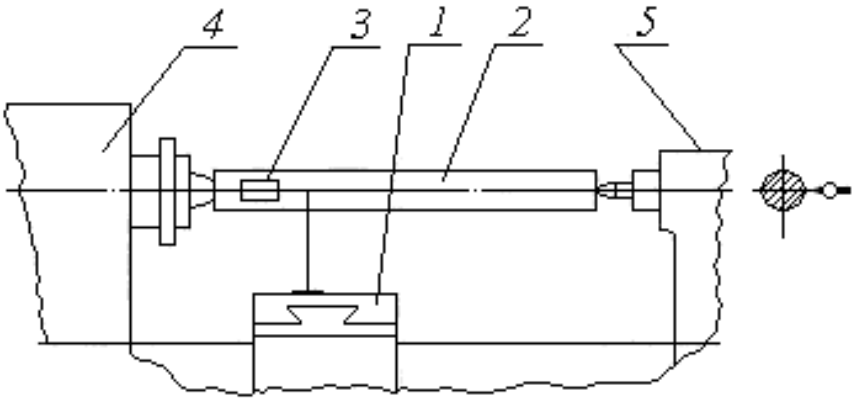


Рис. 5.2. Схема установки индикатора

Показания индикатора на концах оправки должны быть одинаковыми.

Суппорт перемещают в продольном направлении на всю длину хода.

Отклонения определяют как наибольшую алгебраическую разность показания индикатора.

Проверка 1.2. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости.

Наибольшая длина перемещения – от 320 до 500 мм.

Допуск – 20 мкм. Вогнутость не допускается.

Проверка при помощи оправки и индикатора *3.*

В центрах передней *4* и задней *5* бабок устанавливают оправку *2* с цилиндрической измерительной поверхностью. Резцедержатель должен быть расположен возможно ближе к оси центров станка.

На суппорте *1* (в резцедержателе) укрепляют индикатор *3* так, чтобы его измерительный наконечник касался верхней (нижней) образующей оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

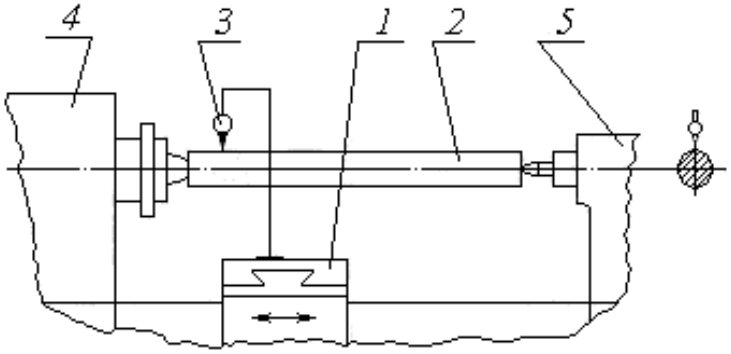


Рис. 5.3. Схема установки индикатора *3*

Суппорт перемещают в продольном направлении на всю длину хода.

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора (если показания индикатора на концах оправки не одинаковое, то из результатов отклонений следует вычесть погрешность, вызванную установкой оправки).

Замеры повторяются три раза.

Проверка 1.3. Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя передней бабки под патрон (рис. 5.4).

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия до 250 мм.

Допуск – 8 мкм.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия – от 50 до 800 мм.

Допуск – 10 мкм.

На неподвижной части станка укрепляют индикатор *1* так, чтобы его измерительный наконечник касался проверяемой поверхности *2* и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

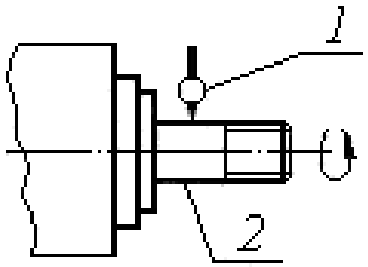


Рис. 5.4. Схема установки индикатора *1*

Шпиндель приводят во вращение в рабочем направлении. Шпиндель при измерении должен сделать не менее двух оборотов. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора.

Проверка 1.4. Радиальное биение конического отверстия шпинделя передней бабки, проверяемое:

а) у торца;

б) на длине *J*.

Для 1.4, *а* допуск – 10 мкм.

Для 1.4, *б* допуск – 16 мкм на *J* = 200 мм.

В отверстие шпинделя *1* (рис. 5.5) вставляют контрольную оправку *3* с цилиндрической измерительной поверхностью.

На неподвижной части станка укрепляют индикатор 2 так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

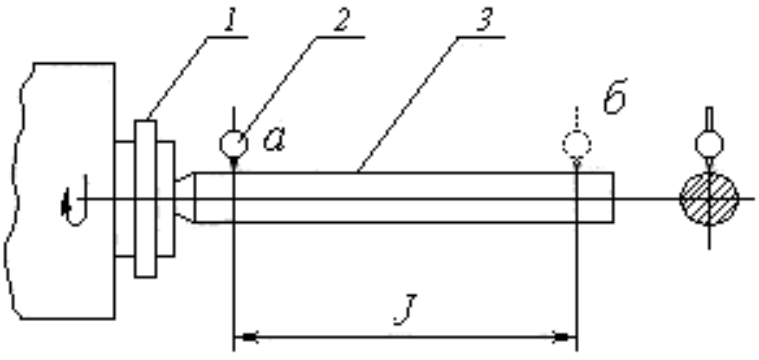


Рис. 5.5. Схема установки индикатора 2

Шпиндель приводят во вращение (в рабочем направлении).

При каждом измерении шпиндель должен сделать не менее двух оборотов.

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в каждом положении.

Проверка 1.5. Параллельность оси вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта:

а) в вертикальной плоскости;

б) в горизонтальной плоскости.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия до – 250 мм.

Для 1.5, *а* допуск 12 мкм на J = 150 мм.

Для 1.5, *б* допуск 6 мкм на J = 150 мм.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия – от 250 до 400 мм

Для 1.5, *а* допуск 16 мкм на J = 200 мм.

Для 1.5, *б* допуск 8 мкм на J = 200 мм.

В отверстие шпинделя *1* вставляют контрольную оправку *3* с цилиндрической измерительной поверхностью.

На суппорте *4* (в резцедержателе) (рис. 5.6) укрепляют индикатор *2* так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

Суппорт перемещают в продольном направлении на всю длину хода J.

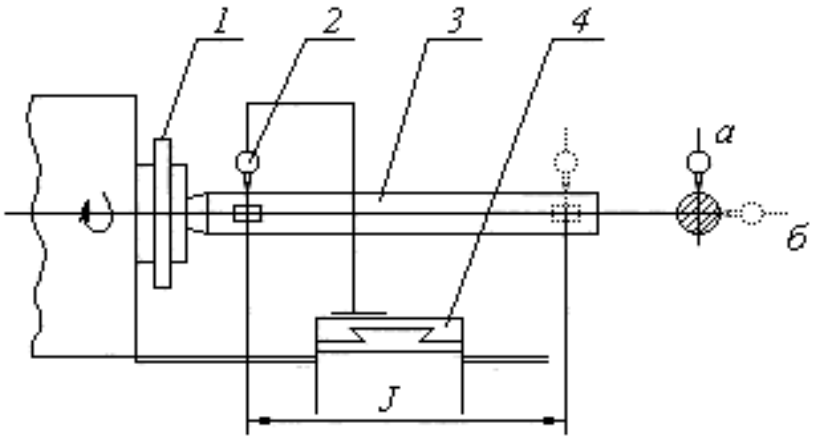


Рис. 5.6. Схема установки индикатора 2

Измерения производят по двум диаметрально противоположным образующим оправки (при повороте шпинделя на 180°).

Отклонение определяют как среднюю арифметическую результатов не менее чем двух измерений в каждой плоскости, каждый из

которых определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора при перемещении суппорта.

Проверка 1.6. Параллельность оси конического отверстия пиноли задней бабки перемещению суппорта:

а) в вертикальной плоскости;

б) в горизонтальной плоскости.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия – до 250 мм.

Для 1.6, *а* допуск 16 мкм на $J = 150$ мм.

Для 1.6, *б* допуск 16 мкм на $J = 150$ мм.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия – от 250 до 400 мм.

Для 1.6, *а* допуск 20 мкм на $J = 200$ мм.

Для I.6, *б* допуск 20 мкм на $J = 200$ мм.

Заднюю бабку с полностью вдвинутой пинолью устанавливают на расстоянии от торца шпинделя до торца пиноли примерно равном наибольшему диаметру обрабатываемого на станке изделия.

Заднюю бабку и пиноль закрепляют.

В отверстие пиноли *3* (рис. 5.7) вставляют контрольную оправку *1* с цилиндрической измерительной поверхностью.

В суппорте *4* устанавливают индикатор *2* так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

Суппорт перемешают в продольном направлении на длину *J*.

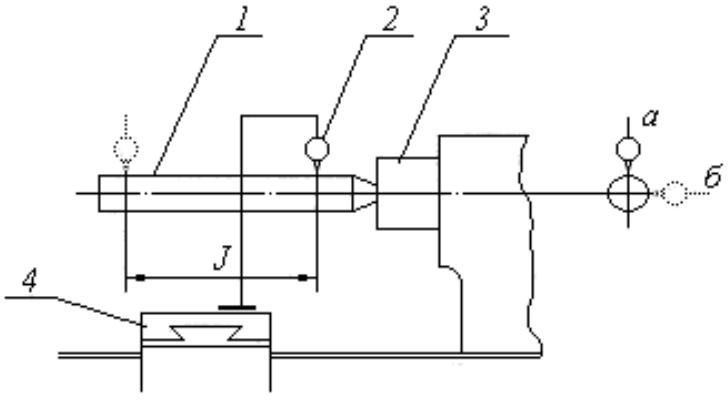


Рис. 5.7. Схема установки индикатора 2

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в указанных положениях суппорта.

Содержание отчета:

1. Станок: ...
2. Модель станка: …
3. Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия: …
4. Сводная таблица (табл. 5.1).
5. Заключение об износе узлов станка.

Таблица 5.1

Результаты измерения точности станка модели …

Проверка	Что проверяется	Эскиз	Допуск в мкм	Результаты замеров	Среднее арифметическое	Величина отклонения от допустимого в мкм
1.1	Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости		16	1) 2) 3)		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ РАЗМЕРА ПО ЛИМБУ СТАНКА

Цель работы

Ознакомиться с методикой оценки погрешности при установке размера по лимбу станка.

Краткие теоретические сведения

При изготовлении деталей на металлорежущих станках часто приходится пользоваться лимбами, дающими возможность отсчитывать необходимые перемещения узлов станка. При пользовании лимбами (даже при перемещении на целое число делений лимба) не представляется возможным точно получить необходимое перемещение ввиду влияния погрешности установки.

Погрешность установки размера по лимбу станка является случайной погрешностью и зависит от многих переменных факторов: ве-

личины силы трения в направляющих, жесткости цепи перемещения, износа винтовой пары, зрения рабочего, освещенности рабочего места, ширины штрихов на шкале лимба, неточности шага винта, неточности нанесения делений на лимбе и др.

Величину погрешности установки по лимбу станка можно найти на основании наблюдений, построения кривых распределения и их математической обработки.

Для получения данных, по которым строится кривая распределения, необходимо многократно устанавливать узел станка в одно и то же положение по лимбу, фиксируя каждый раз измерительным прибором фактическое положение узла.

При такой методике проведения работы не учитываются составляющие погрешности установки, обусловленные неточностью шага винта и неточностью нанесения делений лимба, но значительно упрощается техника проведения эксперимента.

Указанные составляющие общей погрешности установки, как известно, не могут иметь значительной величины, а поэтому такое упрощение не вносит заметной ошибки в результаты эксперимента.

Порядок проведения работы

Работу следует выполнять в такой последовательности:

1. Установить лимб станка на выбранное деление.
2. Закрепить на неподвижном узле станка индикаторную стойку. Измерительный наконечник индикатора должен касаться перемещающейся (при опыте) детали станка (рис. 6.1). Индикатор может быть установлен на любое деление с некоторым натягом.
3. С помощью винта (поворачивая рукоятку винта в обратном направлении) отвести назад (на 0,5 – 1 оборот винта) перемещающийся узел так, чтобы обязательно был выбран зазор в винтовой паре.
4. Поворачивая рукоятку винта, переместить узел станка до совпадения риски выбранного деления лимба с неподвижной отметкой. Окончательную доводку совпадения рисок произвести легким постукиванием руки по рукоятке винта. Записать показание индикатора.
5. Многократно (80 – 120 раз) повторить п. 3 и 4. Показания индикатора записать в табл. 6.1

6. Построить точечную диаграмму, в которой по оси абсцисс откладываются порядковые номера наблюдений, а по оси ординат – отсчет при наблюдении.
7. Произвести разбивку на интервалы и построить опытную кривую распределения.
8. Для удобства обработки результатов наблюдений показания индикатора после построения точечной диаграммы сгруппировать и свести в табл. 6.2.

Таблица 6.1

Результаты измерений

Номер установки узла	Показания индикатора, мкм	Номер установки узла	Показания индикатора, мкм

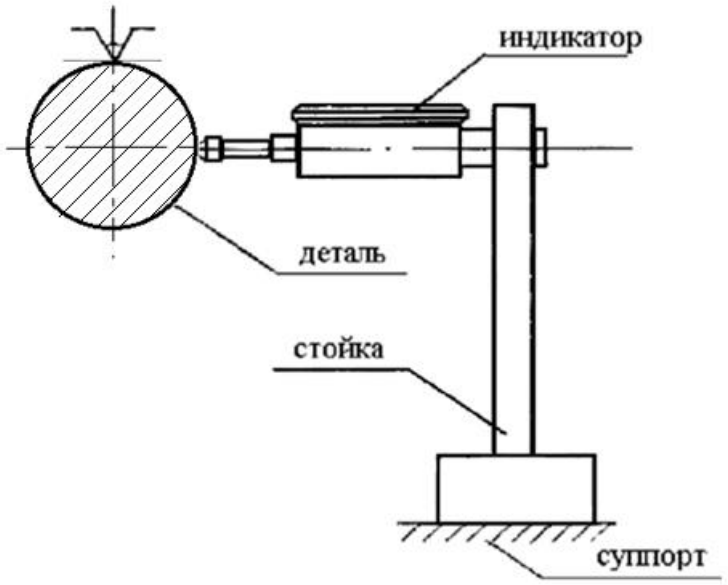


Рис. 6.1. Крепление индикатора для установки размера по лимбу станка

9. Подсчитать значения $\bar{x}$, σ и 6σ

10. Свести в табл. 6.3 данные для построения кривой нормального распределения.

11. Построить кривую нормального распределения, совместив ее с опытной кривой распределения.

При построении теоретической кривой абсциссы откладывать от среднего арифметического значения $\bar{x}$.

12. Составить отчет.

Таблица 6.2

Результаты расчетов

Границы интервала измерения	Среднее значение Интервала, $x_{i\text{ср}}$	Частота, m_i	$x_{i\text{ср}} \cdot m_i$	$x_{i\text{ср}} - \overline{x}$	$(x_{i\text{ср}} - \overline{x})^2$
$x_1 - x_2$ $x_2 - x_3$ и т.д.					
			$\sum x_{i\text{ср}} \cdot m_i$		$\sum (x_{i\text{ср}} - \overline{x})^2$

Таблица 6.3

Данные для построения кривой нормального распределения

x	$z = \frac{x}{\sigma}$	y	$m_i = y\frac{n\Delta x}{10^4 \cdot \sigma}$
0 $0{,}5 \cdot \sigma$ и т. д.	0		

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены следующие данные:

1. наименование работы;
2. наименование, модель и характеристика станка;
3. шаг винта перемещений и цена деления лимба;
4. схема измерения погрешности;
5. данные об измерительных приборах;
6. результаты опытов (по форме табл. 6.1, 6.2, 6.3);
7. построение точечной диаграммы и ее анализ, определение наличия систематической постоянной или систематической закономерной погрешности;
8. расчет величин $\overline{x}$, σ и 6σ;
9. графическое построение опытной кривой распределения и кривой нормального распределения;
10. выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7
ВЫБОР СХЕМЫ ТОЧЕНИЯ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА

Цель работы

Ознакомиться со схемами обработки ступенчатых валиков при работе на ненастроенных станках.

Краткие теоретические сведения

Обтачивание валов и других деталей (тел вращения) обычно разделяется на две операции*: черновое* (предварительное) и *чистовое* (окончательное) *обтачивание*. При черновом обтачивании снимают большую часть припуска; обработка производится с большой глубиной резания и большой подачей.

Рассмотрим несколько схем обточки ступенчатых валиков. При черновой обработке производительность зависит от выбора схемы, а при чистовой обработке – от характера простановки размеров и точности отдельных ступеней.

Черновое (предварительное) обтачивание вала, имеющего несколько ступеней и изготовленного из проката, можно выполнять по различным схемам обработки. На рис. 7.1 представлены три схемы обтачивания ступенчатого вала (цифрами обозначены порядковые номера переходов, прописными буквами – ступени вала). При обтачивании по схеме *А* каждую ступень вала обтачивают, начиная с торца, и таким образом всю обработку вала производят за три прохода: за 1-й проход обтачивают ступени *а* и *б* и *в*, за 2-й проход – ступени *а* и *б* и за 3-й проход – ступень *а*.

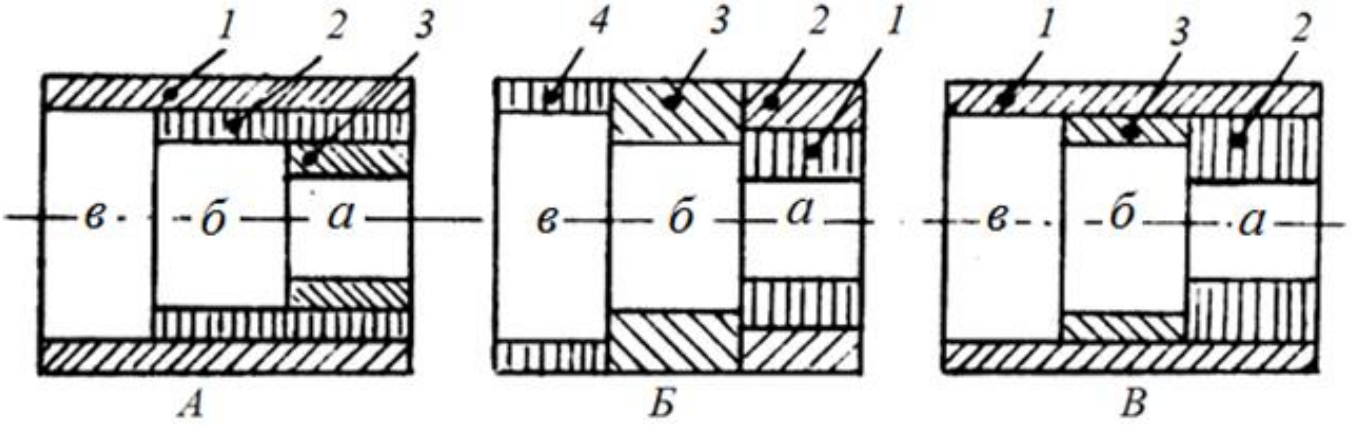


Рис. 7.1. Схемы точения образцов (*1, 2, 3 ,4* – обозначение последовательности снятия припуска – переходы)

При обтачивании по схеме *Б* каждую ступень вала обтачивают отдельно: ступень *а* вследствие большой глубины резания обтачивается за два прохода (1-й и 2-й); ступень *б* – за один проход (3-й) и ступень *в* – за один проход (4-й).

Комбинированная схема обработки *В* предусматривает обтачивание ступени *в* за 1-й проход, начиная с торца, ступень *а* обтачивается за 2-й проход и ступень *б* – за 3-й проход.

На выбор той или иной схемы влияют величина припусков на отдельных ступенях вала и соотношение размеров ступеней: диаметра и длины. Схема, обеспечивающая наименьшее время обработки, наиболее выгодна.

Оборудование

1. Токарно-винторезный станок.
2. Резцы проходные с $\varphi = 90°$.
3. Образцы – три валика.
4. Измерительный инструмент – штангенциркуль, цена деления 0,1.
5. Схема установки заготовок (Рис. 7.1).

Порядок выполнения работы

1. Подготовить заготовки. Подрезать торцы (центровать, при необходимости).
2. Установить требуемый режим обработки (n = 450 об/мин, S = 0,15 мм/об, t – в зависимости от схемы снятия припуска).
3. Последовательно обточить три заготовки по схемам А, Б и В (см. рис. 7.1, табл. 7.1).
4. Время обработки фиксируется секундомером.
5. Расчетное время определяется по формуле: $t_0 = \frac{l}{n \cdot S}$, где l - принимать с учетом врезания и перебега инструмента.
6. Результаты замеров занести в таблицу 7.2.

Настройка на размер осуществляется путем пробных ходов.

Вспомогательное время учитывается только на потери, связанные с возвратом инструмента в исходное состояние и взятие пробных стружек.

Таблица 7.1

Последовательность снятия припуска

Переходы	А	Б	В
	t =		
1	0,5	0,75	0,5
2	0,5	0,75	1,0
3	0,5	1,0	0,5
4	-	0,5	-

Содержание отчета

1. Описать условия работы.
2. Привести результаты замеров.
3. Рассчет основного времени по каждой ступени.
4. Сделать вывод о целесообразности применения той или иной схемы точения.

Таблица 7.2

Результаты эксперимента

Схема точе-	Время обработки, мин (с)												Суммарное время	
	1–я ступень				2–я ступень				3–я ступень				основ-ное	опера-тивное
	основное		вспомогательное		основное		вспомогательное		основное		вспомогательное			
	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон. / Расч.	Хрон. / Расч.
А														
Б														
В														

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ (ГОСТ 2789-73) 3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ПРИ ТОЧЕНИИ НЕЖЕСТКИХ ЗАГОТОВОК 14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ 21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА 31
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ТОКАРНО–ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 35
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ РАЗМЕРА ПО ЛИМБУ СТАНКА 42
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 ВЫБОР СХЕМЫ ТОЧЕНИЯ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА 46

Учебное издание

Татьяна Петровна Глинникова

Сергей Александрович Волегов

Лабораторный практикум
по дисциплине
«Основы технологии машиностроения»
для студентов специальностей
«Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов» (МШС)
направление 150700.62 «Машиностроение» и «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» (ТМО)
направления 130600 – «Оборудование и агрегаты нефтегазового производства» *очного и заочного обучения*

Редактор *******

Подписано в печать **.0*.2014 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. *,0. Уч.-изд. л. *,4. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Новикова Н. А.

Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы

для студентов специальности 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)

Екатеринбург
2016

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического
факультета УГГУ

Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Новикова Н. А.

Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы

для студентов специальности
15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2016

Методические указания по выполнению выпускных квалификационных работ для студентов специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»

Составители: Новикова Н.А

Рецензент Потапов В.Я.

Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы инженера содержат сведения по структуре выпускной квалификационной работы, общие сведения о содержании его разделов и основной справочный материал.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования "_20_"_января_ 2016 г. (протокол № _4__).

© Новикова Н.А.2016
© Уральский государственный горный университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1. ЗАДАЧИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ 5

2. РУКОВОДСТВО И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ 7
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ 7

3. СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ 8

3.1.Реферат……9
3.2.Введение……..9
3.3. Общая часть работы……..9
3.4. Специальная часть работы……..10
4. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ…….12

ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА 12

4.1.Оформление титульных листов 12
4.2. Форматы 12
4.2.1.Линии чертежей 12
4.2.2. Масштабы чертежей 12
4.2.3. Чертежные шрифты 13
4.2.4. Основная надпись на чертеже 13
4.2.5. Основные правила выполнения чертежей 13
4.2.6. Графические обозначения материалов 14
4.2.7. Нанесение размеров и их предельных отклонений 14
4.2.8. Нанесение предельных отклонений размеров 15
4.2.9. Указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей .. 15
4.2.10. Обозначения шероховатости поверхностей 16
4.2.11. Чертежи сборочных единиц (общих видов) 16
4.2.12. Спецификация 17
4.3. Общие требования к текстовым документам 17
4.4.Изложение текста документа 20
4.5.Выполнение расчетов 20
4.6.Построение таблиц 22
4.7.Оформление иллюстраций и приложений 26
4.8.Оформление списка использованных источников 27
4.9.Оформление основных надписей на чертежах 28
5. ПОДГОТОВКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ К

ЗАЩИТЕ 28

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ

РАБОТЫ НА ГАКЕ 29

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ РАБОТ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ГРУППЫ МПО.К 32
ПРИЛОЖЕНИЕ В. СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ 33
ПРИЛОЖЕНИЕ Г 34
ПРИЛОЖЕНИЕ Д 35

ВВЕДЕНИЕ

Выполнением и защитой выпускной квалификационной работы (в дальнейшем – "дипломной работы") заканчивается подготовка студентов СПО УГГУ.

Дипломная работа (ДР) выполняется самостоятельно (под руководством преподавателя), решая задачи, связанные с технологическими процессами изготовления производственного, технологического оборудования, технического обслуживания, монтажа и ремонта.

При выполнении ДР студент должен продемонстрировать:

а) умение применять полученные теоретические знания;

б) правила выполнения проектной документации и чертежей;

в) умение использовать стандарты и ОСТы.

Методические указания разработаны на основе:

ГОСТ 2.105 – 95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.111 – 68. ЕСКД. Нормоконтроль.

ГОСТ 2.104 – 68. ЕСКД. Основные надписи.

ГОСТ 2.301 – 68. ЕСКД. Форматы.

ГОСТ 2.304 – 81. ЕСКД. Шрифты чертежные.

Приведенные ниже материалы не заменяют стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), а содержат лишь указания о том, как применить эти стандарты при выполнении документов

1. ЗАДАЧИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Дипломная работа является самостоятельной заключительной работой студента, подводящей итог его подготовки. Она дает возможность оценить, в какой мере дипломник усвоил комплекс социально-экономических, общетехнических и специальных дисциплин, насколько он знаком с новейшими достижениями отечественной и зарубежной техники.

Дипломная работа должна свидетельствовать об умении молодого специалиста на уровне квалификации техника решать вопросы, связанные с изготов-

лением, монтажом и эксплуатацией промышленного оборудования, техническим обслуживанием и ремонтом.

Одновременно ДР должна способствовать закреплению и углублению знаний, полученных за время обучения, приобретению практических навыков при выполнении поставленных задач.

Качество выполнения работы является определяющим фактором, на основании которого Государственная Аттестационная комиссия (ГАК) решает вопрос о присвоении дипломнику квалификации техника-механика по специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования»

Темами дипломных работ должны являться актуальные задачи, возникающие в практике работы промышленного оборудования, машиностроительного и ремонтного производства. Поэтому наиболее предпочтительными являются реальные проекты, связанные с заданиями промышленных предприятий.

В ДР отражаются задачи техники, связанные с изготовлением, монтажом и эксплуатацией промышленного оборудования, техническим обслуживанием и ремонтом.

Темой ДР может быть научно-исследовательская работа, проводимая на кафедре, в выполнении которой принимал участие студент.

Поощряется предложение дипломных тем самими студентами, разработка ими в дипломных работах собственных предложений.

Тема ДР должна быть известна студенту при отъезде его на преддипломную практику. Она может быть уточнена при выдаче задания на ДР с учетом содержания и объема материалов, собранных на практике студентом.

Конкретной темой ДР могут быть разработки в следующих направлениях:

- ремонтное направление – восстановления деталей промышленного оборудования, механизация сборочно-разборочных работ, разработка капитальных и текущих ремонтов машин.

- технологическое направление – разработка технологий производства деталей машин, разработка технологии и технологической оснастки для упрочнения деталей машин.
- монтаж и эксплуатация промышленного оборудования и горных машин.

Перечень примерных тем дипломных работ по данным направлениям приведен в приложении Б.

2. РУКОВОДСТВО И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Общее руководство ВКР осуществляется руководителем, выделяемым кафедрой. На его обязанности, кроме этого лежит систематический контроль над ходом выполнения работы и подготовка отзыва о нем.

Подготовку к ВКР следует начать значительно раньше выезда на преддипломную практику, чтобы она была выполнена с максимальной пользой для дипломной работы; до выезда на практику дипломник должен четко представлять, что он там должен сделать. Для этого необходимо как можно раньше обсудить со своим руководителем тему дипломной работы.

Необходимо выяснить состояние разработок по теме работы на текущий момент; обосновать задачи работы. Определить, какие выявленные недостатки технологии изготовления или ремонта будут устранены в дипломной работе. В результате чего, и какой можно получить экономический или социальный эффект.

Перед началом работы составляется график выполнения ВКР, который контролируется руководителем.

Роль руководителя должна сводиться к наблюдению за правильностью общих направлений работы и разъяснению возникающих вопросов.

Студент обязан не менее одного раза в неделю предъявлять своему руководителю выполненную часть работы.

К дипломированию допускаются только студенты, не имеющие академи-

ческой задолженности. Допуск к дипломированию оформляется приказом по университету.

В законченном виде ВКР, подписанная исполнителем, руководителем и заведующим кафедрой направляется для просмотра и заключения промышленному рецензенту на предприятие.

К защите допускаются лишь те работы, которые, по определению руководителя, отвечают всем требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам.

О неудовлетворительно выполненных работах руководитель дает представление кафедре. В этом случае вопрос о защите работы решается на заседании кафедры.

Окончательное решение о достаточной подготовленности студента для практической деятельности в качестве техника и возможности присуждения ему квалификации техника-механика выносится Государственной экзаменационной комиссией.

3. СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

ВКР включает в себя чертежи на уровне эскизно-технического работы и расчетно-пояснительную записку.

Содержание пояснительной записки должно отражать логическое развитие работы над темой, начиная от освещения целесообразности разработки темы работы и кончая технико-экономической оценкой принятых решений.

Типовая структура ВКР приведена в таблице 1, в которой указан примерный объем отдельных частей работы и количество обязательных чертежей.

В начале записки дается титульный лист установленной формы (см. ПРИЛОЖЕНИЕ А).

Таблица 1

Структура дипломной работы

№ п/п	Содержание раздела	Кол-во страниц текста	Кол-во чертежей формата А1
1	Реферат	1	
2	Введение	1-2	
3	Общая часть	15-20	1
4	Специальная часть	20-25	1-3
5	Литература	1-2	
Всего:		38-50	2-4

3.1.Реферат

Реферат должен отражать основное содержание ВКР. Рекомендуемый – одна страница. Заглавием должно служить слово "Реферат", написанное шрифтом без наклона. Под словом "Реферат" приводится название дипломной работы.

Текст реферата должен отражать сущность выполняемой работы. Приводятся основные рекомендации и возможные пути их реализации в производстве.

3.2.Введение

Во введении обосновываются актуальность разрабатываемой темы и задачи работы. Введение должно кратко характеризовать современное состояние производственной задачи, которой посвящена работа, также цель работы. Во введении следует четко сформулировать, в чем заключается актуальность темы проекта или работы и обосновать необходимость ее выполнения.

Заглавием должно служить слово "Введение", выполненное чертежным шрифтом на отдельной строке прописными буквами без наклона.

3.3. Общая часть работы

В этом разделе отражается состояние развития техники (рассматриваемой в специальной части), дается ее краткий обзор, конструкции машин.

В этот обзор необходимо включить не только известные конструкции ме-

ханизмов и машин отечественного и зарубежного производства данного типа, но и анализ их достоинств и недостатков, включая сопоставление технико-экономических показателей, таких как производительность, весовые данные, металлоемкость, энерговооруженность, стоимость машины и себестоимость производства работ этой машиной.

В этом же разделе рассматриваются вопросы безопасности, органично связанные с технологическими решениями, принятыми в специальной части работы. Кроме того, рассматриваются вопросы, связанные с созданием комфортных условий на рабочих местах, с разработкой технических решений по борьбе с вредными производственными факторами, имеющими место при работе машин (пыль, газ, шум, вибрация и др.).

В разделе рассматривается влияние проектных решений на загрязнение окружающей среды

3.4. Специальная часть работы

Содержание специальной части работы может содержать одно из направлений: технологию изготовления узла, детали, ремонт машины, узла или детали.

В отличие от других разделов, полнота и степень детализации которых соответствует эскизно-техническому проекту, настоящий раздел должен выполняться значительно подробнее и соответствовать уровню технического проектирования.

Однако во всех случаях специальная часть должна содержать описание конструкции узла, расчеты узла в целом (силовые, кинематические, прочностные, на выносливость и др.) и его деталей: валов, шестерен, подшипников, системы смазки и др. В том случае, если расчеты специальной части повторяют общую часть, то в специальной части на них дается только ссылка.

При технологическом направлении в специальной части работы может быть выполнена одна из следующих разработок: работа специальных устройств, средств механизации или автоматизации процессов изготовления, сборки, контроля или испытания узлов (деталей) горных машин и оборудова-

ния, разработка технологии и технологической оснастки для упрочнения деталей машин и оборудования.

Если специальная часть предусматривает ремонт узла или детали, то подробно дается описание конструкции применяемых ремонтных приспособлений, их силовой расчет, технология существующего и предлагаемого ремонта. Здесь же делается расчет времени ремонта по существующей и предлагаемой технологии.

В специальной части работы студент по своему выбору или рекомендации руководителя описывает систему технического обслуживания и ремонта горных машин или технологию изготовления детали. Если в разделе разрабатывается система технического обслуживания и ремонта машин, то рассматривается организация технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятия. Рассчитываются графики технического обслуживания (ТО) технологического оборудования и планово-предупредительных ремонтов. Разрабатывается технология восстановления типовой детали.

Если в разделе ставится задача решения вопросов технологии машиностроения, то руководителем может быть определен один из следующих вариантов:

- разработка технологии изготовления детали (запчасти) проектируемой машины;
- разработка специального приспособления для механизации или автоматизации процессов установки детали, ее транспортирования, обработки или контроля.

Графическая часть этого раздела должна состоять из общего вида узла или приспособлений и отдельных его сборок. На чертежах должны быть даны все сечения и разрезы, по возможности, более полно отражающие все особенности конструкции, сформулированы технические условия, обеспечивающие необходимую точность сборки и правильную работу конструкции в целом. Общий объем графической части, включая вид машины с расположением механизмов, должен быть в пределах 1-2 листов формата А1.

4. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

4.1.Оформление титульных листов

Титульный лист является первым листом документа и заполняется по ГОСТ 2.105 по форме, приведенной в приложении А. Титульный лист выполняют на белой бумаге формата А4 по ГОСТ 2.301.

4.2. Форматы

Размеры сторон должны соответствовать ГОСТ 2.301. Обозначения и размеры сторон основных форматов приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Обозначение формата	А0	А1	А2	А3	А4
Размер сторон формата, мм	841×1189	841×594	420×594	297×420	210×297

4.2.1.Линии чертежей

Наименование, правила начертания и основные назначения линий, применяемых на чертежах, установлены ГОСТ 2.303-68. На чертежах применяются сплошные, штриховые, штрихпунктирные и другие линии (приложение Б).

4.2.2. Масштабы чертежей

Масштабы изображений установлены ГОСТ 2.302-68. В зависимости от размеров, сложности и назначения, изображения на чертежах выполняются в натуральную величину (масштаб 1:1) или в определенном масштабе уменьшения или увеличения.

Масштабы уменьшения или увеличения изображений на чертежах выбирают из следующих рядов:

масштабы уменьшения… 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000

масштабы увеличения …2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

Предпочтительным является изображение предмета в натуральную величину, так как чертеж получается полностью сходным с изображением предметов по форме и размерам.

Независимо от масштаба изображения предмета на чертеже всегда проставляют только действительные его размеры.

4.2.3. Чертежные шрифты

Все надписи на чертежах и других технических документах выполняются чертежным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304-81.

ГОСТом установлены следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Угловые штампы чертежей рекомендуется заполнять шрифтом с наклоном 75°, прописными буквами 5(7) мм, строчными 3,5 (5) мм.

4.2.4. Основная надпись на чертеже

Каждый лист чертежей оформляется основной надписью по форме 1 ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в приложении В. В графах основной надписи содержится следующее:

1) в графе (1) прописными буквами пишется наименование изделия или объекта в именительном падеже, единственном числе, размером шрифта от 3,5 до 7 мм;

2) в графе (2) - обозначение документа в соответствии с рекомендациями (приложение Г);

3) в графе (3) обозначается материал, из которого сделана деталь (графа заполняется только на чертежах деталей);

4) графа (26) заполняется идентично графе (2), но обозначение перевернуто к основной надписи (приложение Г).

4.2.5. Основные правила выполнения чертежей

Правила изображения предметов (изделий, их составных частей) установлены ГОСТ 2.305-68.

Изображения предметов должны выполняться методом прямоугольного проецирования. Изображение предмета на фронтальной плоскости принимается в качестве главного на чертеже, и в проекционной связи с ним располагаются все остальные изображения.

Главное изображение должно давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы, сечения.

Число изображений (видов, разрезов, сечений) на чертеже должно быть минимальным, но вместе с тем достаточным для полного представления об изображаемом предмете при чтении чертежа.

4.2.6. Графические обозначения материалов

Графические обозначения материалов в сечениях, а также правила нанесения их на чертежах, установлены ГОСТ 2.306-68.

4.2.7. Нанесение размеров и их предельных отклонений

Проставляя размеры на чертежах, необходимо учитывать следующие из основных моментов:

1) размеры каждого элемента детали должны быть заданы не только геометрически полно и технологически грамотно, но и в соответствии с производственным процессом изготовления данной детали, т.е. с учетом требований разметки, контроля, обработки и т.д.;

2) наносить назначенные размеры на чертеже нужно так, чтобы они были однозначно понятны исполнителю;

3) необходимо согласовывать размеры на чертеже детали с соответствующими размерами сопрягаемых деталей;

4) размеры следует проставлять от размерных баз, которые выбираются с учетом технологических и конструкторских требований.

Правила нанесения размеров и их предельных отклонений установлены ГОСТ 2.307-68. Эти правила регламентируют соответствующие записи и условности при нанесении размеров, определяют способы нанесения выносных

и размерных линий, простановку размерных чисел и методику распределения размеров на чертеже.

4.2.8. Нанесение предельных отклонений размеров

Предельные отклонения размеров устанавливаются в соответствии с Единой системой допусков и посадок (ЕСДП), объединяющей группу стандартов, регламентирующих допуски и посадки для гладких соединений (цилиндрических и плоских с параллельными плоскостями), а также допуски и предельные отклонения для негладких элементов.

Предельные отклонения линейных размеров указываются на чертежах установленными обозначениями полей допусков согласно ГОСТ 25346-82, например, 20*H*7, 10*e*8, или числовыми значениями, например, $20^{+0,18}$, или условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений, например, $10e8\left(\begin{matrix}-0,02\\-0,07\end{matrix}\right)$.

4.2.9. Указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Правила указания допусков формы и расположения поверхностей на чертежах установлены ГОСТ 2.308-79. Допуски формы и расположения поверхностей указываются на чертежах в виде условных обозначений или текстом в технических требованиях. Применение условных обозначений предпочтительно. Вид допуска обозначается на чертежах знаками, приведенными в приложении Ж.

Условное обозначение допусков формы и расположения поверхностей указываются в прямоугольной рамке, разделенной на две или три части.

В первой части помещается знак вида допуска, во второй - числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей - буквенное обозначение базы или поверхности, с которой связан допуск расположения.

Рамки вычерчиваются сплошными тонкими линиями. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел.

Рамка располагается горизонтально. Пересекать рамку какими-либо линиями не разрешается.

Рамка соединяется с элементом, к которому относится предельное отклонение, сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой.

4.2.10. Обозначения шероховатости поверхностей

Шероховатость поверхностей обозначается на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.309-73(в ред. 2004 г.).

Шероховатость поверхности должна быть обозначена на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, кроме тех из них, для которых нормирование требований к шероховатости не обусловлено требованиями конструкции.

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагаются на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок. Стандартные значения шероховатости приведены в приложении И.

Обозначения шероховатости, одинаковой для всех поверхностей изделия, на изображении не наносятся, а помещаются в правом верхнем углу чертежа.

Когда указывается одинаковая шероховатость для всех поверхностей изделия, в правом верхнем углу чертежа помещается обозначение одинаковой шероховатости и условное обозначение ($\sqrt{.....}$). Это означает, что все поверхности, на изображении которых не нанесены знаки шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную в правом верхнем углу чертежа перед знаком в скобках.

4.2.11. Чертежи сборочных единиц (общих видов)

Чертеж общего вида должен содержать следующие элементы:

- виды, разрезы и сечения, а также надписи и текстовую часть, необходимые для понимания его конструктивного устройства, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;

- необходимые габаритные, присоединительные, установочные размеры и размеры, которые облегчают уяснения формы элементов деталей;

- размеры с предельными отклонениями и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;

- указания о характере сопряжения разъемных частей изделия и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. д.;

- технические требования к изделию и его технические характеристики, если их необходимо учитывать при последующей разработке рабочих чертежей;

- наименования и обозначения составных частей изделия указываются на полках линий-выносок, проведенных от деталей.

4.2.12. Спецификация

В соответствии с ГОСТ 2.108-68 спецификация - документ, определяющий состав сборочной единицы, является обязательным основным документом. Составляется спецификация на каждую сборочную единицу на отдельных листах формата А4.

4.3. Общие требования к текстовым документам

5.3.1. Текстовая часть документов должна оформляться в соответствии с ГОСТ 2.105.

5.3.2. Подлинники текстовых документов выполняют одним из следующих способов: машинописным, рукописным, с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004).

Допускается выполнение текстовой части документов рукописным шрифтом, черными чернилами или пастой черного цвета. Почерк должен быть четким, достаточно легко читаемым. Высота букв в соответствии с ГОСТ 2.304 должна быть не менее 3,5 мм.

5.3.3. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале строк и в конце строк – не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точки не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится.

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

Если текст документа подразделяется только на пункты, они нумеруются порядковыми номерами в пределах документа.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т.д.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3,4 интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Слово "Содержание" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

Текст ДР выполняется на листах формата А4.

Для работ, выполняемых вручную. Согласно ГОСТ 2.104 каждый лист пояснительной записки должен иметь рамку, основную надпись и дополнительные графы основной надписи.

Для работ, подлежащих после защиты хранению в архиве кафедры или университета, допускается упрощенное оформление по следующим правилам:

- рамка должна быть нанесена на каждой странице пояснительной записки
- первый лист основной части документа должен содержать основную надпись и дополнительные графы к ней по форме 2 ГОСТ 2.104; примеры оформления первого листа основной части приведены в приложениях Е и Ж
- во втором листе и последующих листах работы, работы допускается основную надпись по форме 2а не заполнять, ограничиваясь лишь заполнением графы (7) – номер листа; примеры оформления последующих листов документов приводятся в приложении *И.*

В разделе "Содержание" последовательно перечисляют заголовки разделов, подразделов, приложения и указывают номера листов, на которых они помещены. Содержание должно включать все заголовки, имеющиеся в документе.

Нумерация страниц документа должна быть сквозной: первой страницей является титульный лист, второй – задание и т.д. Номера страниц проставляются арабскими цифрами в правом нижнем углу. На титульном листе номер страницы не ставят.

Рисунки и таблицы, которые располагаются на отдельных страницах, необходимо включать в общую нумерацию. Если рисунок или таблица расположены на листе больше формата А4, их следует учитывать как одну страницу. Номер страниц в этих случаях не проставляют. Приложения и список используемых источников необходимо включать в сквозную нумерацию.

4.4.Изложение текста документа

4.4.1.Общими требованиями к текстовой части документа являются:

- четкость и логическая последовательность изложения материала
- убедительность аргументации
- краткость и четкость формулировок, исключающих возможность неоднозначного толкования

4.4.2. Терминология и определения должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам, при их отсутствии соответствовать общепринятым в научно – технической литературе.

Если в документе принята специфическая терминология, а также применяются малораспространенные сокращения, новые символы, обозначения и т.п., то их перечень должен располагаться столбцом, в котором слева (в алфавитном порядке) приводят, например, сокращение, справа его детальную расшифровку.

4.4.3. Сокращение русских слов и словосочетаний в тексте и подписях под иллюстрациями, как правило, не допускается. Исключение составляют сокращения, установленные ГОСТ 2.316, ГОСТ 7.12, ГОСТ 7.11, общепринятые в технической литературе.

4.4.4. Условные буквенные обозначения механических, физических, химических, математических и других величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например, коэффициент сжимаемости нефти β. Обозначение единиц физических величин производится в соответствии с ГОСТ 8.417.

4.5.Выполнение расчетов

4.5.1. Все расчеты в работе должны быть основаны на использовании системы СИ (SI) в соответствии с ГОСТ 8.417.

4.5.2. Буквы и цифры в формулах должны вписываться одним из стандартных шрифтов, предусмотренных ГОСТ 2.304, с высотой знаков не менее 3,5 мм.

4.5.3. Для всех расчетов должна быть строго выдержана общая единая форма записи, приведена ссылка на источник, откуда взята расчетная формула, с необходимыми пояснениями принятых обозначений и их размерностей.

При числовой подстановке числа, которыми заменяются буквы формулы, должны стоять на тех же местах, которые занимала буква. Перестановки не допускаются.

Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Значение каждого символа дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

В тех случаях, когда расчеты по одной и той же формуле повторяются многократно, формула должна быть записана в обычном виде, затем в ней должны быть сделаны числовые подстановки всех величин, постоянных для данной группы расчетов, наконец, все числа сведены в один общий числовой коэффициент. После этого оставшаяся часть расчетов выполняется табличным методом.

Размерность одного и того же параметра в пределах работы должна быть постоянной (в одной из установленных единиц измерения). Если в работе приводится ряд величин одной размерности, единицу измерения указывают только после последнего числа, например, 1,5; 2,0 м.

Если в документе более одной формулы, то их нумеруют арабскими цифрами, номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например:

$$p \cdot V = G \cdot R \cdot T \qquad (1.1)$$

Ссылки в тексте на порядковый номер формулы дают в скобках, например: … в формуле (3).

Нумерация формул состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой.

4.6.Построение таблиц

4.6.1. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 1.

4.6.2. Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией, либо в пределах раздела.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена "Таблица 1" или "Таблица В.1", если она приведена в приложении В.

Таблица 3

Название

Рис. 1

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

4.6.3. На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово "табл." с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Головка таблицы должна быть отделена линией от основной части таблицы.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее или на следующей странице, а, при необходимости, в приложении к документу

Если стороны или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Слово "Таблица" указывают один раз справа над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова *"Продолжение таблицы*" с приведением номера (обозначения) таблицы в соответствии с рис. 2.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице. При этом повторяют головку таблицы в соответствии с рис. 3. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией толщиной 2*s*.

Таблица

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	Внутренний диаметр шайбы	Толщина шайбы					
		легкой		нормальной		Тяжелой	
		a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
2,0	2,1	0,5	0,8	0,5	0,5	-	-
2,5	2,6	0,6	0,8	0,6	0,6	-	-
3,0	3,1	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	1,2

Окончание табл.…

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	Внутренний диаметр шайбы	Толщина шайбы					
		легкой		нормальной		Тяжелой	
		a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
4,0	4,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2	1,6
…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…
42,0	42,5	-	-	9,0	9,0	-	-
Примечание – Здесь (и далее по тексту) таблицы приведены условно для иллюстрации соответствующих требований настоящего стандарта							

Рис. 2

Таблица …

Диаметр стержня крепежной детали, мм	Масса 1000 шт. стальных шайб, кг	Диаметр стержня крепежной детали, мм	Масса 1000 шт. стальных шайб, кг
1,1	0,045	2,0	0,192
1,2	0,043	2,5	0,350
1,4	0,111	3,0	0,553

Рис. 3

Графу " Номер по порядку" в таблицу включать не допускается. Нумерация граф таблицы арабскими цифрами допускается в тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

4.6.4. Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321, или

другими обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например D – диаметр, H – высота, L – длина.

Обозначение единицы физической величины, общей для всех данных в строке, следует указывать после ее наименования в соответствии с рисунком 5. Допускается при необходимости выносить в отдельную строку (графу) обозначение единицы физической величины.

Обозначения, приведенные в заголовках граф таблицы, должны быть пояснены в тексте или графическом материале документа.

Обозначения единиц плоского угла следует указывать не в заголовках граф, а в каждой строке таблицы как при наличии горизонтальных линий, разделяющих строки в соответствии с рис. 4, так и при отсутствии горизонтальных линий в соответствии с рис. 5.

Таблица…

α	β
$3^0 5' 30''$	$6^0 30'$
$4^0 23' 50''$	$8^0 26'$
$5^0 30' 20''$	$10^0 30'$

Рис. 4

Таблица

α	β
$3^0 5' 30''$	$6^0 30'$
$4^0 23' 50''$	$8^0 26'$
$5^0 30' 20''$	$10^0 30'$

Рис. 5

Предельные отклонения, относящиеся ко всем числовым значениям величин, помещенным в одной графе, указывают в головке таблицы под наименованием или обозначением показателя в соответствии с рис. 6.

Таблица…
В миллиметрах

Диаметр резьбы d	S $\pm 0,2$	H $\pm 0,3$	h $\pm 0,2$	b $\pm 0,2$	Условный диаметр шплинта d_1
4	7,0	5,0	5,2	1,2	1,0
5	8,0	6,0	4,0	1,4	1,2
6	10,0	7,5	5,0	2,0	1,6

Рис. 6

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначение марок материалов и типоразмеров изделий, обозначения нормативных документов не допускается.

4.7.Оформление иллюстраций и приложений

4.7.1. Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией, либо в пределах раздела. Если рисунок один, то он обозначается "Рис. 1".

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рис. 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать "… показана в соответствии с рис. 2" при сквозной нумерации и "… в соответствии с рис. 1.2" при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово "Рисунок" и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом:
Рис.1. Детали прибора.

4.7.2. Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке

Допускается, при необходимости, номер, присвоенный составной части изделия на иллюстрации, сохранять в пределах документа.

При ссылке в тексте на отдельные элементы деталей (отверстия, пазы, канавки, буртики и др.) их обозначают приписными буквами русского алфавита.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

4.7.3. В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки.

4.7.4. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения.

4.7.5. Приложения обозначают арабскими цифрами. После слова "Приложение" следует цифра, обозначающая его последовательность.

Если в документе одно приложение, оно обозначается "Приложение ".

4.7.6. Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3 по ГОСТ 2.301.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа (при наличии) с указанием их номеров и заголовков.

Количество иллюстраций в дипломных работах определяется их содержанием и должно быть достаточным для того, чтобы придать излагаемому тексту ясность и конкретность.

Иллюстрации должны быть расположены в тексте работы возможно ближе к соответствующим частям текста.

Таблицы, диаграммы, графики, схемы, представляемые к докладу, выполняются на формате А1 с общей рамкой.

Диаграммы, графики, схемы выполняются на формате А1 с общей рамкой и основной надписью по форме 1 ГОСТ 2.104 без дополнительных граф. На таблицах основная надпись не делается.

4.8.Оформление списка использованных источников

Ссылки в тексте на источники допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку источников.

Например: При опытах с нефтяными месторождениями нижнего карбона Башкирии [32] установлено… .

Сведения об источниках, включенных в список, необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1.

Примеры библиографических описаний.

4.8.1. Книга с одним – тремя авторами:

Донцов К.М. Разработка нефтяных месторождений. – М.: Недра, 1977. – 360 с.

4.8.2. Книга с числом авторов более трех:

Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений Западной Сибири /Ф. Г. Аржанов, Г. Г. Вахитов, В. С. Евченко и др. – М.: Недра, 1979. – 335с.

4.8.3. Авторские свидетельства:

А. с. 326552 СССР. Мки3 05 в 13/02. Способ извлечения нефти из залежей / Э. Б. Чекалюк. К. А. Огапов, А. И. Снарский //Открытия, Изобретения. - М.: Бюл. 17.1973.-30 с.

4.9.Оформление основных надписей на чертежах

4.9.1. Согласно ГОСТ 2.104 все чертежи, схемы и текстовые конструкторские документы должны иметь основную надпись и дополнительные графы к ней.

4.9.2. Содержание, расположение и размеры граф основной надписи и дополнительных граф должны соответствовать форме 1, а в текстовых документах – формам 2 и 2а. Номера граф на формах указаны в скобках.

5. ПОДГОТОВКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ К ЗАЩИТЕ

После завершения работы, подписанной исполнителем и руководителем работа передается на кафедру.

Допущенная заведующим кафедрой к защите, работа направляется по

указанию кафедры на рецензирование в промышленное предприятие. В письменной рецензии от предприятия должны быть оценены:

- соответствие выполненного работы заданию и глубина проработки вопросов;
- полнота использования накопленного опыта в данной отрасли машиностроения, степень использования отечественной и иностранной литературы;
- качество оформления записки и графических работ.

В рецензии должна быть дана так же общая оценка дипломной работы (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно). На все сделанные рецензентом замечания дипломант должен подготовить ответы к защите на ГАКе.

Дипломная работа, подписанная заведующим кафедрой и имеющая положительную рецензию, считается подготовленной к защите.

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ НА ГАКЕ

Публичная защита ВКР служит основанием Государственной экзаменационной комиссии для присвоения студенту квалификации техника-механика по специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования».

Продолжительность доклада в пределах 10 мин. Текст доклада необходимо согласовать с руководителем работы.

Являясь автором, дипломник в отведенное ему для публичной защиты время в лаконичной форме обязан доложить основные вопросы, разрабатываемые в каждой части (разделе) выпускной квалификационной работы.

Доклад должен начинаться с названия темы ВКР и цели работы. После краткого обзора состояния вопроса, рассматриваемого в работе, необходимо перейти к непосредственному рассмотрению представленного к защите графического материала. Рассмотрев общий вид машины, сообщив ее техническую характеристику, особенности конструктивного исполнения и привода машины (по кинематической схеме), необходимо более подробно остановиться на специальной части работы. Далее необходимо перейти к технологической части,

рассмотрев схему работы машины и ее место в технологическом процессе. Доклад заканчивается анализом технико-экономических показателей проектируемого и сравниваемого вариантов.

На вопросы членов ГАКа следует отвечать в сжатой, четкой форме, используя при необходимости графический материал и данные расчета. В конце защиты зачитываются рецензии руководителя работы и рецензента от промышленности, на замечания которых дипломник дает ответ (или соглашается).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Государственное образовательное учреждение высшего образования
Уральский государственный горный университет

Факультет ГХ

Кафедра Эксплуатации горного оборудования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

специальность: 15.02.01 - "Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования»

на тему « _____ **»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Руководитель работы _____

Студент гр. МПО.к-____ _____

Екатеринбург 2016г.

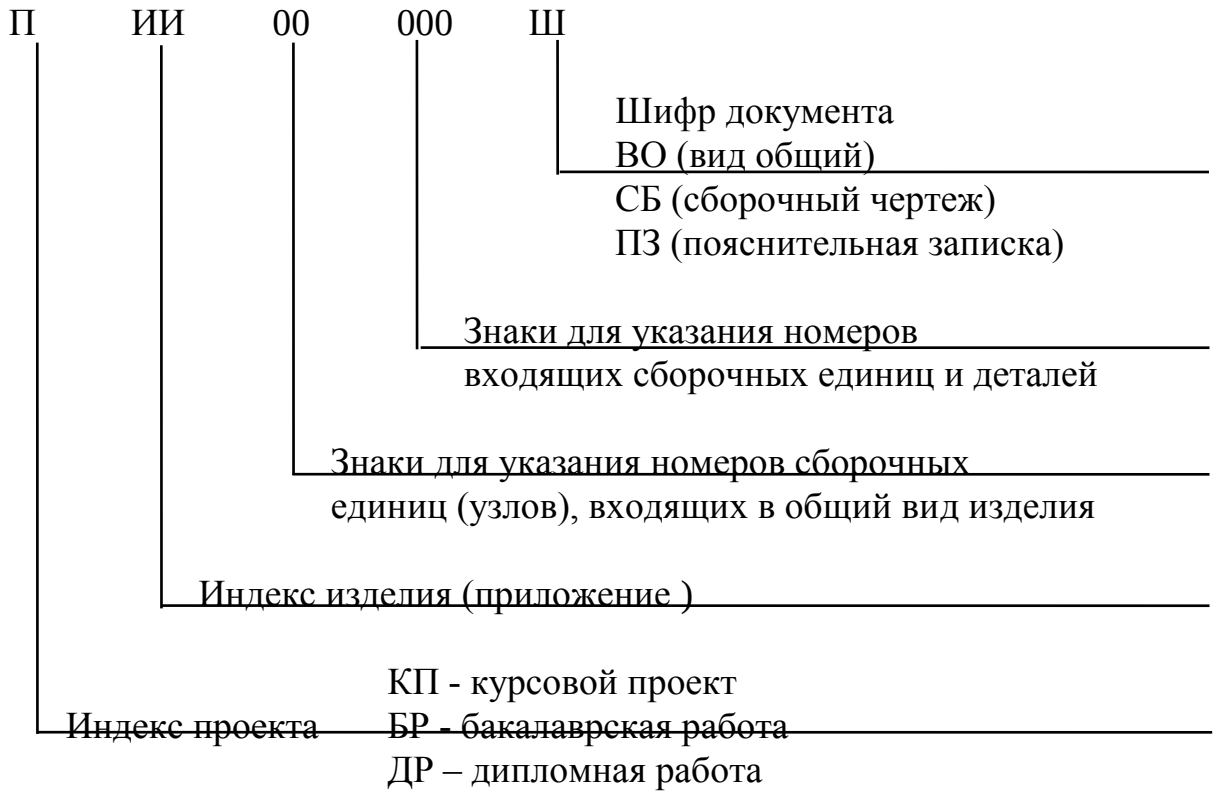
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ РАБОТ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦТАЛЬНОСТИ 15.02.01 «МОНТАЖ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ» МПО.К

1. «Монтаж и эксплуатация бурового шарошечного станка СБШ-200Н»
2. «Ремонт и эксплуатация карьерного экскаватора ЭКГ-4.6»
3. « Техническая эксплуатация щагающего экскаватора»
4. «Монтаж и техническая эксплуатация центробежного насоса»
5. «Техническая эксплуатация вентиляторной установки»
6. «Эксплуатация и ремонт радиально-сверлильного станка»
7. «Организация ремонта мостового крана»
8. «Организация ремонта и разработка технологии восстановления механизма поворота экскаватора»

ПРИЛОЖЕНИЕ В

СХЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ



Пример:

ДР 31 00 000 СБ

ДР - Дипломная работа
31 - Проходческий комбайн
СБ - Сборочный чертеж

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

					2	ВКР 31 00 000 СБ		
							Литер	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Студент									
Руковод.									
Консульт.							Лист 1	Листов 8	
					3		УГГУ МПО.к-кафедра ЭГО	
Н.контр.								
Зав.каф.								

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Учебное издание

Новикова Наталья Александровна

Методические указания
по выполнению выпускной квалификационной работы

для студентов специальности
15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация
промышленного оборудования (по отраслям)»

Редактор *В. В. Баклаева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 50. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ПМ.01 «ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МОНТАЖА И РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯВВЕДЕНИЕ

специальность 15.02.01
Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)

программа подготовки специалистов среднего звена

очная форма обучения
на базе основного общего образования
год набора: 2017

Автор: Волегов С. А., к.т.н.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Эксплуатации горного оборудования	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Симисинов Д.И.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

содержание

ВВЕДЕНИЕ 2
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 3
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов - это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того, самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;

самостоятельное изучение курса;

- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как дома, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия

по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям*:*

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям: *для овладения знаниями:*

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией - это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы

Курсовая работа - форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип, и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту): *для овладения знаниями*:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы;
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест - это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте,
- продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям,

что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание - средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ПМ.02 «ОРГАНИЗАЦИЯ И ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

Специальность

15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение)
программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка
форма обучения: очная,
на базе среднего общего образования

год набора: 2017

Автор: Горшков Э.В., доцент, к.т.н.

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Эксплуатации горного оборудования	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Симисинов Д.И.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
на фонд оценочных средств по дисциплине
ПМ.02 «ОРГАНИЗАЦИЯ И ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

Результаты обучения выпускника по направлению 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение соответствуют целям образовательной программы и сформированы на основе анализа профессиональных задач по данному направлению, соответствуют требованиям ФГОС ВО по направлению 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (машиностроение).

Председатель экспертной комиссии_
гл. инженер ООО НПЦ
«Технические средства бурения»  Коровин Ю.Г.
И.О. Фамилия

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..…….5

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…6

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ…… 10

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ
…….....11

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……...……..13

ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ……...13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..14

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знании должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа - лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к участию в деловых играх и дискуссиях, выполнение письменных домашних заданий, Контрольных работ (рефератов и т.п.) и курсовых работ (проектов), докладов и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «Организация и выполнение работ по эксплуатации промышленного оборудования» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Организация и выполнение работ по эксплуатации промышленного оборудования» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к тестированию;
- подготовка контрольной работы;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема1. ***Организация ремонта машин.***

1. Какие системы ремонта машин находят применение на ремонтных предприятиях горной отрасли*?*

2. Какие методы ремонта машин Вы знаете*?*

3.Какие стратегии ремонта оборудования применяются на горнодобывающих предприятиях?

4.Основные элементы системы ППР?

5. Структура ремонтного цикла и формы ее представления.?

6.Существующая система планирования ремонтных работ в горном производстве?

7. Методика расчета графика ППР на планируемый период.

8.Определение трудоемкости ремонтных работ на годовую программу?

9.Расчет штатов ремонтного персонала на парк оборудования?

10. Пути совершенствования системы ППР на ремонтных базах и в полевых условиях.

Тема 2. Подготовка ремонтных работ.

1. В чем заключается организационная подготовка ремонта?

2.Что включает в себя конструкторская подготовка ремонтных работ?

3.Из чего состоит технологическая подготовка ремонта горного оборудования?

4.Построение линейных графиков ремонта.

5.Кем разрабатываются сетевые графики ремонта машин?

6. Что включают в себя и что дают ремонтному производству сетевые графики ремонта?

7. Какое оборудование подлежит ремонту с использованием сетевых графиков ремонта?

6. Что характеризует критический путь на сетевом графике?

7.Назовите основные эксплуатационные документы, применяемые для горного оборудования?
8.Руководящие материалы, входящие в состав ремонтной документации?
9.В чем состоит отличие ремонтного чертежа от конструкторского?
10. Какие технологические карты на изготовление и восстановление деталей Вы знаете?

Тема 3. ***Дефектация и дефектоскопия*****.**
1.Назовите формы проявления неработоспособности горных машин.
2.Какие методы контроля дефектов деталей Вы знаете?
3.Перечислите основные средства контроля размеров, формы и взаимного расположения деталей горного оборудования?
4.Сущность дефектации и сортировки деталей.
5.Классификация дефектов деталей.
6.Назовите показатели, характеризующие результаты сортировки деталей по группам годности.
7. Назовите методы обнаружения скрытых дефектов деталей, применяемые в ремонтном производстве.
8.Допустимый и предельный износ.
9.Признаки выбраковки деталей.
10. Меры по предупреждению разрушения деталей горных машин.

Тема 4. Технология ремонта типовых деталей.
1.Классификация и общая характеристика способов восстановления деталей машин.
2.Выбор способа восстановления деталей по технологическому, долговечностному и технико-экономическому критерию.
3.Разработка технологии ремонта валов и осей.
4.Ремонт втулок, подшипников скольжения и качения.
5.Основные дефекты корпусных деталей и их ремонт.
6.Расчет режимов восстановления изношенных поверхностей.
7.Расчет режимов механической обработки восстановленных поверхностей.
8. Каким образом осуществляется прогнозирование технического состояния машин?
9. Какое влияние оказывает режим работы и условия эксплуатации на интенсивность изнашивания?
10.Основные закономерности изнашивания деталей машин

Тема 5. Приемка машин после ремонта.
1. Особенности сборки машин после ремонта.
2. Проверка качества сборки и обкатка узлов промышленного оборудования на испытательных стендах.
3.Испытания машин после ремонта в условиях ремонтного предприятия.
4. Порядок проведения работ по приемке оборудования из ремонта.

5.Заполнение паспорта оборудования.
6. Сдача отремонтированных машин заказчику.
7. Состав приемной комиссии.
8. Испытания машин после ремонта в условиях эксплуатации.
9. Сдача отремонтированных машин заказчику.
10. Оформление акта приемки.

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где

записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Следовательно, работа на практическом занятии направлена не только на познание студентом конкретных явлений внешнего мира, но и на изменение самого себя. Второй результат очень важен, поскольку он обеспечивает формирование таких общекультурных компетенций, как способность к самоорганизации и самообразованию, способность использовать методы сбора, обработки и интерпретации комплексной информации для решения организационно-управленческих задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности студента. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. В ходе самого практического занятия обучающиеся выполняют задания и делают выводы по выполненному практическому заданию.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа – это письменная работа, выполняемая студентами самостоятельно, преимущественно по общим математическим и естественно-научным, а также специальным дисциплинам, в которой, как правило, решаются конкретные задачи.

Цель контрольной работы – оценка качества усвоения студентами отдельных, наиболее важных разделов, тем и проблем изучаемой дисциплины, умения решать конкретные теоретические и практические задачи.

Контрольная работа, как правило, имеет аналитическую или описательную части, может решать проблемные ситуации путем проведения численного моделирования или расчетов, в том числе с использованием ПК. По типу они могут иметь характер задач, расчётов, алгоритмов, программ и т.п.

Контрольные работы выполняются студентами самостоятельно в соответствие с учебным планом.

Структура контрольной работы зависит от специфики изучаемой дисциплины. В общем виде контрольная работа должна содержать: титульный лист, введение, основную часть и заключение.

Во введении приводится формулировка контрольного задания, кратко излагается цель контрольной работы, место и роль рассматриваемого вопроса (проблемы) в изучаемой учебной дисциплине.

Основная часть контрольной работы должна, как правило, содержать основные определения, обоснования и доказательства, описание методики расчёта (формулы), а также иметь ссылки на используемые источники информации. Материал работы и ее отдельные положения должны быть взаимосвязаны. Основная часть может также включать анализ теории вопроса по теме контрольной работы. Здесь же приводятся исходные данные и значения параметров в соответствии с заданием на контрольную работу. После этого излагается ход рассуждений, описывается последовательность расчётов, приводятся промежуточные доказательства и результаты решения всей поставленной задачи.

В заключении формулируются краткие выводы по выполненной контрольной работе, а в её конце приводится список использованных источников информации.

Контрольные работы обучающихся выполняются согласно учебному графику и сдаются преподавателю за месяц до защиты контрольной работы. Преподаватель делает отметку о приеме работы в графике сдачи контрольных работ.

Ведущий преподаватель после проверки на титульном листе ставит оценку («зачтено» или «не зачтено») и подписывается. Выявленные в ходе проверки преподавателем замечания фиксируются на полях работы. Контрольные работы, выполненные с нарушением установленных требований, а также их ксерокопии к рассмотрению не принимаются.

Типичными ошибками, допускаемыми обучающихся при подготовке контрольной работы, являются:

– содержание работы не соответствует цели и поставленным задачам контрольной работы;

– нарушение требований к оформлению контрольной работы;

– использование информации без ссылок на источник;

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «Организация и выполнение работ по эксплуатации промышленного оборудования» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «Организация и выполнение работ по эксплуатации промышленного оборудования».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во -первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов

по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

МДК.03.01 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Специальность
15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (в машиностроении)

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка
форма обучения: очная

на базе среднего общего образования

Автор: Акулов С. А.

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Управление персоналом	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №8 17.04.2019	Протокол №7от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ 5

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ 6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ 7

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ 8

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ 12

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 15

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и

планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к участию в деловых играх и дискуссиях, выполнение письменных домашних заданий, Контрольных работ (рефератов и т.п.) и курсовых работ (проектов), докладов и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Организация работы структурного подразделения*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать формы документов, правила их оформления, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *экзамена*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом по данному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине *«Организация работы структурного подразделения»* являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практической работы);
- подготовка к тестированию;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

дисциплина «ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ»

Тема 1: Основы менеджмента. Планирование работы структурного подразделения организации

1. Что является объектом, предметом организации?
2. Теория организации и ее место в системе научных знаний.
3. Развитие организационной и организационно-управленческой мысли.
4. Организация как система.
5. Социальные организации как открытые системы.
6. Структурное подразделение как подсистема организации.
7. Цели организации и их классификация.
8. Технология организаций.
9. Организационная структура.
10. Что регулирует организационная структура?
11. Основные особенности линейной организационной структуры?
12. Преимущества и недостатки дивизионной организационной структуры?
13. Типы организаций по взаимодействию с внешней средой.
14. Типы организаций по взаимодействию подразделений.
15. Типы организаций по взаимодействию с человеком.
16. Жизненный цикл организации.
17. Структурный подход к анализу организации.
18. Классификации, типы и функции целей.
19. Формальная и неформальная структура организации.
20. Структура управления в организациях.

Тема 2: Функционирование и развитие структурного подразделения

1. Структурный подход к анализу организации.
2. Классификации, типы и функции целей.
3. Формальная и неформальная структура организации.
4. Структура управления в организациях.
5. Стадии процесса управления.

Тема 3: Руководство работой структурного подразделения

1. Делегирование полномочий и ответственности по уровням управления.
2. Координация в организациях структурного подразделения.
3. Принципы развития и функционирования организации.
4. Виды межбригадной и внутрибригадной взаимозависимости.
5. Организационные коммуникации.
6. Классификация коммуникаций.
7. Этапы и элементы процесса коммуникации.
8. Виды, модели, типы коммуникаций. Каналы коммуникации в организациях.
9. Понятие и классификация решений.
10. Критерии эффективных управленческих решений.
11. Этапы принятия управленческих решений.
12. Модель, методы принятия решений.
13. Ранжирование условий принятия решений.
14. Процедуры процесса принятия решений.

Тема 4: Оценка работы структурного подразделения

1. Сущность и содержание понятия эффективности.

2. Качественные и количественные показатели деятельности структурного подразделения.
3. Показатели экономической эффективности: выполнение плана и обязательств, производительности труда, трудовой дисциплины.
4. Социальная и экологическая эффективность.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Адаптация персонала — это процесс приспособления членов коллектива к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды организации.

Административные методы — способы осуществления управленческих воздействий на персонал, базирующиеся на власти, дисциплине и взысканиях.

Аттестация — определение квалификации работника, качества продукции, рабочих мест, уровня знаний учащихся; отзыв, характеристика.

Аудит персонала— диагностический анализ системы работы с персоналом, организации и мотивации трудовой деятельности на предприятии (в организации).

Движение кадров— повышение в должности или квалификации, перевод на другое равноценное рабочее место, понижение в должности, увольнение. Обеспечивает замещение вакантных мест и соблюдение плановой карьеры работников.

Должностные инструкции— основной документ, регламентирующий назначение и место работника в системе управления, его функциональные обязанности, права, ответственность и формы поощрения.

Кадровая политика - определяет генеральную линию и принципиальные установки в работе с персоналом на длительную перспективу.

Качество трудовой жизни — интегральный показатель оценки удовлетворения материальных потребностей и всестороннего развития личности работников. Качество трудовой жизни включает следующие группы показателей: трудовой коллектив, оплату труда, рабочее место, руководство предприятия, служебную карьеру, социальные гарантии и блага.

Коллектив — средняя социальная группа, которая объединяет людей, занятых решением конкретных задач, основана на общности целей, принципов сотрудничества, сочетания индивидуальных и групповых интересов и работает на одном предприятии или организации.

Коммуникация — способ общения и передачи информации от человека к человеку в виде устных и письменных сообщений, языка телодвижений и параметров речи.

Контракт — форма трудового договора между администрацией и принимаемым работником, содержащая порядок приема на работу, организацию труда и времени, деловые и нравственные качества, оплату и стимулирование труда, социальные блага и гарантии, порядок продления и расторжения контракта.

Лидер — глава, руководитель политической партии, общественной организации и др.; лицо, пользующееся большим авторитетом, влиянием в каком-либо коллективе.

Лидерство — это способность влиять на группы людей, чтобы побудить их работать для достижения поставленных целей.

Лидерство ситуационное исследует взаимодействие различных ситуационных переменных для того, чтобы обнаружить причинно- следственную связь в отношениях лидерства, позволяющую предсказать возможное поведение лидера и последствия этого поведения.

Мотивация — процесс побуждения человека к деятельности для достижения целей. Мотив — то, что вызывает определенные действия человека, внутренние и внешние движущие силы.

Научная организация труда включает комплекс вопросов, связанных с рабочим местом работника и его техническим оснащением.

Обучение персонала предназначено для обеспечения соответствия профессиональных знаний и умений работников современному уровню производства и управления.

Оплата труда — основной мотив трудовой деятельности и денежный измеритель стоимости рабочей силы. Обеспечивает связь между результатами труда и его процессом и отражает количество и сложность труда работников различной квалификации.

Организационная структура — состав и соподчиненность взаимосвязанных звеньев (подразделений) управления.

Организация рабочего места — совокупность мероприятий по оснащению рабочего места средствами и предметами труда и их размещению в определенном порядке.

Оценка персонала — определение соответствия работника вакантной или занимаемой должности, которая производится с помощью совокупности методов.

Персонал — все работники (трудовой коллектив, кадры), выполняющие производственные или управленческие операции и занятые переработкой предметов труда с использованием средств труда.

Повышение квалификации — обеспечение соответствия знаний и умений современному уровню организации производства и управления.

Подбор (найм) персонала — формирование резерва кадров на замещение вакантных рабочих мест. Включает процедуры расчета потребности в персонале, модели рабочих мест, способы профессионального отбора кадров и общие принципы формирования резерва кадров на вакантные должности.

Потребности — нужда в чем-то объективно необходимом для поддержания жизнедеятельности и развития организма, человеческой личности и социальной группы.

Презентация — официальное представление вновь созданного предприятия, фирмы, проекта, продукции, товара кругу приглашенных лиц.

Профессиональная подготовка — обучение, осуществляющееся в целях получения профессии или специальности по разным уровням подготовки.

Психологические методы — совокупность способов и приемов воздействия на психику и поведение работников с целью достижения поставленных целей управления.

Расстановка персонала — обеспечение эффективного замещения рабочих мест исходя из результатов комплексной оценки, плановой служебной карьеры, условий и оплаты труда персонала.

Регламентация управления — это совокупность правил, определяющих порядок деятельности государственного органа, предприятия, учреждения и организации.

Резерв кадров — часть персонала, проходящая планомерную подготовку для того, чтобы занять рабочие места более высокой квалификации.

Ролевая структура — деление коллектива по участию сотрудников в творческом процессе на производстве, коммуникационным и поведенческим ролям.

Рынок трудовых ресурсов — совокупность социально-экономических отношений по поводу найма, обучения и использования трудовых ресурсов (занятых, незанятых и учащихся).

Система работы с персоналом — совокупность принципов и методов управления кадрами рабочих и служащих в организации.

Ситуационное лидерство исследует взаимодействие различных ситуационных переменных для того, чтобы обнаружить причинно- следственную связь в отношениях лидерства, позволяющую предсказать возможное поведение лидера и последствия этого поведения.

Социальная структура характеризует трудовой коллектив по социальным показателям (пол, возраст, профессия, квалификация, национальность, образование и др.).

Социологические методы — способы осуществления управленческих воздействий на персонал, основанные на использовании закономерностей социологии.

Стиль руководства — совокупность своеобразных приемов и способов управления, присущих определенному типу руководителя.

Структура персонала — важнейшая составляющая часть организации, включающая состав и соподчиненность взаимосвязанных звеньев управления (кадров).

Трудовые ресурсы — население обоих полов в трудоспособном возрасте (для мужчин в возрасте от 16 до 59 лет, для женщин — от 16 до 54 лет включительно), за исключением неработающих инвалидов войны и труда 1 и II групп и лиц, получающих пенсию по возрасту на льготных условиях, а также лица в нетрудоспособном возрасте (подростки и население старше трудоспособного возраста), занятые в экономике.

Философия организации — это совокупность моральных и административных норм и правил взаимоотношений персонала, подчиненных достижению глобальной цели организации («моральный кодекс»).

Функциональная структура — схема разделения управленческих функций между руководством и отдельными подразделениями.

Штатная структура — документ, содержащий состав подразделений и перечень должностей, размеры должностных окладов и фонд заработной платы.

Экономические методы — способ осуществления управляющих воздействий на персонал на основе использования экономических законов, категорий и товарно-денежных отношений.

Этикет — принятые в обществе формы и правила поведения культурных людей.

Эффективность работы персонала — один из основных оценочных показателей управления, определяемый посредством сопоставления результата (экономии) и затрат на ее достижение

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Практические работы выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практическими работами понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практических работ – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практических работ:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практических работ от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;
- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;
- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практические работы имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;
2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;
3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практических работ следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практической работы необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;
- выполнение практической работы включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;
- если практическая работа выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;
- для выполнения практической работы может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответна имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;
2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;
3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Организация работы структурного подразделения*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Организация работы структурного подразделения*». Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *экзамене* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *экзамене* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание. Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *экзамену* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ высшего
профессионального образования

Новикова Н.А., Глинникова Т. П.

Токарное дело

Учебно-методическое пособие по практической работе

для студентов направления бакалавриата:
15.03.01 - «Машиностроение»,
и среднего профессионального образования
15.02.01 - «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
методической комиссией
горно-механического факультета
«___» _____ 2015 г.
Председатель комиссии
_____проф. БарановскиЙ В. П.

Новикова Н.А., Глинникова Т. П.,

Токарное дело

Учебно-методическое пособие по практической работе

для студентов направления бакалавриата:
15.03.01 - «Машиностроение»,
и среднего профессионального образования
15.02.01 - «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 05 октября 2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Новикова Н.А., Глинникова Т. П.

Токарное дело: Учебное пособие по практической и самостоятельной работе по темам «Обработка металлов давлением», «Сварка», «Обработка металлов резанием», для студентов направления бакалавриата: 15.03.01– «Машиностроение», студентов СПО специальности 15.02.01 - «Монтаж техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)» очного и заочного обучения / Н.А.Новикова, Т. П. Глинникова, – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 120 с.

В учебно-методическом пособии излагаются способы и приемы выполнения токарных работ, устройство и эксплуатация токарно-винторезных станков, приспособлений и инструментов. правила и принципы построения технологических процессов обработки типовых деталей на токарных станках.

Новикова Н.А., Глинникова Т. П.
2017 г.
© Уральский государственный Горный университет

Раздел 1

1.1 Классификация металлорежущих станков

Металлорежущим станком называют технологическую машину, на которой путем снятия стружки с заготовки получают деталь с заданными размерами, формой, взаимным расположением и шероховатостью поверхностей. На станках обрабатывают заготовки не только из металла, но и из других материалов, поэтому термин «металлорежущие станки» устаревает и становятся условным. Заготовкой называют предмет труда, из которого изменением формы, размеров и свойств поверхности изготовляют деталь. Последняя представляет собой продукт труда – изделие, предназначенное для реализации (в основном производстве) или собственных нужд предприятия (во вспомогательном производстве).

Станки могут быть классифицированы по разным признакам, основные из которых рассмотрены ниже.

По **степени универсальности** различают универсальные, специализированные и специальные станки.

Универсальные станки (или станки общего назначения) используют для обработки деталей широкой номенклатуры, ограниченной лишь предельными габаритами, набором инструмента и технологическими операциями.

Специализированные станки используют для обработки однотипных деталей (труб, муфт, коленчатых валов и крепежных деталей) в определенном диапазоне размеров.

Специальные станки применяют для обработки одной определенной детали, реже - нескольких однотипных деталей.

Специализированные и специальные станки используют в основном в крупносерийном и массовом производствах.

По **степени точности** обработки станки делят на пять классов:

- *нормальной точности* (Н); к этому классу относят большинство универсальных станков;

- *повышенной точности* (П); при изготовлении станков этого класса на базе станков нормальной точности предъявляют повышенные требования к точности обработки ответственных деталей, качеству сборки и регулировки станка;

- *высокой точности* (В), достигаемой за счет специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, качеству сборки и регулировки станка в целом;

- *особо высокой точности* (А), при изготовлении которой предъявляют еще более жесткие требования, чем при изготовлении станков класса В;

- *особо точные* (С) станки, или мастер-станки.

Для обеспечения точности работы станков класса В, А и С необходимо поддерживать в производственных помещениях постоянные, автоматически регулируемые значения температуры и влажности.

По степени автоматизации различают механизированные и автоматизированные станки (автоматы и полуавтоматы).

Механизированный станок имеет одну автоматизированную операцию, например зажим заготовки или подачу инструмента.

Автомат, осуществляя обработку, производит все рабочие и вспомогательные движения цикла технологической операции и повторяет их без участия рабочего, который лишь наблюдает за работой станка, контролирует качество обработки и, при необходимости, подналаживает станок, т.е. регулирует его для восстановления достигнутых при наладке точности взаимного расположения инструмента и заготовки, качество обрабатываемой детали. (Под циклом понимают промежуток времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготовляемых деталей.)

Полуавтомат – станок, работающий с автоматическим циклом, для повторения которого требуется вмешательство рабочего. Например, рабочий должен снять деталь и установить новую заготовку, а затем включить станок для автоматической работы в следующем цикле.

По расположению шпинделя станки делятся на *горизонтальные, вертикальные, наклонные и комбинированные*.

В зависимости от массы различают легкие (до 1 т), средние (до 10 т) и тяжелые, или уникальные (более 100 т).

Совокупность всех типов и размеров выпускаемых станков называется *типажом*. Для обозначения модели станка, выпускаемого серийно, принята классификация, разработанная Экспериментальным научно – исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС), в соответствии с которой все станки делят на девять групп

(таблица 1). Каждая группа, в свою очередь, подразделяется на девять типов, характеризующих назначение станка, его компоновку и другие особенности.

Модель станка обозначается тремя или четырьмя цифрами с добавлением в некоторых случаях букв. Таким образом, обозначение токарно-винторезного станка модели 16К20П следует расшифровать так: токарно-винторезный станок (первые две цифры) с высотой центров (половина наибольшего диаметра обработки) 200 мм, повышенной точности П и очередной модификации К. При обозначении станков с числовым программным управлением (ЧПУ) добавляют еще буквы и цифры, например 16К20ПФ3 (Ф№ - числовое управление тремя координатными движениями).

Для обозначения специальных и специализированных станков каждому станкостроительному заводу присвоен индекс из одной или двух букв, после которого ставится регистрационный номер станка. Например, Московское станкостроительное ОАО «Красный пролетарий» имеет индекс МК.

Таблица 1. Обозначение моделей металлорежущих станков, выпускаемых в России (на 1990г.)

Наименование	Группа	Тип станка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы: одношпиндельные	Автоматы и полуавтоматы: многошпиндельные	Токарно-револьверные	-	Карусельные	Токарные и лобо-токарные	Много-резцовые и копировальные	Специали-зирован-ные	Разные токарные
Сверлильные и расточные	2	Настольно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы: одношпиндельные	Полуавтоматы: многошпиндельные	Координатно-расточные	Радиально- и координатно-сверлильные	Расточные	Отлелочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	Кругшлифовальные, бесцентровошлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоско-шлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные абразивные
Электрофизические и электрохимические	4	-	Светолучевые	-	Электрохи-мические	Электроискро-вые	-	Электро-эррозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические	-
Зубо –и резьбообрабатывающие	5	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофре-зерные	Зубоотделоч-ные, проверочные и обкатные	Зубо-и резьбошлифо-вальные	Разные зубо и резьбообрабаты-вающие
Фрезерные	6	Вертикально-фрезерные, консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоеч-ные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	Продольные: одностоечные	Продольные: двухстоечные	Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания: внутреннего	Протяжные вертикальные для протягивания: наружного	-	Разные строгальные
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные: Токарным резцом	Отрезные, оснащенные: Шлифовальным кругом	Отрезные, оснащенные: Гладким или насеченным диском	Правильно-отрезные	Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	-	-
Разные	9	Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасека-тельные	Правильно-и бесцентровальные	-	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировоч-ные	-	-

1.2 Точность станков и качество обработки

Качество обработки на станке непосредственно связано с его точностью, которая характеризует степень влияния различных погрешностей станка (геометрических, кинематических, упругих, температурных и динамических) на точность изготовляемых деталей.

Геометрические погрешности зависят от точности изготовления деталей и сборки станка, а также его износа в процессе эксплуатации. Они влияют на точность взаимного расположения режущего инструмента и заготовки в процессе формообразования.

Кинематические погрешности определяются ошибками в передаточных числах различных передач кинематической цепи, возникающими вследствие погрешностей отдельных элементов станка (зубчатых колес, червяков, винтовых пар и др.).

Упругие погрешности связаны с деформациями станка, которые вызывают изменения взаимного расположения инструмента и заготовки под действием сил резания, и характеризуются жесткостью станка, т.е. его способностью сопротивляться образованию деформации.

Температурные погрешности возникают, главным образом, вследствие неравномерного нагрева различных элементов станка в процессе его работы (что приводит к изменению начальной геометрической точности) и оказывают существенное влияние на качество обработки деталей, особенно высокоточных.

Динамические погрешности связаны с относительными колебаниями инструмента и заготовки. Они ухудшают качество обработки, могут снижать стойкость режущего инструмента и долговечность станка.

Кроме указанных погрешностей станка на качество обработки значительное влияние оказывают погрешности режущего инструмента, возникающие при его изготовлении и установке на станке, а также износ режущей части в процессе эксплуатации.

1.3 Организация рабочего места станочника

Рабочее место станочника - это участок производственной площади цеха, на котором расположен станок с комплектом приспособлений, вспомогательного и режущего инструмента, а также техническая документация и другие предметы и материалы, находящиеся непосредственно в распоряжении рабочего. Рабочее место является основным звеном любой производственной структуры, где производят механическую обработку на станках, поэтому очень важно, чтобы оно было рационально организовано.

Под организацией рабочего места понимают упорядоченное расположение станка (станков при многостаночном обслуживании), организационной оснастки (т.е. инструментальных шкафов, подносов и лотков для инструментов, стеллажей для станочных приспособлений, планшетов и рамок для технической документации и др.), а также других устройств, обеспечивающих станочнику необходимые условия для высокопроизводительной и безопасной работы. Рациональная организация рабочего места включает в себя его планировку, оснащение и обслуживание.

Под *планировкой* понимают наиболее целесообразное размещение на производственной площади рабочего и станочного оборудования, материалов, подъемно-транспортных средств и оргоснастки. При планировании рабочего места в первую очередь необходимо учитывать рабочее положение станочника, а также значение и характер рабочих усилий (статических, динамических), объем и темп выполняемых движений, степень точности операций и т. п. Для осуществления подавляющего большинства станочных работ характерна рабочая поза стоя (вертикальное положение туловища или наклон его вперед на 10... 15°), обеспечивающая наилучшие условия для обзора, возможность развития больших усилий и движений с большим размахом.

Оснащение рабочего места включает в себя технические средства, необходимые для производства определенных видов работ и их контроля (станки, подъемно-транспортные устройства, технологическую и организационную оснастку, измерительные приспособления), а также средства, обеспечивающие комфортные условия и безопасность труда на рабочем месте (соответствующее освещение, ограничение уровня шума и вибраций, средства связи, эстетические мероприятия и др.).

Технологическая оснастка - это средства, обеспечивающие выполнение технологического процесса с заданными параметрами: станочные приспособления, режущий, вспомогательный и измерительный инструменты.

Организационная оснастка - это средства для размещения и хранения технологической оснастки, а также для облегчения труда и обеспечения его безопасности. Обычно в нее входят: средства для хранения станочных приспособлений, режущего, вспомогательного и измерительного инструмента (шкафы, тумбочки, этажерки и т.п.); средства для хранения материалов, заготовок и обработанных деталей (тара, стойки, стеллажи и пр.); средства для размещения технической и технологической документации (планшеты, полки, ящики и др.); средства, обеспечивающие нормальные условия протекания технологического процесса (производственная мебель, местное освещение, средства связи и т.п.).

Все рабочие места станочников в обязательном порядке оснащают решетками под ноги либо ступеньками со сплошным настилом. Их следует изготовлять из электроизоляционных материалов (сухой древесины, пластмассы). Решетки применяют в тех случаях, когда при обработке образуется большое количество стружки; детали, обрабатываемые на шлифовальных станках, имеют малые припуски, поэтому около таких станков удобнее иметь ступеньку со сплошным настилом. Высоту расположения решеток и ступенек от пола выбирают в зависимости от роста рабочего, а их габаритные размеры - исходя из того, чтобы не было перенапряжения мышечно-связочного аппарата рабочего (подсознательная боязнь оступиться заставляет рабочего постоянно держать мышцы ног в напряженном состоянии, что вызывает их хроническое утомление, сопровождаемое дрожанием или сведением мышц судорогой).

Обслуживание рабочего места - это комплекс мероприятий по обеспечению его средствами и предметами труда, а также услугами с целью создания необходимых условий для высокопроизводительной, ритмичной и безопасной работы. Особое внимание при обслуживании рабочего места уделяется ежедневной уборке станка и околостаночного пространства (очистка от стружки, смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), масла и др.). Эту работу выполняет станочник.

1.4 Условия и охрана труда. Производственные санитарно-гигиенические нормы

В процессе труда человек вступает во взаимодействие с предметами и орудиями труда, а также с другими людьми. Кроме того, на него воздействуют различные факторы производственной обстановки (температура, влажность и условия вентиляции воздуха, шум, вибрация, вредные вещества, различные излучения и т.д.). Все это в совокупности характеризует *условия труда* человека. Улучшению условий труда придается очень большое значение, так как от них в значительной степени зависят здоровье и работоспособность человека, его отношение к труду и результаты этого труда.

Для целенаправленной деятельности по улучшению условий труда факторы, воздействующие на них, объединены в три группы.

Первая группа факторов обусловлена господствующими в обществе производственными отношениями. Сюда относятся: нормативно-правовые факторы (законы о труде, правила, нормы, стандарты и т.п., практика государственного и общественного контроля за их соблюдением), социально-психологические факторы, характеризующие отношение работника к труду, психологический климат в коллективе и т.п.; общественно-политические и экономические факторы (система льгот и компенсаций, моральное и материальное стимулирование).

Вторая группа факторов оказывает непосредственное воздействие на формирование материально-вещественных элементов труда, предметы и орудия труда, технологические процессы, организационные формы производства, применяемые режимы труда и отдыха.

Третья группа факторов характеризует воздействие на работников климатических, геологических и биологических особенностей местности, где протекает работа.

В процессе производства этот сложный комплекс факторов, воздействующих на формирование условий труда, объединен многообразными взаимными связями.

Охрана труда - это система технических, санитарно-гигиенических, организационных и правовых мероприятий, непосредственно направленных на обеспечение безопасных для жизни и здоровья человека условий труда. Требования по охране

труда сформулированы в Трудовом кодексе Российской Федерации (ТК РФ), а конкретизированы они в общих, межотраслевых и отраслевых правилах по технике безопасности и в санитарных нормах.

Профилактика травматизма на производстве обеспечивается внедрением техники безопасности, профилактика профессиональных заболеваний - нормализацией условий труда. Безопасность труда должна учитываться уже на стадии проектирования и монтажа оборудования, в расчетах его на прочность и надежность, при выборе его эксплуатационных параметров, технологических процессов и материалов, при механизации тяжелых, трудоемких, опасных и вредных работ, организации рабочих мест. При проектировании предприятий предусматриваются системы улавливания, обезвреживания и утилизации отходов. К мероприятиям по технике безопасности относят также применение предохранительных устройств, приборов, систем (ограждения, блокировки, заземления и зануления, автоматического отключения и др.); установку сигнализации и маркировку оборудования, инструмента и приборов; нормирование условий труда (режима труда и отдыха); надзор за ведением работ и др. Комплекс мероприятий по охране труда включает в себя также подготовку персонала (профессиональный, медицинский и психологический отбор, обучение, тренировки, инструктирование) и его обеспечение средствами индивидуальной защиты, а также аварийно-спасательные меры.

Под *безопасностью труда* понимается комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на создание безопасных условий труда. Требования к безопасности труда стандартизованы государством и объединены в два направления:

- разработка специальных стандартов, отражающих требование к созданию безопасных и здоровых условий труда;
- включена в стандарты и технические условия специального раздела «Требования безопасности».

Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях установлен ГОСТ 1.26—77 «ГСС. Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях» и

«Методическими указаниями о порядке согласования проектов стандартов и технических условий с профсоюзными органами» (РД 50-111—81). Внедрение этого порядка означает, что в Российской Федерации практически ни одно изделие не может быть выпущено, если его конструкция не удовлетворяет требованиям безопасности. Новое оборудование специально сертифицируется на соответствие требованиям безопасности труда.

Первое направление стандартизации реализовано в разработке системы стандартов безопасности труда (ССБТ), которая представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Существуют государственные, отраслевые, республиканские стандарты и стандарты предприятий. Требования охраны труда систематизированы и взаимосвязаны. К разработке государственных стандартов, которая, как правило, проводится на основе глубоких научных исследований новейших достижений науки и техники, широко привлекаются ученые, специалисты различных отраслей народного хозяйства, работники служб охраны труда, комитеты профсоюзов.

Общие требования, которые разрабатываются при конструировании оборудования, позволяют обеспечить безопасность при его эксплуатации.

Эти требования были сформулированы в ГОСТ 12.2.003-91. В дополнение к этому ГОСТу были также разработаны и введены в действие стандарты по технике безопасности на отдельные группы оборудования, например на металлообрабатывающие станки - ГОСТ 12.2.009-99.

В каждом цехе имеются специальные инструкции, в которых, кроме общих требований техники безопасности, приведены специфические требования, характерные для цеха, в котором установлен станок. Инструктаж по правилам безопасности на каждом рабочем месте проводит мастер. Рациональная организация рабочего места, выполнение правил эксплуатации станка, и соблюдение правил безопасности являются важнейшими условиями высокопроизводительного труда.

В основе создания техники безопасности в станках (как и в другом технологическом оборудовании) заложен принцип перехода от техники безопасности к безопасной технике.

Гигиена — это область медицины, в которой изучают влияние условий жизни и труда на здоровье человека, разрабатывают меры профилактики профессиональных заболеваний. *Гигиена труда* - это раздел общей гигиены, в котором изучают влияние трудовой деятельности и производственной среды на организм человека, разрабатывают меры и санитарно-гигиенические нормативы, направленные на оздоровление условий труда и предупреждение профессиональных заболеваний.

Метеорологические условия, в которых осуществляется трудовая деятельность любого человека, определяются сочетанием температуры воздуха, его скорости движения и относительной влажности, барометрическим давлением и тепловым излучением нагретых поверхностей. Рабочий-станочник обычно трудится в помещении (цехе предприятия), поэтому совокупность перечисленных показателей (за исключением барометрического давления) принято называть микроклиматом производственного помещения. Существенное отклонение значений параметров микроклимата рабочей зоны от оптимальных может быть причиной ряда физиологических нарушений, в организме работающих, привести к резкому снижению работоспособности и даже к профессиональному заболеванию.

Для нормализации микроклимата используют различные способы: рациональное размещение оборудования; механизацию и автоматизацию производственных процессов; внедрение более рациональных технологических процессов и оборудования; рациональную тепловую изоляцию оборудования и защиту работающих от источников теплового излучения; создание систем вентиляции и отопления; разработку режимов труда и отдыха; использование средств индивидуальной защиты рабочего-станочника и пр. При этом на мероприятия и устройства вентиляции, отопления и освещения производственных помещений вводятся санитарно-гигиенические нормы. Гигиеническое нормирование распространено на шум, вибрацию, инфразвук и другие явления (в зависимости от их воздействия на организм человека).

Например, основным нормативным документом в области вибрации является ГОСТ 12.1.012—78 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности». Вибробезопасными называются условия труда, при которых производственная вибрация не оказывает на

работающего неблагоприятного воздействия даже в крайних своих проявлениях (т. е. не приводит к профессиональному заболеванию - вибрационной болезни). Классификация методов и средств вибрационной защиты приведена в ГОСТ 12.4.046—78.

Раздел 2 РАБОТА НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ

Тема 2.1 Управление токарным станком

Оснащение рабочего места: токарно-винторезный станок модели 1К62; плакаты – общий вид станка, кинематическая схема станка, органы управления станком, таблицы частот вращения шпинделя и подач; образцы токарных работ; наборы режущих и измерительных инструментов и приспособлений, применяемых на токарных станках (резцы, штангенциркули, микрометры, центры, патроны, планшайбы, люнеты и т.п.); заточные станки моделей 3Б634 или 362В; бруски шлифовальные; образцы шлифовальных кругов; масленка, шприц, щетка-сметка, ветошь, защитные очки.

Токарная обработка (точение) – один из самых распространенных видов обработки металлов резанием, осуществляемый на станках токарной группы. Детали, обраба заемые на этих станках, делятся на три класса, валы, диски, втулки. Наиболее распространенные операции, выполняемые на станках токарной группы, показаны на рис 2.1. а…л.

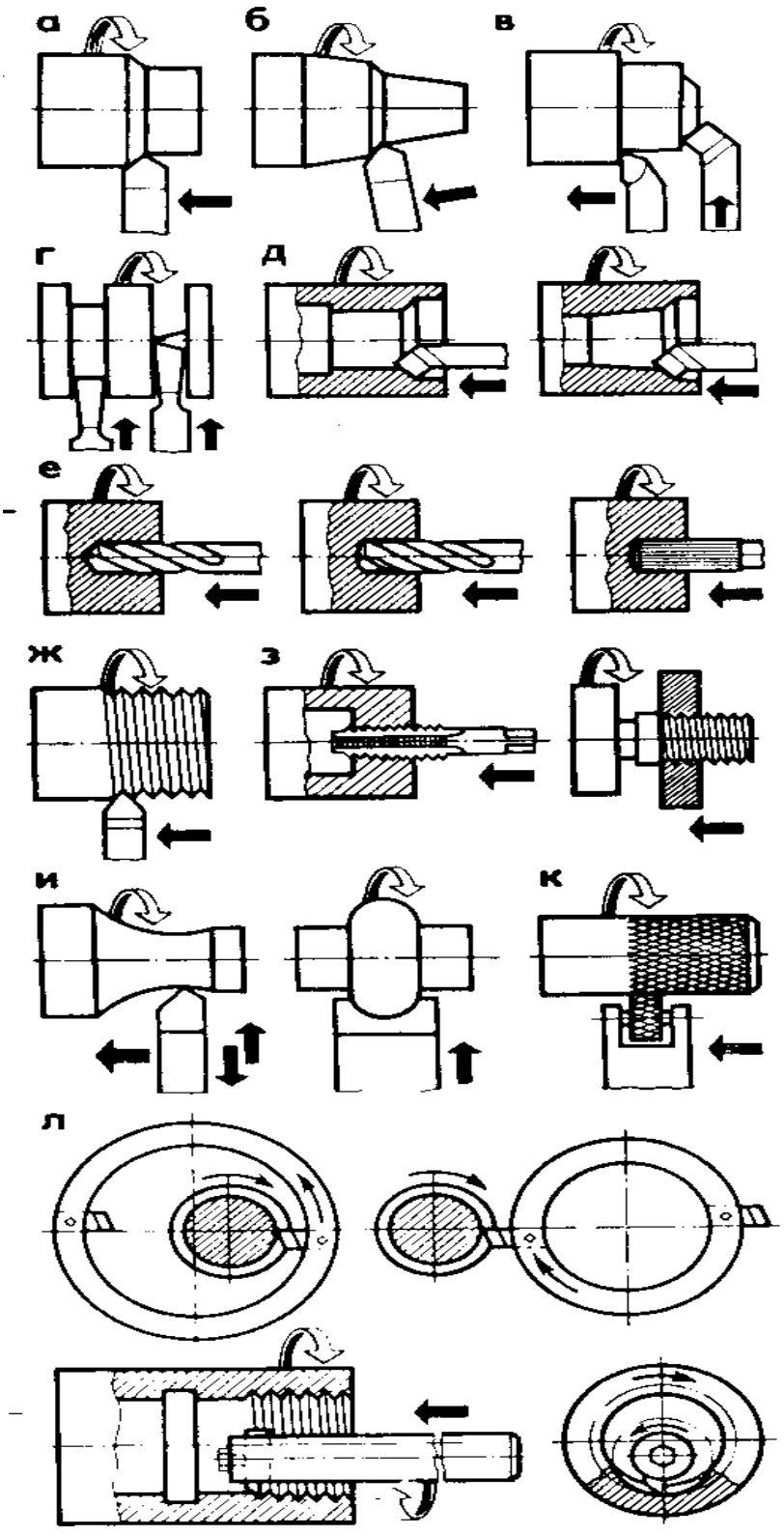


Рис.2.1 Виды работ, выполняемые на токарных станках
а – обтачивание наружных цилиндрических поверхностей; *б*- обтачивание наружных конических поверхностей; *в* – обтачивание торцов и уступов; *г* – прорезание канавок и отрезание; *д* – растачивание отверстий; *е* – сверление, зенкерование и развертывание; *ж* – нарезание резьбы резцами; *з* – нарезание резьбы метчиками и плашками; *и* – фасонное обтачивание; *к* – накатывание рифленных поверхностей; *л* – вихревое нарезание резьбы

Рабочее место токаря состоит из токарного станка, технологической и организационной оснастки, элементов, обеспечивающих охрану труда и санитарно- гигиенические условия работы.

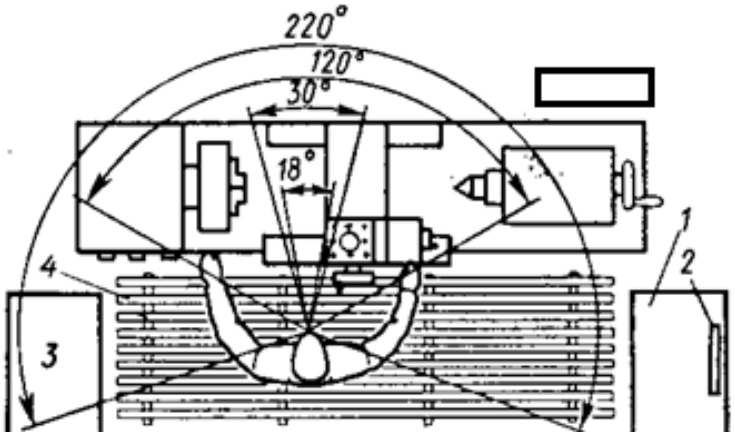


Рис. 2.2 Рабочее место токаря

На рисунке 2.2. дан пример организации рабочего места токаря. Справа от рабочего расположена инструментальная тумбочка (шкаф) 1 для хранения инструментов и приспособлений, слева – приемный столик 3 или тара для заготовок и обработанных деталей. На тумбочке 1 располагается планшет 2 для технологической документации. Около станка должна находиться деревянная подножная решетка 4, высота которой подбирается по росту учащегося. Согласно требованиям НОТ инструментальная тумбочка (рис 2.3.) должна иметь ящики и полки для хранения режущего, контрольно-измерительного, вспомогательного и крепежного инструмента, центров, патронов и планшайб.

Рабочее место токаря состоит из токарного станка, технологической и организационной оснастки, элементов, обеспечивающих охрану труда и санитарно- гигиенические условия работы.

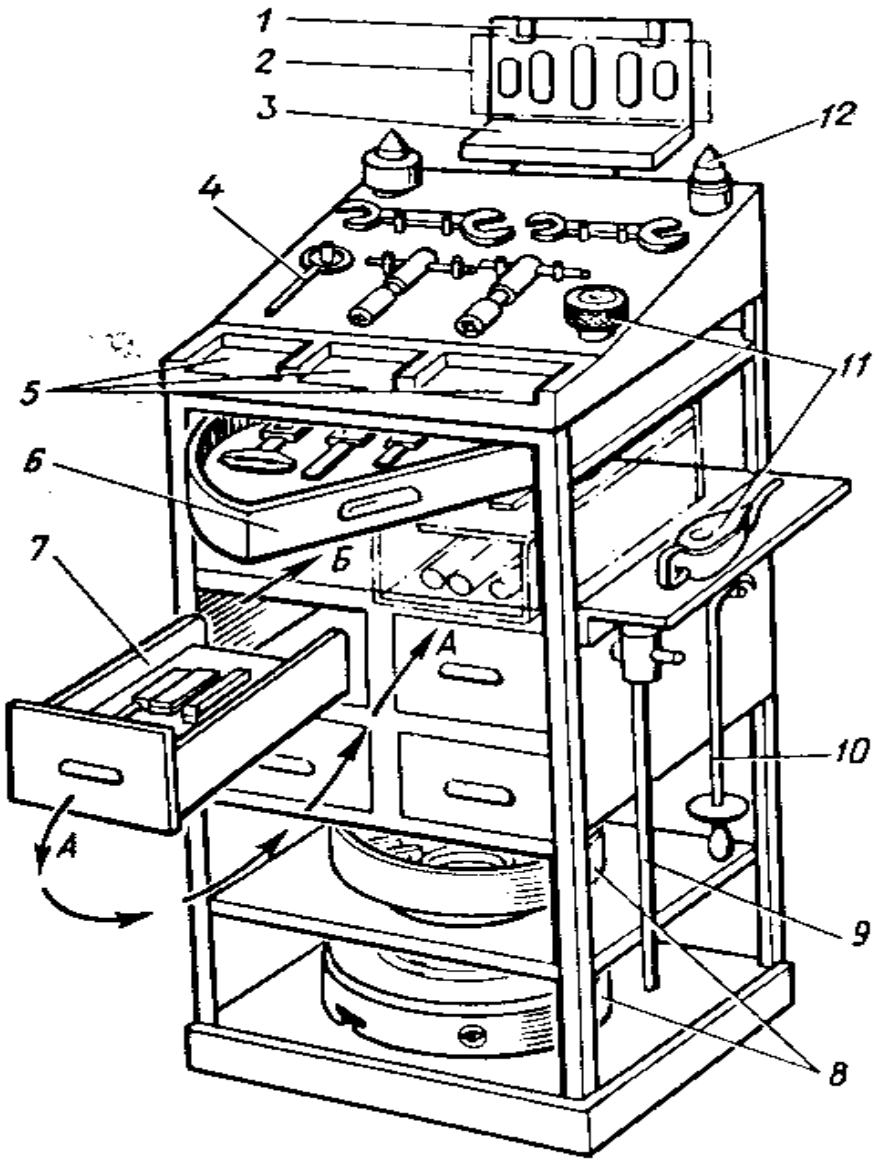


Рис.2.3 Инструментальная тумбочка токаря

1 – планшет для закрепления чертежа; 2 – рабочий чертеж или технологическая карта; 3 – полочка для измерительного инструмента; 4 – верхняя наклонная полка (столешница) для крепежного инструмента; 5 – место для часто используемого инструмента; 6 – поворотный ящик для хранения измерительного инструмента; 7 – ящик для хранения режущего инструмента:

А – повернутый открытой стороной; Б – место для часто используемого инструмента;

8 – патроны и планшайбы; 9 – латунная выколотка центров; 10 – крючок для удаления стружки; 11 – масленки; 12 – центра

Для ежедневного ухода за токарно-винторезным станком и его смазки на рабочем месте должны находиться специальный шприц, масленка и щетка-сметка.

Ежедневно, перед началом работы на станке, необходимо смазать все трущиеся части суппорта, направляющие, резьбу ходового винта, задней бабки, подшипники. Смазка производится с помощью специального шприца и масленки. Места смазки станка показаны на рис. 2.4.

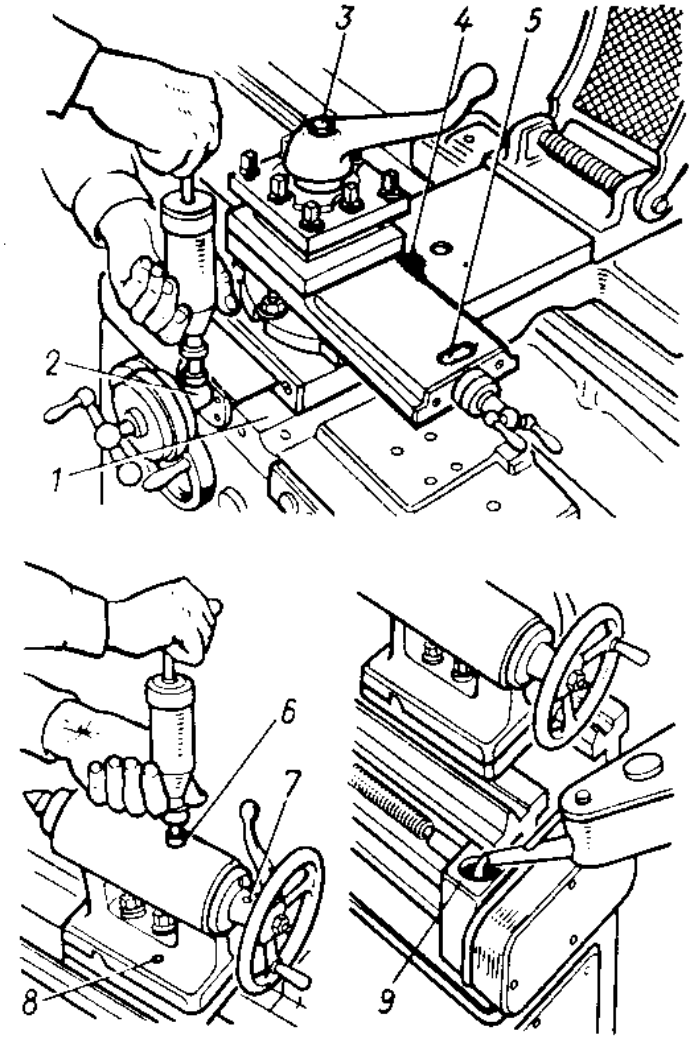


Рис.2.4 Места ежедневной смазки токарного станка 1К62
1 – поперечные направляющие; 2 – винт поперечной подачи; 3 – винт и гайка резцедержателя; 4 – гайка поперечной подачи; 5 – винт верхних салазок суппорта; 6 – пиноль задней бабки; 7 – шейка винта пиноли; 8 – направляющие основания задней бабки; 9 –подшипники ходового винта и ходового вала.

При работе на токарном станке необходимо кроме общих правил техники безопасности, указанных в разд. 1.2, соблюдать следующие меры предосторожности: поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте; помещать инструмент и заготовки на места, специально отведенные для них; применять защитные очки при обработке металлов, дающих отлетающую стружку (стружку

надлома и элементную), или пользоваться защитным экраном; перед включением электродвигателя выключить (поставить в нейтральное, т.е. среднее положение) все рычаги управления; при смене инструмента, установке и снятии обрабатываемой заготовки, уборке, чистке и смазке станка обязательно выключить вращение шпинделя, а при более длительных паузах – выключить электродвигатель; не класть на направляющие станины заготовки, инструмент и другие предметы; по окончании работы на станке снять инструмент и приспособления, убрать стружку (крючком и щеткой), протереть рабочие части и трущиеся поверхности станка обтирочным материалом, смазать и сдвинуть заднюю бабку на правый конец станины, переместить каретки суппорта в среднее положение, поперечные салазки вместе с резцедержателем переместить от оси центров до переднего края поперечных направляющих; не мыть руки эмульсией, маслом, керосином и не вытирать их использованным (содержащим мелкую металлическую стружку) обтирочным материалом; сдать рабочее место мастеру или дежурному по мастерским, обязательно сообщив при этом о замеченных недостатках в работе станка.

Наиболее универсальными и распространенными в учебных мастерских являются токарно-винторезные станки моделей 1К62 и 1А616, а также новой модели 16К20. Все тренировочные упражнения и изучение приемов работы на токарных станках в данном пособии приводятся для модели 1К62, как наиболее приспособленных для учебных целей.

На рисунке 2.5. показан токарно-винторезный станок модели 1К62 и его основные узлы и органы управления. Станок состоит из станины установленной на тумбах, передней (шпиндельной) бабки, суппорта с резцедержателем и фартуком, задней бабки. Станина является основанием и служит для монтажа всех основных узлов станка. По направляющим станины перемещаются каретка суппорта и задняя бабка. Передняя бабка имеет внутри коробку скоростей со шпинделем, на переднем конце которого закрепляется патрон или планшайба для установки обрабатываемой заготовки. Суппорт предназначен для крепления резцов в резцедержателе и перемещения их в продольном, поперечном и угловом направлениях. Для перемещения инструмента суппорт имеет трое салазок (кареток): продольные, поперечные и верхние. Коробка

подач и гитара сменных зубчатых колес служат для налаживания станка на необходимую подачу или шаг нарезаемой резьбы.

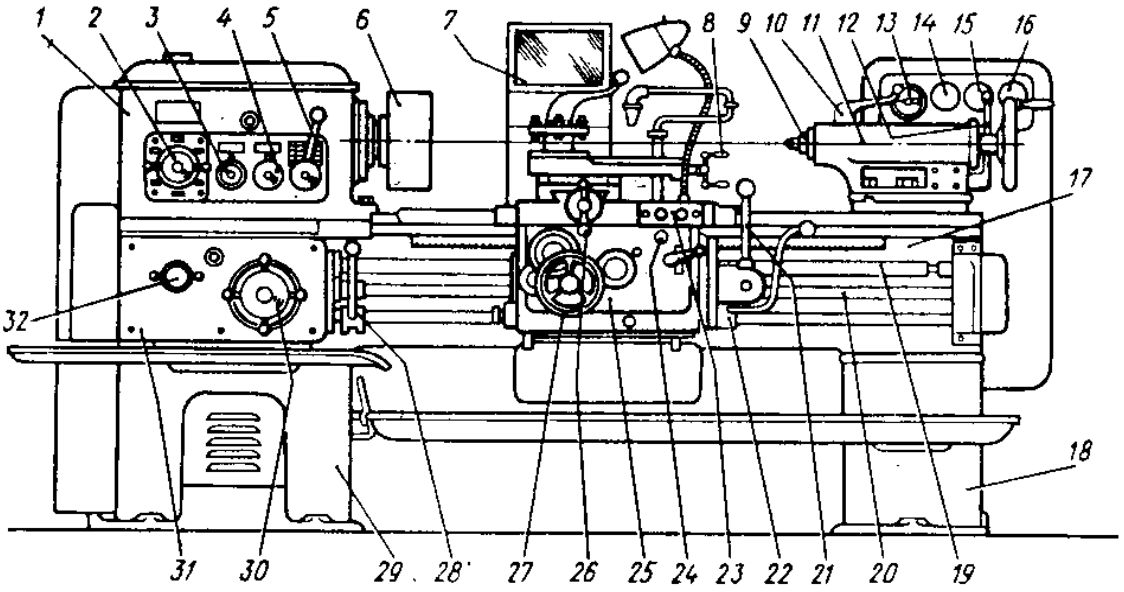


Рис. 2.5 Органы управления и основные части токарно-винторезного станка 1К62

1 – передняя бабка; 2, 5 – рукоятки настройки вращения шпинделя; 3, 4 – рукоятки настройки шаг нарезаемой резьбы; 6 – патрон для зажима заготовки; 7 – предохранительный защитный экран; 8 – рукоятка перемещения резцовых салазок суппорта; 9 – выдвижная пиноль задней бабки; 11 – задняя бабка; 12 – рычаг закрепления задней бабки; 13 – амперметр контроля нагрузки главного электродвигателя; 14 – переключатель насоса охлаждения «включено-выключено»; 15 – главный переключатель «включено-выключено»электросети; 16 – переключатель освещения; 17- станина; 18 – правая тумба; 19 – ходовой винт; 20 – ходовой вал; 21 – рукоятка переключения продольных и поперечных перемещений (подач) суппорта; 22 – правая рукоятка включения, остановки и реверсирования вращения шпинделя (дублирующая); 23 – кнопочная станция пуска и остановки главного электродвигателя «Пуск», «Стоп»; 24 – рукоятка включения разъемной гайки ходового винта; 25 – фартук суппорта; 26 – рукоятка ручного перемещения поперечной каретки суппорта; 27 – маховик ручного перемещения продольной каретки суппорта; 28 – левая рукоятка включения, остановки и реверсирования вращения шпинделя (дублирующая); 29 – левая тумба; 30 – барабан настройки на заданную продольную и поперечную подачи; 31 – коробка движения подач; 32 – рукоятка настройки станка на заданную скорость подачи или тип резьбы.

От коробки подач движение на суппорт поступает через ходовой винт, при нарезании резьбы, или через ходовой вал, когда необходимо осуществить движение продольной и поперечной подачи при обтачивании заготовок. Задняя бабка служит для поддержания свободного конца длинных заготовок. Она состоит из трех основных частей: корпуса, пиноли и плиты. В коническое отверстие пиноли устанавливают центр или инструмент (сверло, зенкер и т.п). Корпус задней бабки можно смещать в поперечном

направлении для обтачивания конусных поверхностей. Токарные станки оснащены устройствами для ускоренной подачи суппорта и механизма для быстрой остановки вращения шпинделя и автоматического отключения подачи суппорта при перегрузке.

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 2.6

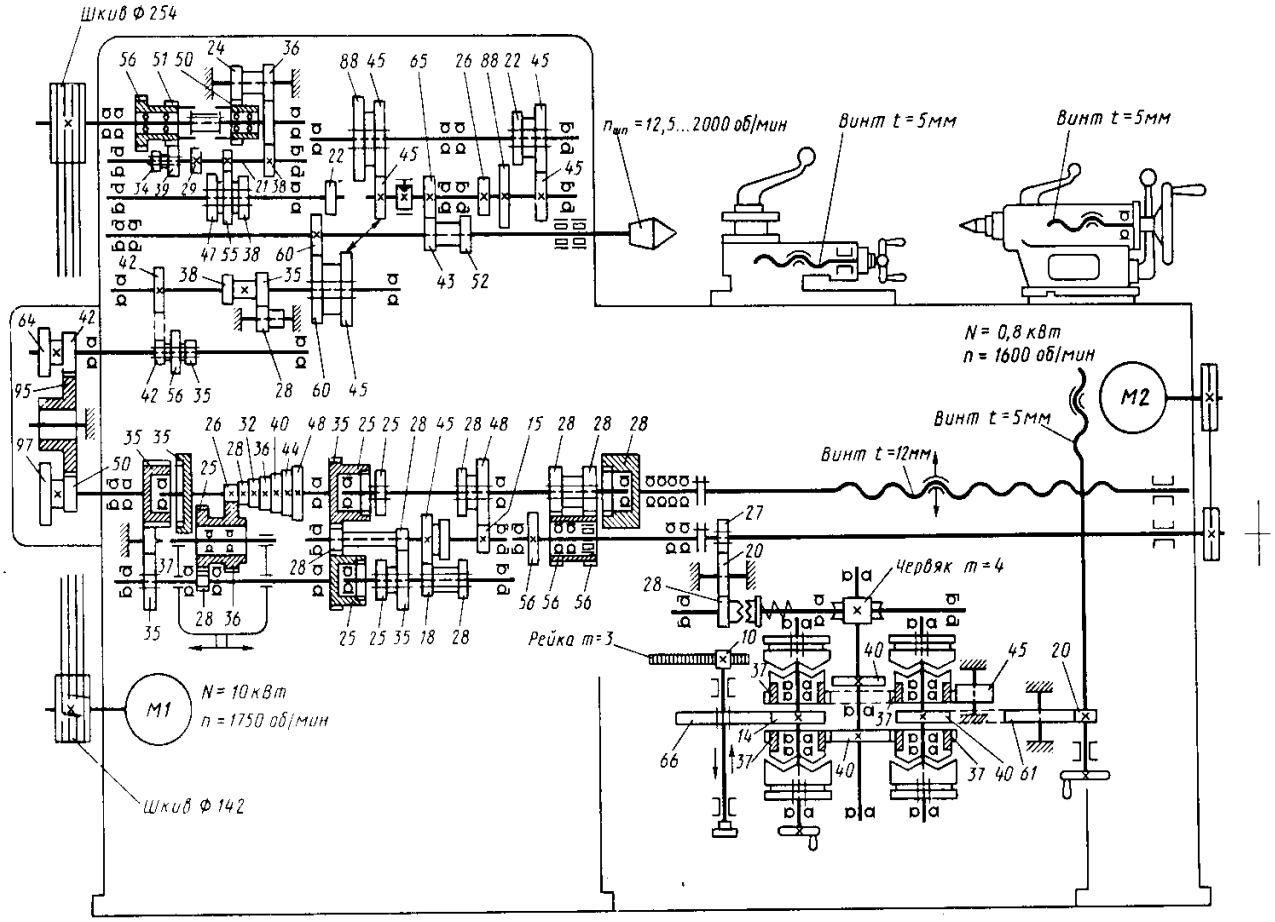


Рис. 2.6 Кинематическая схема токарно-винторезного станка 1К62 (цифрами обозначены числа зубьев колес)

На передней бабке станка помещены указатели положения рукояток настройки и таблицы частот вращения шпинделя, значений заданных подач, сменных зубчатых колес для различных видов и шагов резьб. (рис. 2.7)

От коробки подач движение на суппорт поступает через ходовой винт, при нарезании резьбы, или через ходовой вал, когда необходимо осуществить движение продольной и поперечной подачи при обтачивании заготовок. Задняя бабка служит для поддержания свободного конца длинных заготовок. Она состоит из трех основных частей: корпуса, пиноли и плиты. В коническое отверстие пиноли устанавливают центр или инструмент (сверло, зенкер и т.п). Корпус задней бабки можно смещать в поперечном

направлении для обтачивания конусных поверхностей. Токарные станки оснащены устройствами для ускоренной подачи суппорта и механизма для быстрой остановки вращения шпинделя и автоматического отключения подачи суппорта при перегрузке.

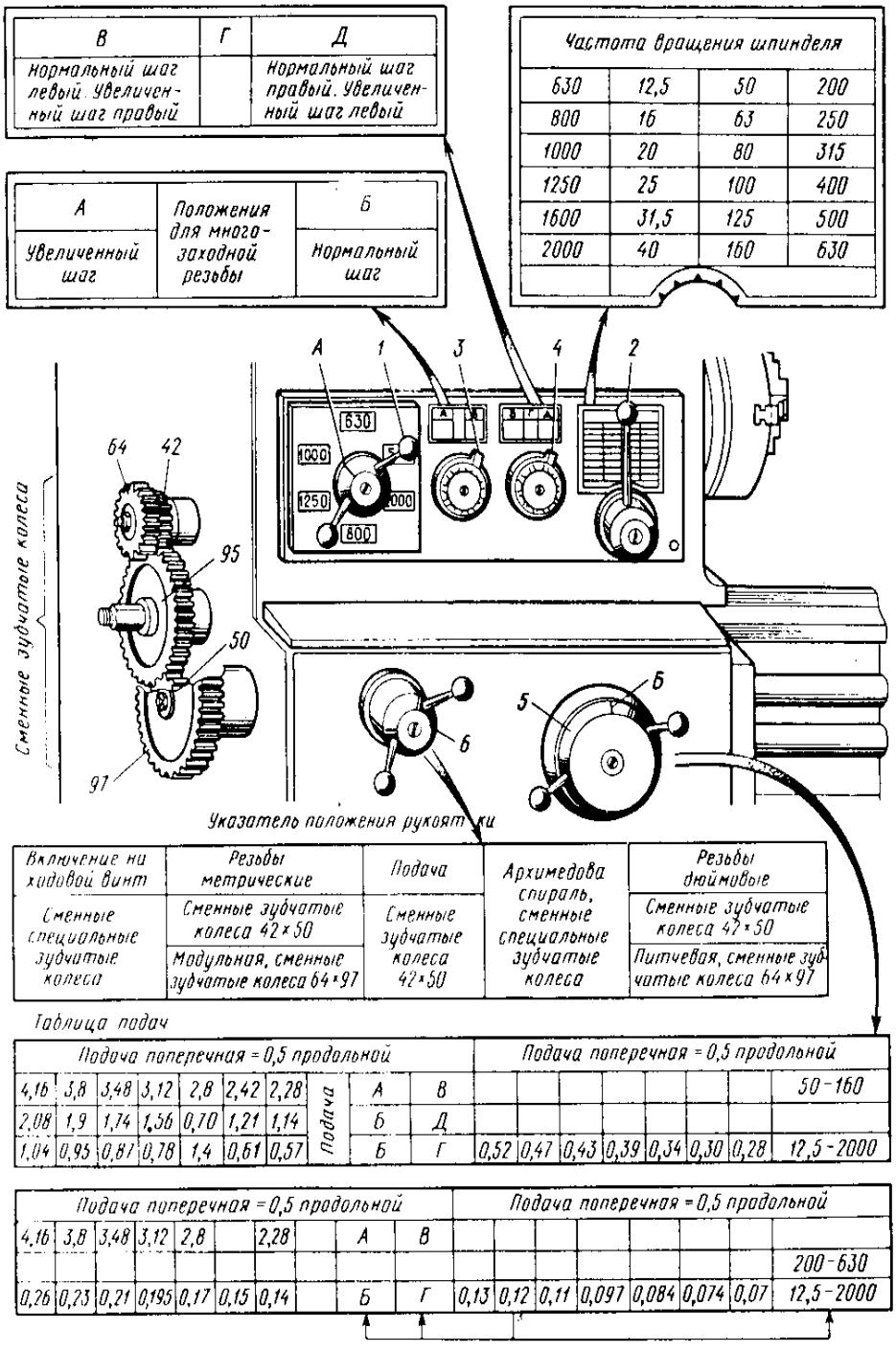


Рис. 2.7 Указатели положения рукояток настройки на передней бабке токарного станка 1К62

Режущим инструментом, применяемым на токарных станках, являются резцы, которые по виду обработки делятся на проходные, подрезные, отрезные, прорезные, галтельные, резьбовые, фасонные и расточные: расточные в свою очередь, делятся на резцы для обработки сквозных отверстий, расточки канавок, нарезания резьбы.

По направлению движения подачи резцы делятся на правые и левые (рис 2.8.). Правыми резцами называются такие, у которых при наложении на них сверху ладони правой руки главная режущая кромка оказывается расположенной на стороне большого пальца. При работе такими резцами на токарном станке они перемещаются справа налево. По форме головки и ее расположению относительно оси тела резцы разделяются на прямые (рис 2.9. а), отогнутые (рис 1.9. б), изогнутые (рис. 2.9. в) и с оттянутой головкой (рис. 2.9. г).

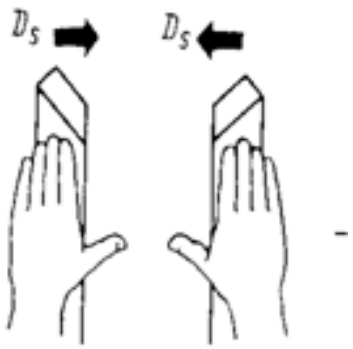


Рис.2.8 Формы резцов в зависимости от направления движения подачи

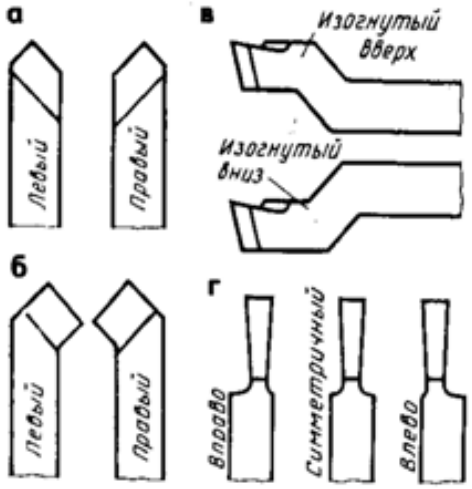


Рис. 2.9 Резцы с различной формой и расположением головки

Геометрические элементы резцов зависят от свойств обрабатываемого материала, материала режущей части резца, сечения среза, вида обработки, требуемой шероховатости поверхности, жесткости системы СПИД и др. Рационально выбранные геометрические элементы резца и форма передней поверхности для заданных условий резания должны обеспечить наибольшую стойкость инструмента или наибольшую скорость

главного движения резания. Такая геометрия называется оптимальной и выбирается из соответствующих справочников по режимам резания и конструированию режущего инструмента.

Режущая часть инструмента (резца, зубила, зуба напильника, сверла, фрезы, зерна шлифовального круга) представляет собой форму клина, с помощью которого производится отделение стружки от обрабатываемой заготовки. Любой инструмент имеет много общего с резцом, на примере которого ознакомимся со всеми поверхностями и геометрическими элементами режущего инструмента.

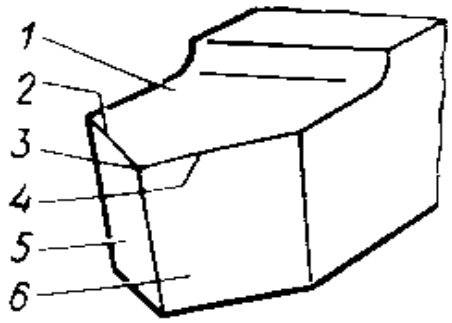


Рисунок 2.10 Конструктивные элементы режущей части токарного резца

Головка, т.е. режущая часть резца, имеет следующие элементы: переднюю поверхность, задние поверхности, режущие кромки и вершину (рис. 2.10). Передней поверхностью 1 называется поверхность инструмента, по которой сходит стружка. Задними поверхностями называются поверхности инструмента, обращенные к обрабатываемой заготовке (главная 6 и вспомогательная 5). Режущие кромки образуются пересечением передней и задних поверхностей, их две – главная 4 и вспомогательная 2. Главная режущая кромка (лезвие) выполняет основную работу резания. Вспомогательных режущих кромок может быть несколько, например, у отрезного резца, зуба дисковой фрезы. Вершина резца 3 – место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок. Она может быть острой, закругленной или выполненной в виде переходной режущей кромки.

На обрабатываемой заготовке (рис. 2.11) различают следующие поверхности: обрабатываемую 1, обработанную 3 и поверхность резания 2. *Обрабатываемой* называется поверхность

заготовки, которую удаляют в результате обработки; *обработанной* называется поверхность, полученная после снятия стружки; *поверхность резания* образуется на обрабатываемой заготовке непосредственно главной режущей кромкой.

Взаимное расположение различных поверхностей режущей части инструмента характеризуется значениями углов или геометрическими элементами инструмента. Основные геометрические элементы инструмента: главные и вспомогательные углы, углы в плане и угол наклона главной режущей кромки. Для определения значений этих углов устанавливают следующие исходные плоскости: плоскость резания 4 – это плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку; основная плоскость 5 – это плоскость, параллельная продольному и поперечному перемещениям инструмента. У токарного резца за основную плоскость может быть принята нижняя (опорная) поверхность резца.

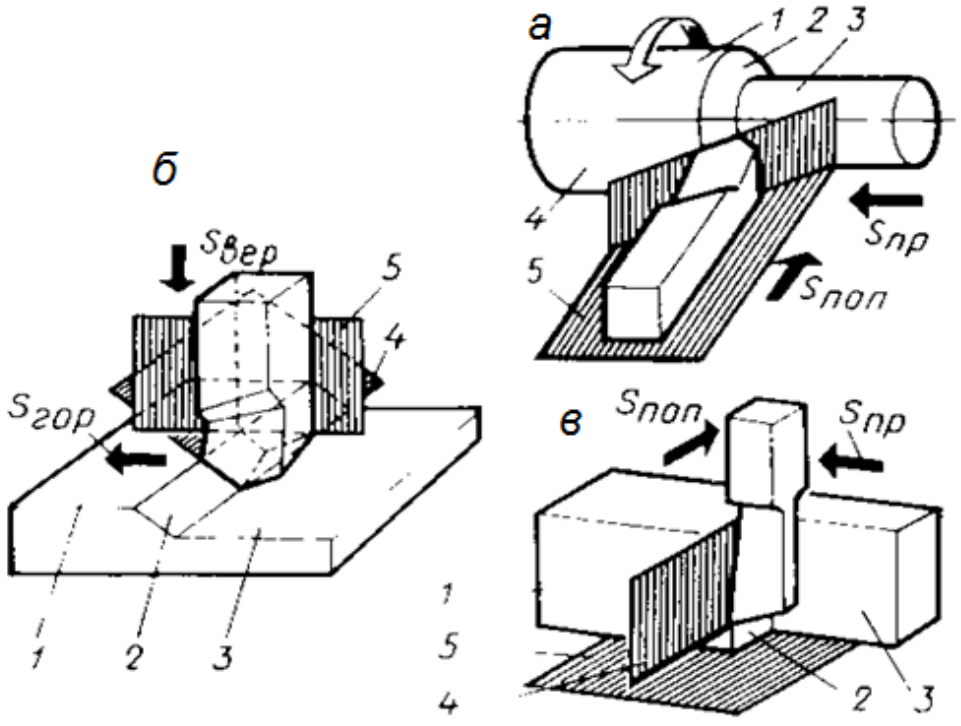


Рис.2.11

Главные углы инструмента (рис. 2.12 а, б) измеряют в главной секущей плоскости, перпендикулярной проекции главной режущей кромки на основную плоскость. Вспомогательные углы инструмента измеряют во вспомогательной секущей плоскости; перпендикулярной проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Главным задним углом α называется угол, заключенный между главной задней поверхностью и плоскостью резания. Если задняя (или передняя) поверхность криволинейная (радиусная), то углы рассматриваются между касательной к главной задней (или передней) поверхности и плоскостью резания. Передним углом γ называется угол, заключенный между передней поверхностью и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания. *Углом заострения* β называется угол, заключенный между передней и главной задней поверхностями. В сумме $\alpha + \gamma + \beta = 90^0$.

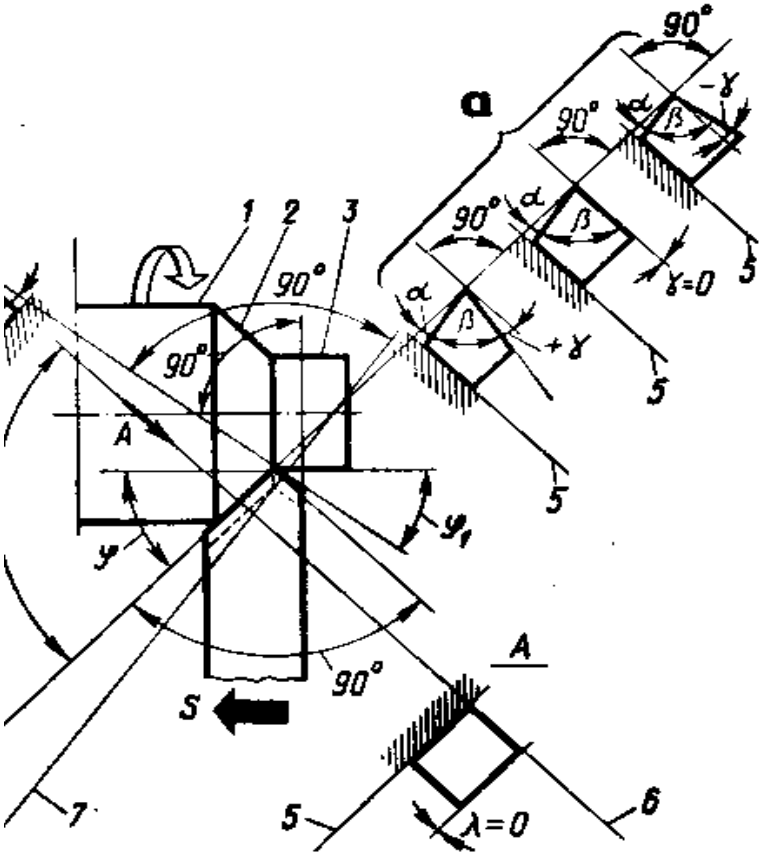


Рисунок 2.12 Углы токарного резца

1 - обрабатываемая поверхность; 2 - поверхность резания; 3 - обработанная поверхность; 4 - плоскость резания (след); 5 - плоскость параллельная основной плоскости; 6 - главная секущая плоскость (след); 7 - вспомогательная секущая плоскость (след)

Вспомогательным задним углом α_1 называется угол, заключенный между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости. Во вспомогательной секущей плоскости рассматриваются вспомогательные углы γ_1 и β_1.

Главным углом в плане φ называется угол, заключенный между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. *Вспомогательным углом в плане* φ 1называется угол, заключенный между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Угол наклона главной режущей кромки λ расположен между главной режущей кромкой и линией проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости. В зависимости от положения вершины резца относительно режущей кромки угол λ может быть равен нулю (рис. 1.13 а), иметь положительное (рис. 1.13 б) или отрицательное (рис. 1.13в) значение. Угол λ определяет направление схода стружки: при положительном угле λ стружка отводится в сторону обработанной поверхности, при отрицательном – в сторону обрабатываемой поверхности, при $\lambda = 0$ – в направлении, перпендикулярном главной режущей кромке.

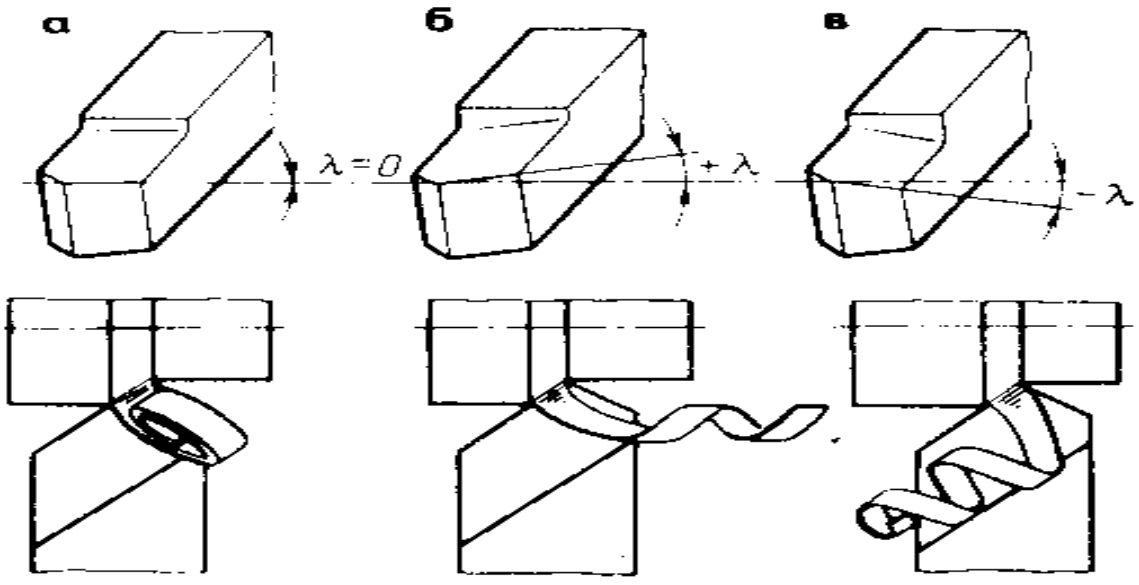


Рис. 2.13 Угол наклона главной режущей кромки и направление схода стружки

В процессе резания в зависимости от положения вершины резца относительно линии центров станка, величины скорости движения подачи и диаметра заготовки или обрабатываемого отверстия значения углов инструмента изменяются по сравнению со статистическим (нерабочим) состоянием (рис 2.14).

Значения геометрических элементов инструмента и форма передней поверхности (плоская, плоская с фаской, криволинейная, с лункой и др.) зависят от целого ряда факторов и в первую очередь от физико-механических свойств обрабатываемого материала, материала режущей части инструмента, формы и размеров обрабатываемой заготовки.

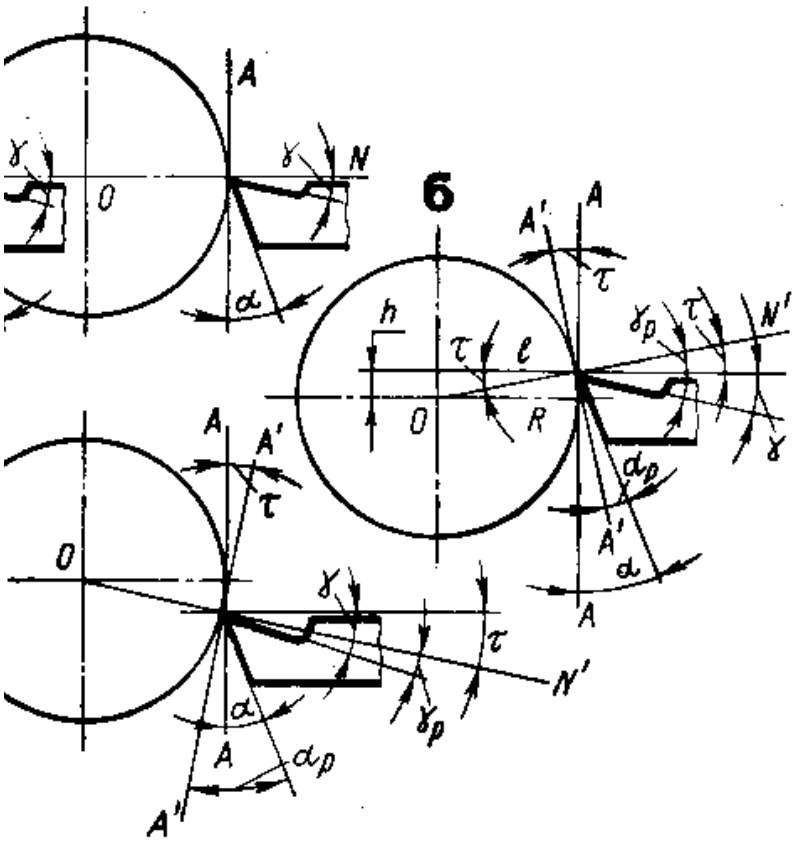


Рис. 2.14 Влияние установки резца относительно линии центров станка на его углы
а - установка по центру при обточке и расточке отверстия;
б - установка выше центра; *в* - установка ниже центра

Формы передней поверхности и углы заточки резцов из быстрорежущей стали и твердых сплавов приведены в таблице 2.

Заточку резцов производят на двустороннем заточном (точильно-шлифоваль-ном) или универсально-заточном станке.

Резцы из быстрорежущей стали затачивают шлифовальными кругами из электрокорунда 24А на керамической связке, зернистостью 40…25 и твердостью СМ 1…СМ2, например кругом 24А 25 П СМ2 5 К5 А. При заточке необходимо применять охлаждение.

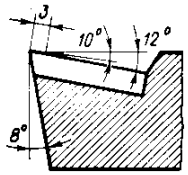
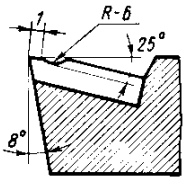
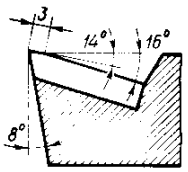
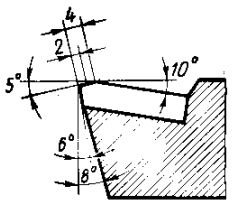
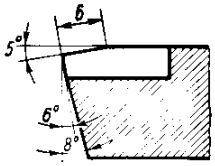
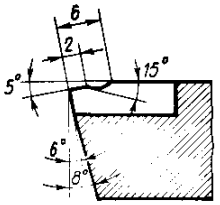
После заточки резцы доводятся мелкозернистыми кругами из карбида кремния зеленого 63С на бакелитовой связке, например кругом 63С 6 П СМ1 5 Б2 А.

Черновую заточку твердосплавных резцов производят шлифовальными кругами из карбида кремния черного 54С, зернистостью 50…40 и твердостью М3…СМ1 или из карбида кремния зеленого 63С, а чистовую заточку и доводку - кругами из синтетических алмазов АС0 80/63…АС0 125/100. Доводку резцов можно производить на доводочном диске-притире из мелкозернистого серого чугуна путем нанесения на него доводочной пасты. При невозможности выполнить доводку инструмента – ограничиться только заправкой режущих кромок мелкозернистым бруском из карбида кремния зеленого 63С.

Заточку и доводку твердосплавных резцов производят в такой последовательности. Сначала обрабатывают задние поверхности (по стальной державке) кругами из электрокорунда 24А под углом α $+5_0$, а затем производят черновую заточку кругами из карбида кремния зеленого 63С только пластины твердого сплава. После этого доводят алмазными кругами переднюю и заднюю поверхности и радиус вершины лезвия.

Таблица 2

Геометрические параметры и формы передней поверхности резцов

Форма передней поверхности	Эскиз	Область применения и характеристика обрабатываемых материалов
	Резцы из быстрорежущей стали	
Плоская с малым положительным передним углом		Сталь с $\sigma_в > 800$ МПа Чугун серый с НВ > 220 Бронза и другие хрупкие материалы
Криволинейная с фаской		Сталь с $\sigma_в < 800$ МПа Вязкие цветные металлы и сплавы
Плоская с большим положительным передним углом		Сталь с $\sigma_в < 800$ МПа Чугун серый с НВ < 220
	Резцы с пластинами твердого сплава	
Плоская с положительным передним углом		Чугун серый с НВ < 220 Бронза и другие хрупкие металлы
Плоская с отрицательной фаской		Чугун ковкий, сталь и стальное литье с $\sigma_в < 800$ МПа
Плоская с отрицательным передним углом		Чугун серый с НВ > 220 Сталь и стальное литье с $\sigma_в > 800$ МПа Работа с ударами
Криволинейная с отрицательной фаской		Сталь с $\sigma_в < 800$ МПа при необходимости зависания и дробления стружки

Примечание. При работе с ударами угол наклона главной режущей кромки $\lambda+10^0$; при работе без ударов $\lambda=0^0$.

Для упрочнения режущей кромки и предохранения ее от выкрашивания на передней поверхности делают фаску шириной

0,2…1 мм. Для резцов из быстрорежущей стали фаска направлена под положительным углом $\gamma_1 = 0…8^0$, а для твердосплавных резцов – под отрицательным углом $\gamma_1 = -3… -10^0$.

В процессе практики при выполнении различных токарных обработок учащийся должен научиться затачивать проходные и подрезные токарные резцы, проверять размер заточки выбранных углов, заправлять и доводить режущие кромки головки резца.

В заточном отделении учебных мастерских кроме универсально-заточных станков для заточки различного режущего инструмента должны быть установлены два заточных (точильных) станка для заточки резцов. На первом станке один шлифовальный круг должен предназначаться для заточки задней грани державки резца под углом $\alpha + 5^0$ (электрокорунд 24А, зернистостью 50…40, твердостью СМ1…СМ2), другой круг – для предварительной заточки передней и задней граней твердосплавной пластины (карбид кремния черный 54С, зернистостью 40…25, твердостью М3…СМ1). На втором станке круги из карбида кремния зеленого 63С, зернистостью 25…16, твердостью М3…СМ1 предназначаются для окончательной заточки пластины резца.

Для заточки быстрорежущих резцов используют шлифовальные круги из электрокорунда 24А, зернистостью 40…25, твердостью СМ1…СМ2.

Шлифовальные круги для шлифовально-точильных станков применяют прямого профиля (форма ПП), на некоторых моделях заточных станков используют плоские круги с выточкой (форма ПВ), чашки цилиндрические (форма ЧЦ), чашки конические (форма ЧК) и тарельчатые (формы 1Т, 2Т и 3Т).

Заточные станки должны иметь защитные прозрачные экраны из оргстекла, подручники, меняющие угол наклона опорной поверхности под требуемый угол заточки и обеспечивающие зазор между подручником и шлифовальным кругом в пределах 2…3 мм, ванну с охлаждающей жидкостью, отсасывающее устройство (пылеуловитель) и заземление станка. При заточке резец кладут на подручник, а затем вручную прижимают к шлифовальному кругу обрабатываемой поверхностью. Для равномерного износа круга резец необходимо перемещать по подручнику относительно рабочей поверхности круга. Затачиваемая режущая крошка должна располагаться параллельно рабочей поверхности круга. Переднюю поверхность резца удобнее затачивать боковой поверхностью

круга. Круг должен вращаться в направлении от режущей кромки в тело резца (рис. 2.15).

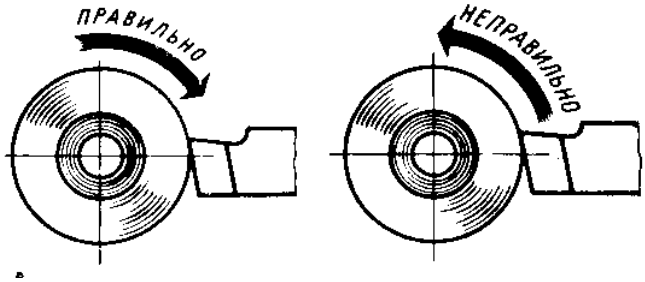


Рис. 2.15 Направление вращения
круга при заточке резцов

Это правило должно соблюдаться при заточке и доводке всех видов инструмента, так как в этом случае получается более высокое качество режущей кромки - меньшая шероховатость и незначительное выкрашивание. При доводке резцов на чугунном диске-притире вращение должно быть направлено в противоположную сторону, в противном случае режущая кромка резца будет соскабливать абразивную пасту и резать (царапать) рабочую поверхность чугунного притира.

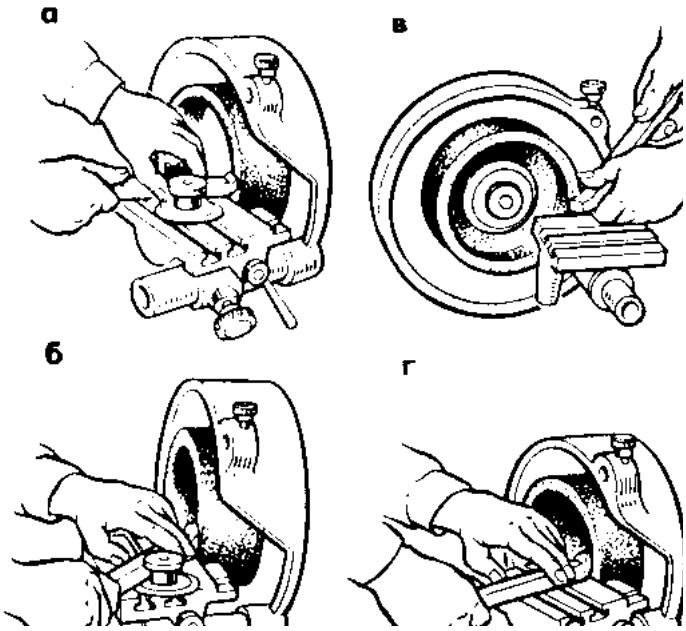


Рис. 2.16 - Приемы заточки резца
а - главной задней поверхности;
б - вспомогательной задней поверхности;
в - передней поверхности;
г - закругления по вершине резца

Приемы заточки резцов на заточном станке, оснащенном кругом в форме цилиндрической чашки (ЧЦ), показаны на рис. 2.16. а…г,

а приемы доводки и заправки резцов мелкозернистыми абразивными брусками (6П 63С 25 П С2 К5 А) – на рис. 2.17 а…в.

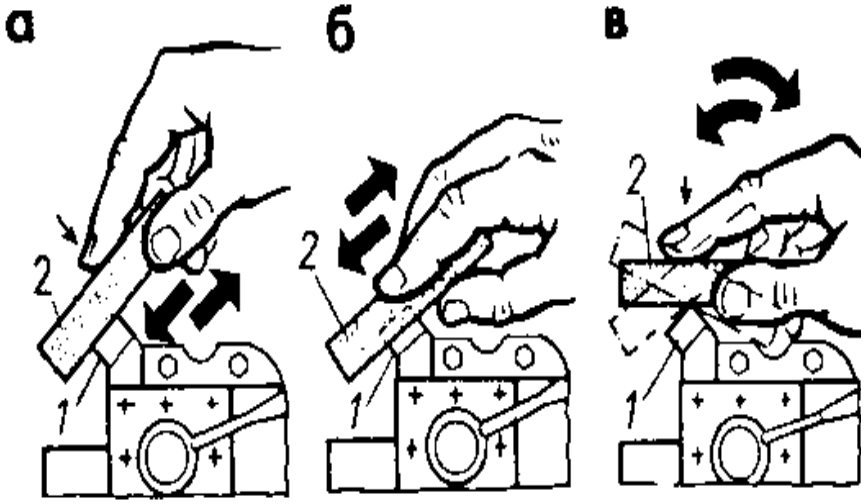


Рис. 2.17 Заправка резца абразивным бруском
а - по задней поверхности (ленточке); б - по передней поверхности (фаске); ***в*** - по вершине;
1 - резец, 2 - брусок

Доводка резцов алмазными кругами, абразивными пастами на чугунных доводочных дисках-притирках, а также контроль углов после заточки и доводки различными универсальными угломерами, специальными настольными угломерами и шаблонами показаны на рис. 2.18, а…д.

Качество поверхности после заточки и доводки резцов проверяется путем сравнивания их с резцами-эталонами или образцами поверхностей определенной шероховатости.

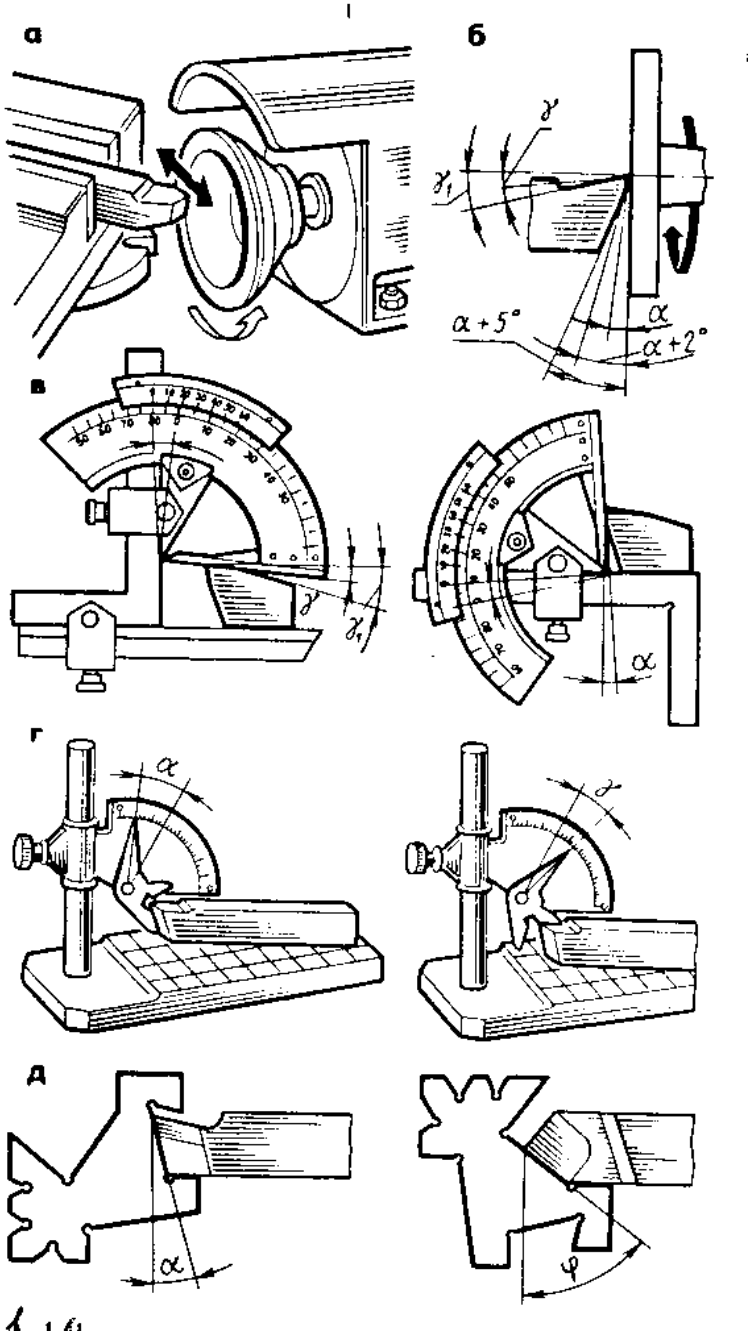


Рис.2.18 Приемы доводки и контроля углов резца

а - доводка алмазным кругом; б - доводка чугунным диско-притиром; в - контроль углов универсальным угломером; г - контроль настольным угломером;д - контроль шаблоном

Тренировочные упражнения на токарном станке

Перед началом работы на токарно-винторезном станке необходимо проверить наличие и исправность кожухов, закрывающих привод и гитару, провод заземления; установить все рукоятки управления в нейтральное (среднее) положение. Сдвинуть заднюю бабку в конец станины, установить каретку суппорта посредине станины. Подобрать подножную решетку так, чтобы ладонь руки, согнутой в локте под углом 90^0, находилась не ниже оси центров станка (рис 2.19).

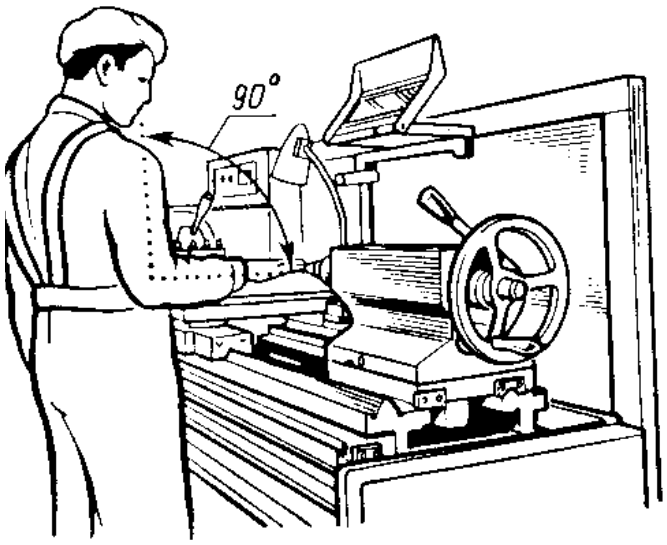


Рис. 2.19 Положение корпуса токаря

С помощью мастера производственного обучения настроить станок на частоту вращения шпинделя n =100 об/мин и скорость продольной подачи S_0 = 0,12 мм /об.

Для работы на токарном станке надо встать перед суппортом станка на расстоянии 80…100 мм от рукоятки винта поперечной подачи.

Выполнить последовательно следующие упражнения (при необходимости отдельные приемы повторить несколько раз):

1. Подключить электродвигатель к электросети, для чего повернуть правой рукой рукоятку Б линейного выключателя по ходу часовой стрелки до щелчка (рис. 2.20, а).

2. Включить электродвигатель станка, для чего указательным пальцем правой руки нажать до отказа и отпустить черную кнопку (или кнопку с надписью «Пуск»).

3. Выключить электродвигатель станка, для чего указательным пальцем правой руки нажать до отказа и отпустить красную кнопку или кнопку с надписью «Стоп» (рис. 2.20, б).

4. Включить вращение (против хода часовой стрелки), для чего левой рукой (при пользовании рукояткой около коробки подач) или правой (при пользовании рукояткой с правой стороны фартука) повернуть рукоятку I из среднего положения I (рис. 2.21, а) вверх до отказа в положение II (рис. 2.21, б).

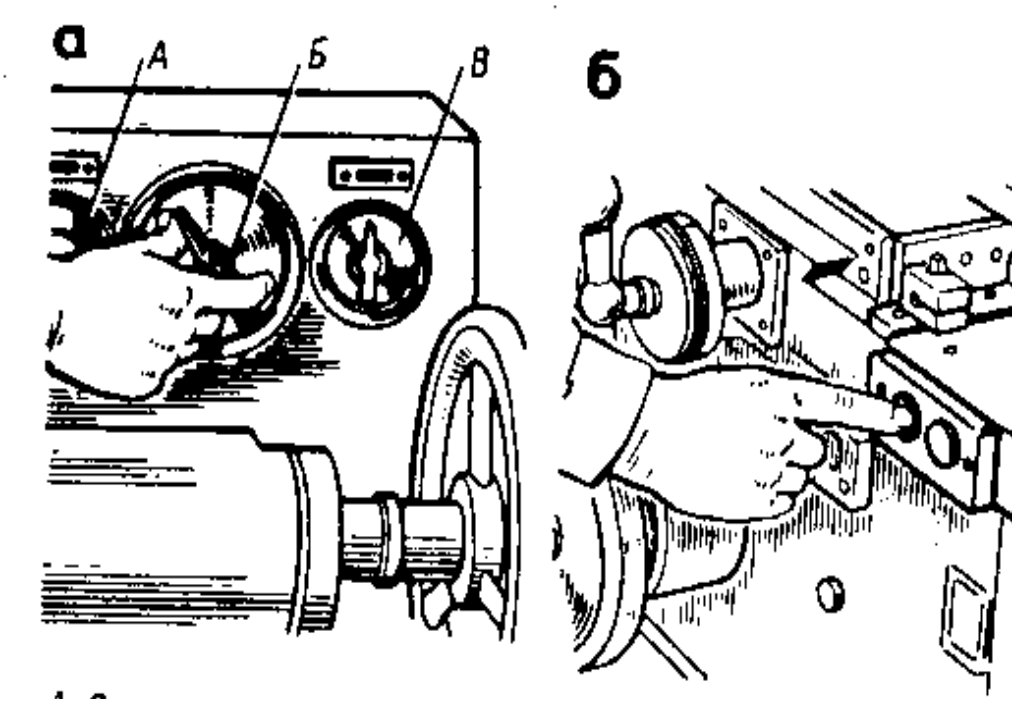


Рис. 2.20 Включение и выключение электродвигателя станка
а - рукоятка А для включения охлаждения, рукоятка Б для включения в электросеть, рукоятка В для включения местного освещения;
б - кнопки "Пуск" и "Стоп" главного электродвигателя

Можно правой рукой, при пользовании рукояткой с правой стороны фартука, нажать на рукоятку 2 (рис. 2.21, г) влево и повернуть ее из среднего положения I вверх от себя по стрелке А в положение II.

5. Выключить вращение шпинделя станка, для чего левой или правой рукой повернуть рукоятки 1 и 2 из положения II в положение I.

6. Включить вращение шпинделя станка на обратное вращение (по ходу часовой стрелки), для чего левой (или правой

повернуть рукоятку 1 (или нажать рукоятку 2) из среднего положения 1 вниз до отказа в положение III (рис. 2.21, в) . Переключить вращение шпинделя с прямого на обратное можно только после полной остановки шпинделя.

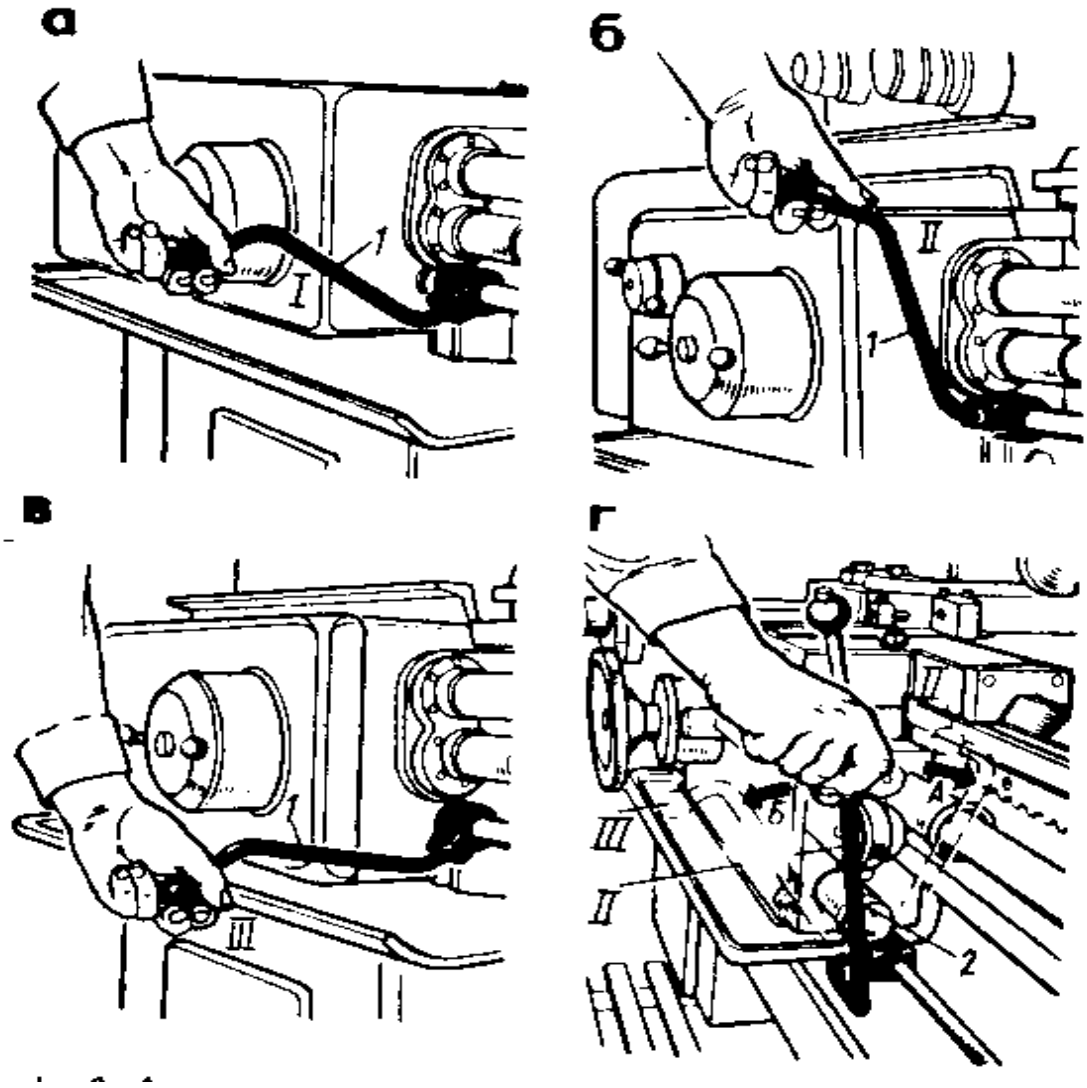


Рис. 2.21 Включение и выключение вращения шпинделя станка

а, б, в - управление левой рукой рукояткой 1; г - управление правой рукой рукояткой 2; положение 1 - выключено(нейтральное); положение II - включено прямое вращение; положение III - включено обратное вращение

7. Выключить вращение шпинделя станка путем поворота левой (или правой) рукой рукоятки 1 или 2 из положения III в среднее положение 1, красной кнопкой (или кнопкой «Стоп»).

8. Включить прямое продольное движение подачи суппорта (от задней к передней бабке станка), для чего правой рукой повернуть рукоятку 3 из среднего положения 1 (рис. 2.22, а) влево до отказа в положение II (рис. 2.22.б). При подходе каретки суппорта на расстоянии 150…200 мм до передней бабки (или патрона) выключить прямое продольное движение подачи, повернуть правой рукой рукоятку 3 из положения II вправо в среднее положение I.

9. Включить обратное продольное движение подачи (от передней к задней бабке станка), для чего правой рукой повернуть рукоятку 3 из среднего положения I вправо до отказа в положение III (рис. 2.22, в). При подходе каретки суппорта на расстояние 150…200 мм к задней бабке выключить обратное продольное движение подачи, повернув в правой руке рукоятку 3 из положения III в среднее положение I.

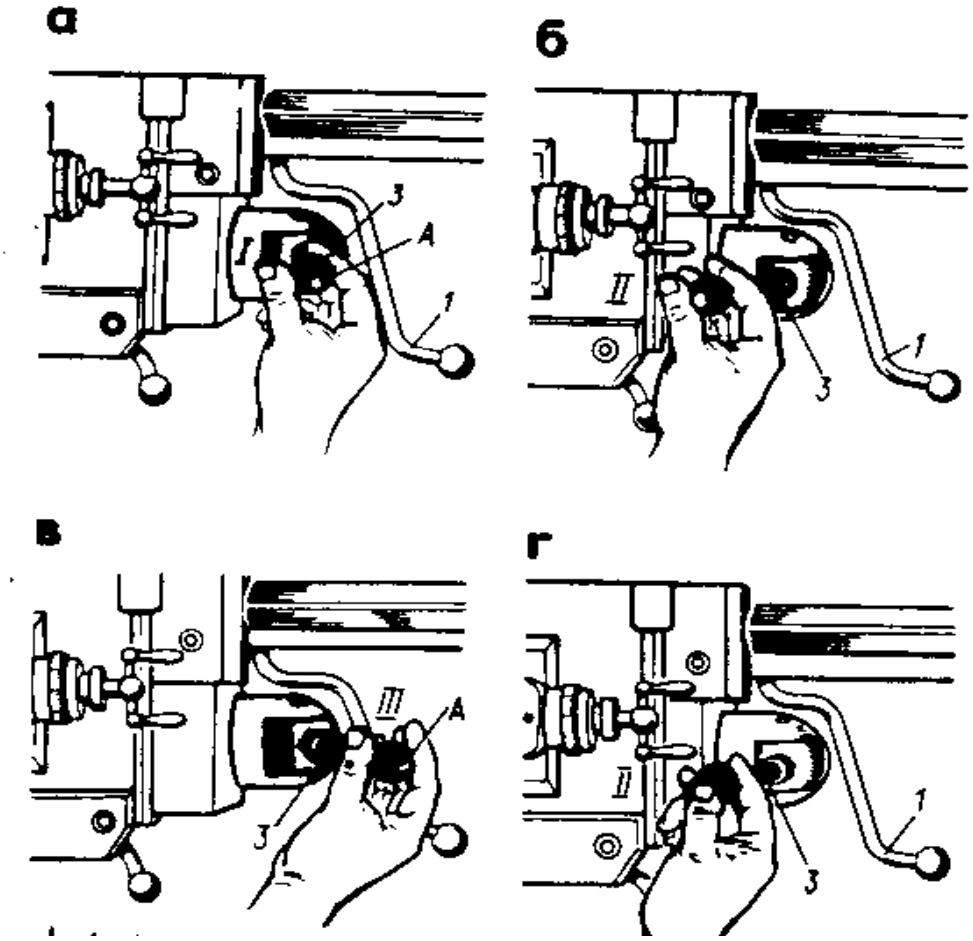


Рис.2.22 Включение и выключение механического
а - положение I - выключено (нейтральное); б - положение II - включено прямое продольное движение подачи; III - включено обратное продольное движение подачи; г - положение II и нажата кнопка А - включено быстрое прямое продольное движение подачи

10. Включить и выключить быстрый (ускоренный) прямой и обратный ход суппорта, для чего правой рукой, нажимая одновременно большим пальцем на кнопку А, расположенную на торце рукоятки 3, которую надо повернуть из среднего положения I влево в положение II (рис. 2.22, г); непрерывно нажимая на кнопку А, держать руку на рукоятке 3. В этом случае суппорт должен быстро перемещаться к передней бабке станка. При повороте рукоятки 3 в положение III суппорт будет быстро перемещаться к задней бабке станка.

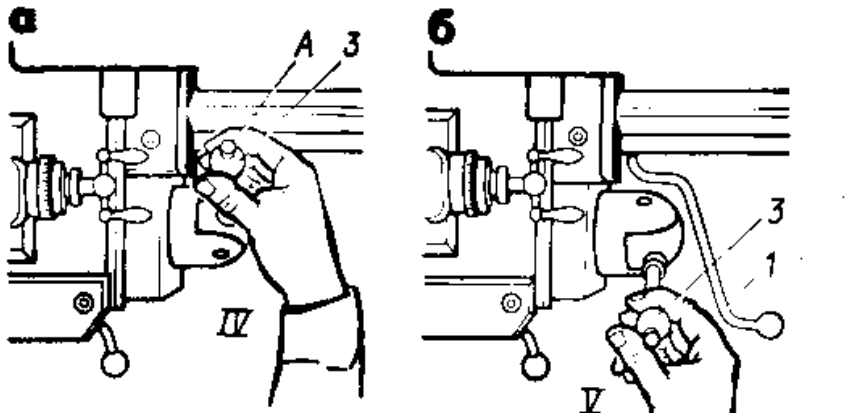


Рис. .23 Включение и выключение механического поперечного движения подач
а - положение IV - включено прямое поперечное движение подачи;
б - положение V - включено обратное поперечное движение подачи

11. Включить прямое поперечное движение подачи (от себя к оси центров станка), для чего правой рукой повернуть рукоятку 3 из среднего положения I от себя до отказа в положение IV (рис. 2.23, а). При приближении заднего края поперечных салазок к концу направляющих каретки суппорта на расстояние 50…80 мм выключить прямое поперечное движение подачи, повернув правой рукой рукоятку 3 из положения IV в среднее положение I.

12. Включить обратное поперечное движение подачи (на себя от центров станка), для чего правой рукой повернуть рукоятку 3 из среднего положения I до отказа на себя в положение V (рис. 2.23, б). При приближении переднего края поперечных салазок на расстоянии 20…30 мм к переднему краю направляющих каретки суппорта выключить обратное поперечное движение подачи,

повернув правой рукой рукоятку 3 из положения V в среднее положение I.

13. Установить трехкулачковый самоцентрирующий патрон на шпинделе станка, для чего обтирочным материалом, смоченным в керосине протереть резьбу шпинделя (рис. 2.24, а), фланца трехкулачкового патрона и коническое отверстие шпинделя передней бабки (рис.2.24, б), вставить в коническое отверстие шпинделя направляющую оправку (рис. 2.24, в), установить и закрепить патрон (рис. 2.24, г), удалить направляющую оправку из отверстия шпинделя.

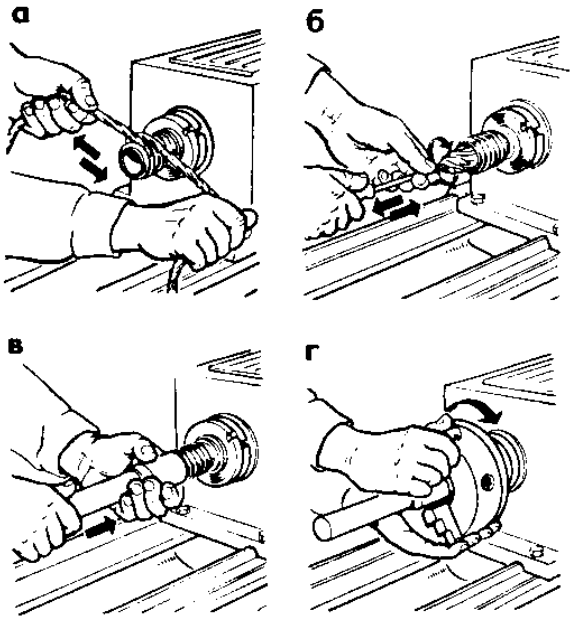


Рисунок 2.24 Приемы установки трехкулачкового патрона на шпиндель станка

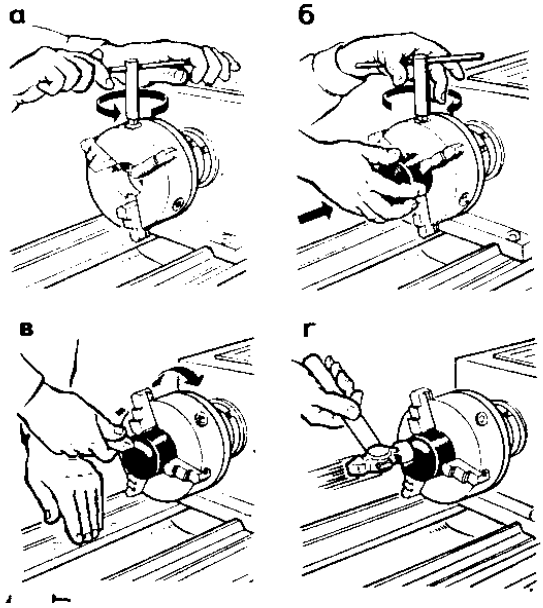


Рисунок 2.25 Приемы установки заготовки в трехкулачковом патроне

14. Закрепить заготовку в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, для чего отвести суппорт в правое крайнее положение, развести кулачки патрона на расстояние, несколько превышающее диаметр заготовки (рис. 2.25, а), вставить и предварительно закрепить заготовку (рис. 2.25, б). Включить привод главного движения станка, включить вращение шпинделя, выверить заготовку на торцовое и радиальное биение (рис.2.25, в, г), закрепить ее в патроне окончательно. Это упражнение выполнять при минимальной частоте вращения шпинделя (n= 12,5 об/мин).

15. Открепить и снять заготовку из трехкулачкового патрона.

16. Снять трехкулачковый патрон со шпинделя станка, для чего вставить в коническое отверстие шпинделя направляющую оправку, вставить патронный ключ в гнездо патрона и рывком на себя двумя руками сдвинуть с места патрон (рис. 2.26, а) и свинтить его на оправку (рис. 2.26, б), а затем снять и поставить на полку инструментальной тумбочки.

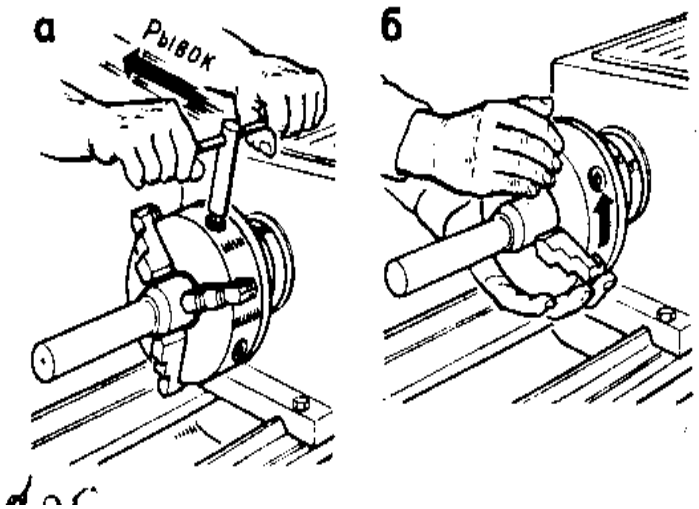


Рисунок 2.26 Приемы съема трехкулачкового патрона со шпинделя станка

17. Установить центры и поводковый патрон на шпиндель, для чего обтирочным материалом протереть посадочные места поводкового патрона, переднего конца шпинделя, конические отверстия шпинделя и пиноли задней бабки, передний и задний центры, а затем резкими движениями вставить центры в конические отверстия (рис. 2.27, а) и навернуть на шпиндель поводковый патрон (рис. 2.27,б). После установки переднего центра проверить его на радиальное биение, а затем совпадение (соосность) центров передней и задней бабок.

18. Для проверки соосности центров протереть обтирочным материалом направляющие станины и смазать их маслом, открепить заднюю бабку, повернув рычаг на себя, правой рукой взять за маховичок задней бабки и переместить ее к передней бабке, а затем в обратном направлении (рис. 2.27., в). Закрепить заднюю бабку на станине поворотом рукоятки от себя, открепить – поворотом на себя.

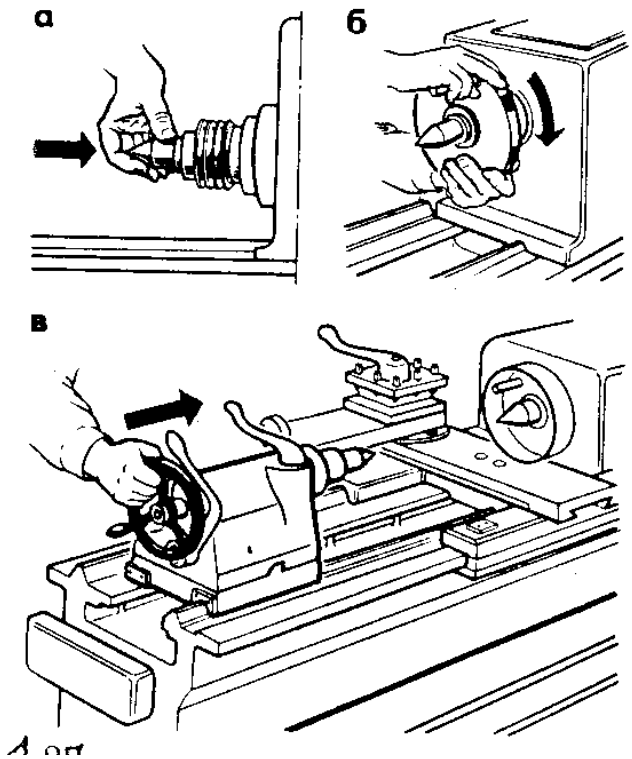
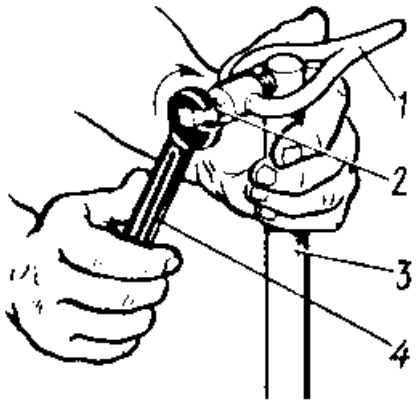


Рисунок 2.27 Приемы установки центров
и поводкового патрона

19. На заготовку с центровыми отверстиями на торцах надеть хомутик 1 (рис. 2.28), затем заготовку 3 закрепить в центрах токарного станка, для чего установить ее на передний центр, поджать задним центром и зажать пиноль задней бабки. Хвостовик хомутика устанавливают в прорезь планшайбы или на поводковый палец. Заготовка должна вращаться свободно, но без качки (люфта). Включить электродвигатель станка, включить и выключить вращение шпинделя.

20. Снять заготовку с центров токарного станка, снять хомутик с заготовки.

21. Удалить центр из конического отверстия шпинделя передней бабки, для чего легкими ударами латунного прутка выбить центр и положить его на место. Удалить центр из пиноли задней бабки, для чего вращением маховичка против хода часовой стрелки выжать центр из пиноли. Снять поводковый патрон, для чего резким движением (рывком) правой руки за поводковый палец на себя свинтить его со шпинделя и положить на место.



1 - хомутик; 2 - зажимной винт; 3 - заготовка; 4 - гаечный ключ

Рисунок 2.28 Приемы закрепления хомутика на заготовке

22. Установить резец в резцедержателе, для чего отвернуть крепежные винты резцедержателя (рис. 2.29, а), установить резец перпендикулярно оси центров на опорную поверхность, обеспечив вылет его головки из резцедержателя не более чем на 1…1,5 высоты державки резца (рис. 2.29, б), закрепить резец, завертывая винты резцедержателя торцовым ключом (рис. 2.29, в). Вершина головки резца должна находиться на высоте оси центров станка; при необходимости подложить подкладки под опорную поверхность резца.

23. Открепить, повернуть на 90, 180 и 270^0 и закрепить в каждом положении резцедержатель, для чего зажимную рукоятку резцедержателя повернуть против хода часовой стрелки, резцедержатель повернуть против хода часовой стрелки на 90^0 и закрепить поворотом рукоятки по ходу часовой стрелки (рис. 2.29, г).

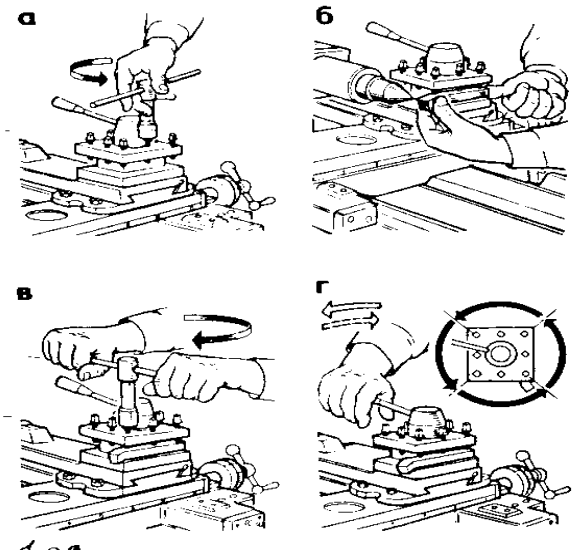


Рисунок 2.29 Приемы установки
резца в резцедержателе

24. Переместить верхние салазки суппорта в крайнее правое положение (в сторону задней бабки), затем переместить их в крайнее левое положение (рис. 2.30, а). Добиться умения вращать рукоятку равномерно и непрерывно, несмотря на перехват рукоятки руками во время ее вращения (рис. 2.30, б).

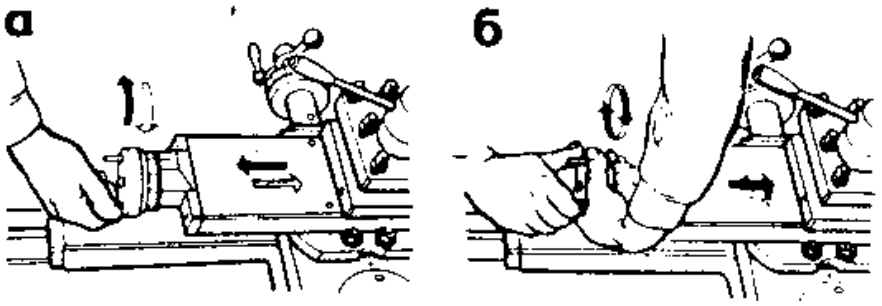


Рисунок 2.30 Приемы перемещения
верхних салазок

25. Переместить поперечные салазки суппорта в сторону оси центров станка и возвратить их в начальное положение (рис. 2.31, а). Выполнить перехват рук (рис.2.31,б).

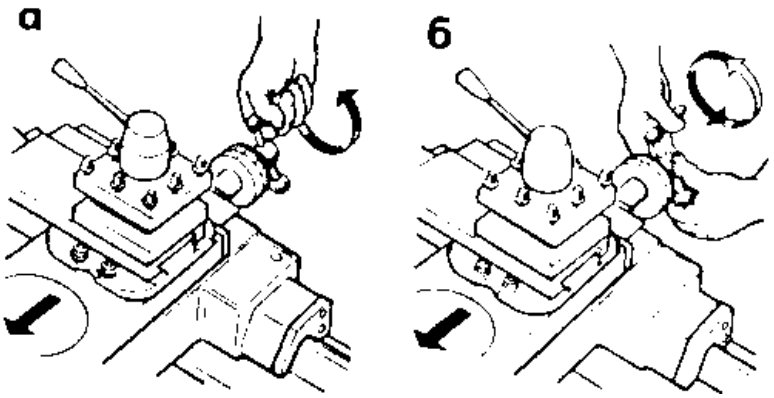


Рисунок 2.31 Приемы перемещения

26. Переместить поперечные салазки суппорта в сторону оси центров станка, а верхние – влево (в сторону передней бабки) одновременно двумя руками (рис. 2.32).

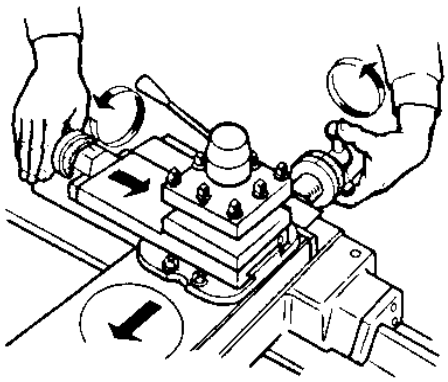


Рисунок 2.32 Прием одновременного
перемещения поперечных и верхних салазок

27. Переместить каретку суппорта вручную влево в сторону передней бабки двумя руками. Добиться умения вращать маховик равномерно и непрерывно, делая перехват последовательно правой (рис. 2.33, а), затем левой (рис. 2.33, б) рукой примерно через пол-оборота маховика. Каретку возвратить в первоначальное положение быстрой ручной подачей, вращая маховик по ходу часовой стрелки двумя руками.

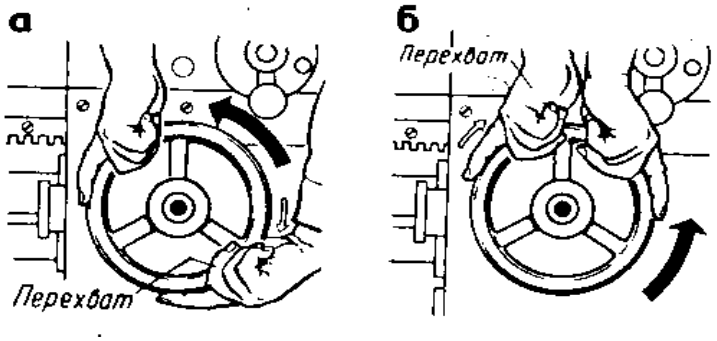


Рисунок 2.33 Прием перемещения
каретки суппорта

28. Переместить верхнюю (поворотную) часть суппорта против или по ходу часовой стрелки на заданный угол (5, 10, 20, 30^0), для чего гаечным ключом отвернуть гайки опорного фланца поворотной части суппорта на 1…2 об. (рис. 2.34, а), повернуть поворотную часть суппорта до совпадения риски 1 на опорном торце с заданным угловым делением на градуированной шкале поперечных салазок (рис. 2.34, б), завернуть гайки опорного фланца верхней части суппорта. Повернуть верхнюю часть суппорта в прежнее положение.

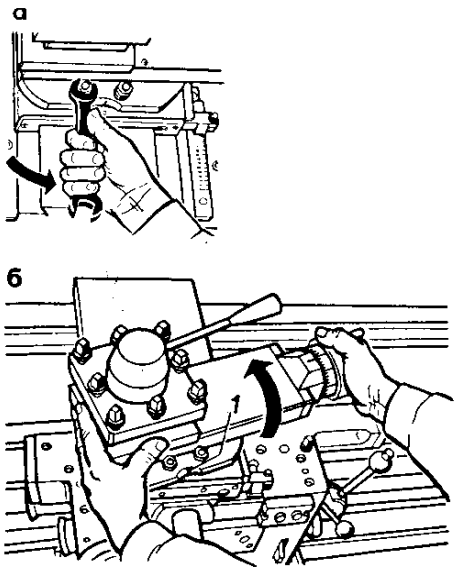


Рисунок 2.34 Приемы поворота верхней части суппорта

29. Настроить коробку скоростей на требуемую частоту вращения шпинделя. Установить рукоятку включения шпинделя в среднее (нейтральное) положение (см. упр. 4…7 этого занятия) и рукоятку включения движения продольных и поперечных подач (см. упр. 8…12 этого занятия). Проверить наличие, надежность крепления и исправность ограждающих и защитных устройств, переместить заднюю бабку до правого конца станины, а каретку суппорта – к задней бабке на расстоянии 100…150 мм от не, установить на гитаре постоянные для всех подач сменные зубчатые колеса – 42:50 (см. рис. 2.7).

Для настройки станка (к примеру, на 1000 об/мин) следует рукоятку 2 (см. рис. 2.7) вначале отклонить от себя, а затем повернуть влево до ряда чисел оборотов 630…2000, а рукоятку I риской А повернуть до окошечка с цифрой 1000. Рукоятку 2 отклоняют от себя только при повороте ее на ряд чисел оборотов 63…2000, в остальных случаях этого делать не требуется, например для частоты вращения шпинделя 12,5 об/мин следует рукоятку 2 повернуть влево до ряда чисел I риской А повернуть до окошечка с цифрой 12,5 (вертикально вверх).

Настроить станок на частоты вращения шпинделя 12,5; 100; 400; 1600 об/мин. После каждой настройки включать вращение шпинделя на 0,5..1 мин, наблюдая за вращением шпинделя для зрительного представления о скорости вращения шпинделя при установленной частоте вращения.

30. Настроить станок на требуемую скорость движения прямой продольной и поперечной подачи. Для настройки станка на требуемую скорость продольной подачи (к примеру, S_0 = 0,12 мм/об) следует диск 5 барабана настройки станка на подачу (см. рис.2.7) оттянуть за рукоятки на себя и затем повернуть его так, чтобы риска Б на диске была против ряда на таблице с подачей 0,12 (таблица подач расположена на поверхности барабана), после чего диск снова подать вперед от себя в прежнее положение; рукоятку 6 повернуть и поставить в положение «Подача»; рукоятку 3 коробки скоростей - на букву Б; рукоятку 4 – на букву Г (вертикально).

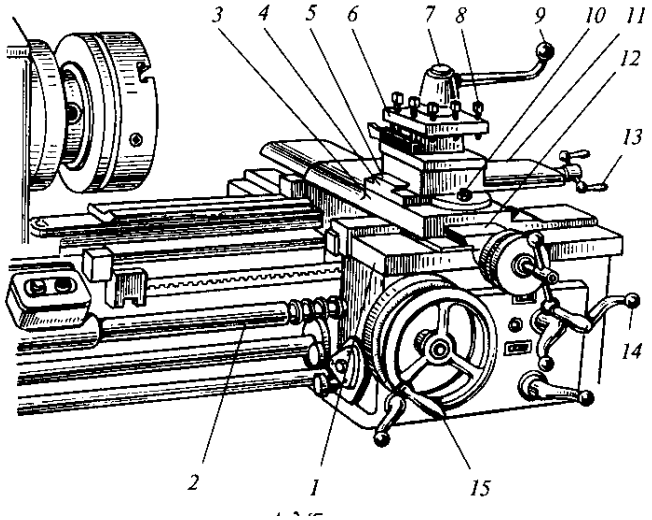
При одной и той же настройке скорость движения поперечной подачи равна половине продольной.

Настроить станок на продольную подачу: 0,07; 0,11; 0,17; 0,26; 0,57; 1,21; 1,9; 2,42 мм/об. После каждой настройки включать

вращение шпинделя на движение прямой продольной подачи, наблюдая за перемещением края каретки суппорта по направляющим станины. Установить скорость движения поперечной подачи: 0,06; 0,13; 0,15; 0,35; 1,4 мм/об. После каждой настройки включать вращение шпинделя на движение прямой поперечной подачи. Возвратить поперечные салазки в прежнее положение вращением рукоятки винта движения поперечной подачи против хода часовой стрелки.

Приспособления и оснастка токарных станков

Перемещение режущего инструмента во время токарной обработки и его крепление на токарно-винторезном станке обеспечивают несколько узлов (сборочных единиц). Ниже приведено краткое описание работы некоторых из них.

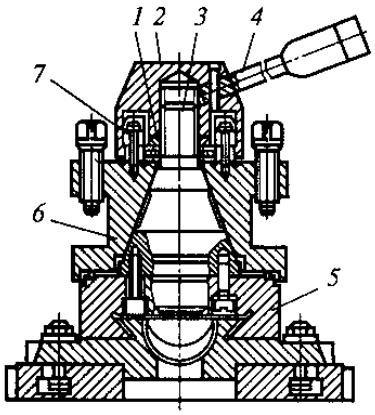


1 - нижние салазки (продольного суппорта); 2 - ходовой винт; 3 – поперечные салазки суппорта; 4 - поворотная плита; 5 – направля-ющие; 6 - резцедержатель; 7 - поворотная головка резцедержателя; 8 - винт для крепления резцов; 9 - рукоятка поворота резцедер-жателя; 10 - гайка; 11 - верхние салазки (продоль-ного суппорта); 12 - направляющие; 13 и 14 - рукоятки; 15 - рукоятка продоль-ного перемещения суппорта

Рисунок 2.35 Суппорт

Суппорт (рис.2.35) состоит из нижних салазок (продольного суппорта) 1, которые перемещаются по направляющим станины с помощью рукоятки 15 и обеспечивают перемещение резца вдоль заготовки. На нижних салазках по направляющим 12 перемещаются поперечные салазки (поперечный суппорт) 3, которые обеспечивают перемещение резца перпендикулярно к оси вращения заготовки. По направляющим 5 поворотной плиты 4

перемещаются (с помощью рукоятки 13) верхние салазки 11, которые вместе с плитой 4 могут поворачиваться в горизонтальной плоскости относительно поперечных салазок 3 и обеспечивать перемещение резца под углом к оси вращения заготовки. Резцедержатель (он же - четырехпозиционная резцовая головка) крепится к верхним салазкам 11 с помощью рукоятки 9 и позволяет вводить резец в работу с минимальной затратой времени.

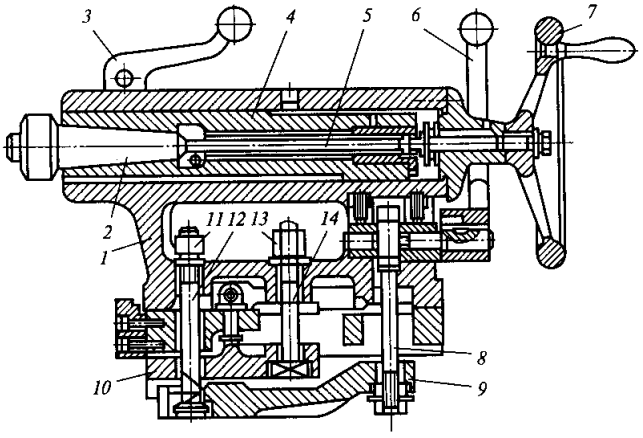


1 - шайба; 2 - головка; 3 - коническая оправка; 4 - рукоятка; 5 - верхние салазки; 6 – четырехсторон-няя резцовая головка; 7 – винт

Рисунок 2.36 Резцедержатель

Устройство резцедержателя показано на рис.2.36. В центрирующей расточке верхних салазок 5 установлена коническая оправка 3 с резьбовым концом. На конусе оправки установлена четырехсторонняя резцовая головка 6. При вращении рукоятки 4 головка 2 перемещается вниз по резьбе конической оправки 3. Шайба 1 и упорный подшипник обеспечивают жесткую посадку резцовой головки 6 на конической поверхности оправки 3. Головка 2 крепится к резцовой головке 6 винтами 7. Резцовая головка удерживается от поворота при закреплении шариком, который заклинивается между поверхностями, образованными пазом в основании конической оправки 3 и отверстием в резцовой головке 6.

Задняя бабка токарно-винторезного станка предназначена главным образом для поддержания длинных заготовок во время обработки. Она используется также для закрепления инструментов, предназначенных для обработки отверстий (сверл, зенкеров, разверток) и для нарезания резьбы (метчиков, плашек, резьбонарезных головок).



1 - корпус; 2 - центр; 3, 6 - рукоятки; 4 - пиноль; 5, 12 и 14 - винты; 7 - маховик; 8 - тяга; 9, 10 - рычаги; 11, 13 – гайки

Рисунок 2.37 Задняя бабка

Устройство задней бабки показано на рис. 2.37. В корпусе 1 (при вращении винта 5 маховиком 7) перемещается пиноль 4, закрепляемая рукояткой 3. В пиноли устанавливают центр 2 с коническим хвостовиком (или инструмент). Заднюю бабку перемещают по направляющим станка вручную или с помощью продольного суппорта. В рабочем неподвижном положении заднюю бабку фиксируют рукояткой 6, которая соединена с тягой 8 и рычагом 9. Силу прижима рычага 9 тягой 8 к станине регулируют гайкой 11 и винтом 12. Более жесткое крепление задней бабки производят с помощью гайки 13 и винта 14, который прижимает к станине рычаг 10.

На токарно-винторезных станках, предназначенных для обработки заготовок деталей сложной конфигурации в серийном производстве, закрепление различных инструментов производят в многопозиционной поворотной револьверной головке. При поворотах (индексировании) револьверной головки последовательно вводят в действие заранее настроенные на размер инструменты.

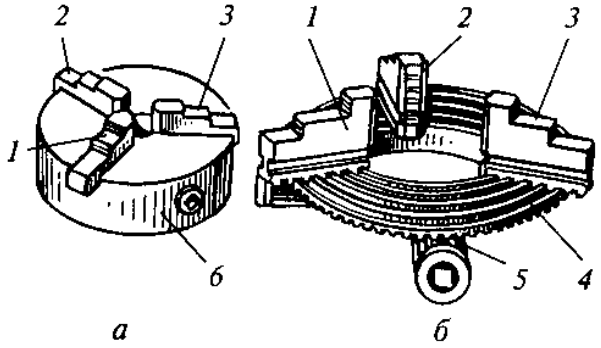
В зависимости от назначения приспособления для токарных станков можно разделить на три группы:

- приспособления для закрепления обрабатываемых заготовок;

- вспомогательный инструмент для закрепления режущего инструмента;

- приспособления, расширяющие технологические возможности станков, т. е. позволяющие производить не свойственные этим станкам работы (фрезерование, одновременное сверление нескольких отверстий и т.д.).

Приспособления для закрепления заготовок. Для крепления заготовок на токарных станках применяют двух-, трех- и четырехкулачковые патроны с ручным и механизированным приводом зажима.



1, 2 и 3 - кулачки; 4 - диск; 5 - зубчатое колесо; 6 - корпус патрона

Рисунок 2.38 Трехкулачковый самоцентрирующий патрон

Наиболее широко распространен трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис.2.38). Кулачки 1, 2 и 3 патрона перемещаются одновременно с помощью диска 4. На одной стороне этого диска выполнены пазы (имеющие форму архимедовой спирали), в которых расположены нижние выступы кулачков, а на другой - нарезано коническое зубчатое колесо, сопряженное с тремя коническими зубчатыми колесами 5. При повороте ключом одного из колес 5 диск 4 (благодаря зубчатому зацеплению) также поворачивается и посредством спирали перемещает одновременно и равномерно все три кулачка по пазам корпуса 6 патрона. В зависимости от направления вращения диска кулачки приближаются к центру патрона или удаляются от него, зажимая или освобождая деталь. Кулачки обычно изготовляют трехступенчатыми и для повышения износостойкости закаливают.

Различают кулачки крепления заготовок по внутренней и наружной поверхностям; при креплении по внутренней

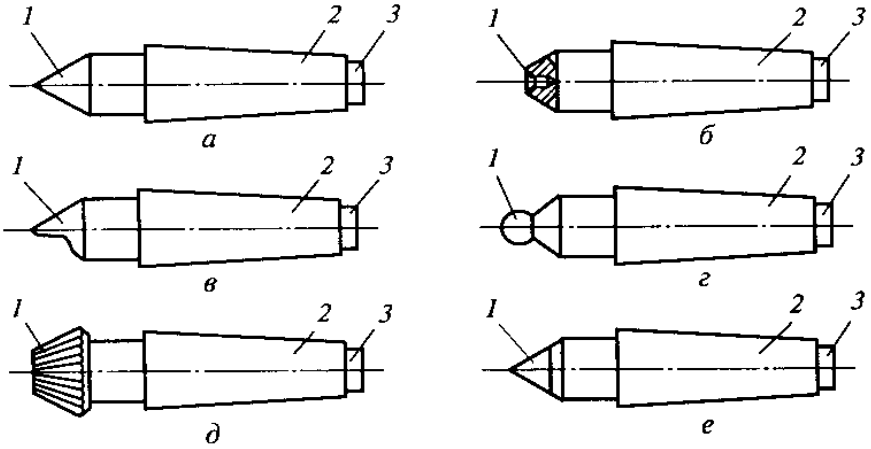
поверхности заготовка должна иметь отверстие, в котором могут разместиться кулачки.

В трехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют заготовки круглой и шестигранной формы или круглые прутки большого диаметра.

В двухкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют различные фасонные отливки и поковки; кулачки таких патронов, как правило, предназначены для закрепления только одной детали.

В четырехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют прутки квадратного сечения, а в патронах с индивидуальной регулировкой кулачков - детали прямоугольной или несимметричной формы.

В зависимости от формы и размеров обрабатываемых деталей применяют различные центры (рис. 2.39). Угол при вершине рабочей части центра (рис. 2.39, а) обычно равен 60°. Конические поверхности рабочей 1 и хвостовой 2 частей центра не должны иметь забоин, так как это приводит к погрешностям при обработке заготовок. Диаметр опорной части 3 меньше малого диаметра конуса хвостовой части, что позволяет выбивать центр из гнезда без повреждения конической поверхности хвостовой части.

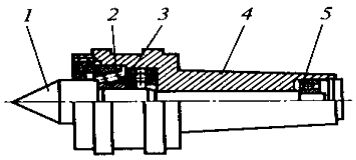


а - упорный; б - обратный; в - полуцентр упорный; г - со сферической рабочей частью; д - с рифленой поверхностью рабочего конуса; е - с твердосплавным наконечником; 1 - рабочая часть; 2 - хвостовая часть; 3 - опорная часть

Рисунок 2.39 Типы центров

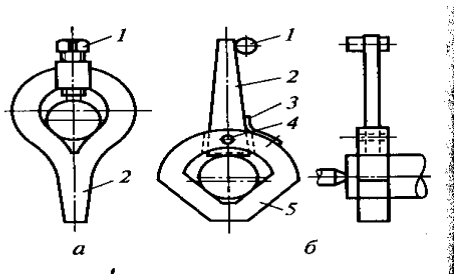
При обработке с большими скоростями резания и нагрузками применяют задние вращающиеся центры (рис.2.40). В хвостовой части 4 центра на опорах качения 2, 3 и 5 смонтирована ось, на конце которой выполнена рабочая часть 1 центра, что обеспечивает ее вращение вместе с обрабатываемой заготовкой.

Хомутики (рис. 2.41) служат для передачи вращения от шпинделя к обрабатываемой заготовке, установленной в центрах станка. Хомутик надевают на заготовку и закрепляют винтом 1 (рис. 2.41, а), при этом хвостовик 2 хомутика упирается в палец поводкового патрона.



1 - рабочая часть; 2, 3 и 5 - опоры качения; 4 - хвостовая часть

Рисунок 2.40 Вращающийся центр



а - обычный: 1 - винт; 2 - хвостовик; б - самозатягивающий: 1 - упор; 2 - хвостовик; 3 - пружина; 4 - ось; 5 - призма

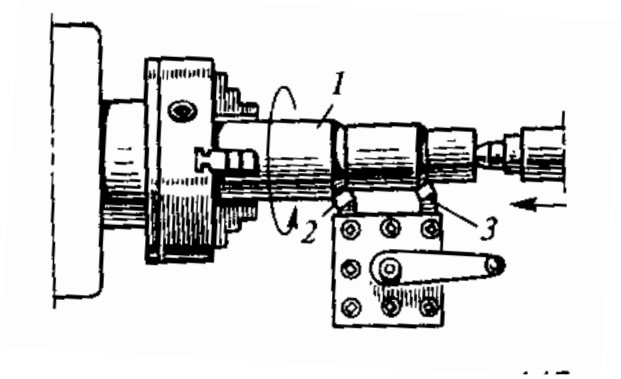
Рисунок 2.41 Токарные хомутики

При обработке заготовки в центрах передачу движения ей может осуществлять поводковый патрон через палец-поводок и хомутик, который крепится на детали винтом. Для сокращения вспомогательного времени при черновой обработке в центрах валов диаметром 15...90 мм применяют самозажимные поводковые патроны.

Цанговые патроны применяют главным образом для закрепления холоднотянутого прутка или для повторного зажима заготовок по предварительно обработанной поверхности.

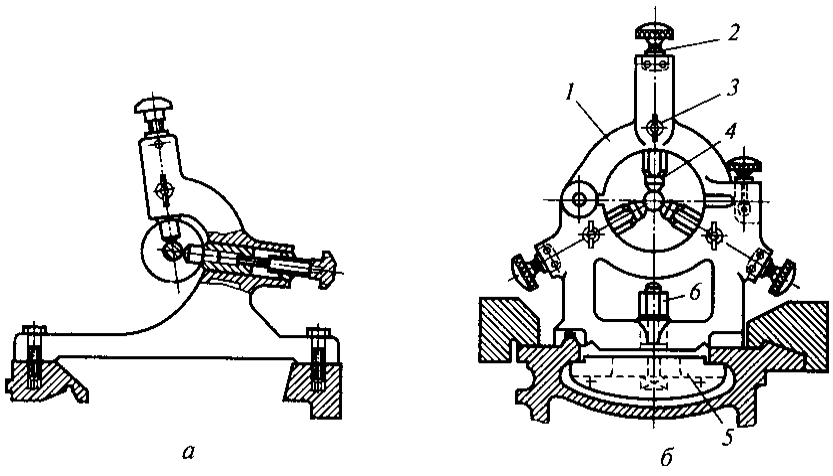
Мембранные патроны применяют в том случае, когда необходимо обработать партию заготовок с высокой точностью центрирования.

Способ установки и закрепления заготовок на станке выбирают в зависимости от их размеров, жесткости и требуемой точности обработки. При соотношении *l/D* < 4 (где l - длина обрабатываемой заготовки, мм; D - диаметр заготовки, мм) заготовки закрепляют в патроне, при 4 < *l/D* < 10 - в центрах или в патроне с поджимом задним центром (рис.1/42), при *l/D* > 10 - в центрах или в патроне и центре задней бабки и с поддержкой люнетом (рис. 2.43).



1 - заготовка; 2 и 3 - резцы

Рисунок 2.42 Установка заготовок в патроне с поджимом задним центром



а - подвижный; б - неподвижный: 1 - верхняя (откидная) часть; 2 - винты; 3 - болты; 4 - кулачки или ролики; 5 - планка; 6 - болт с гайкой

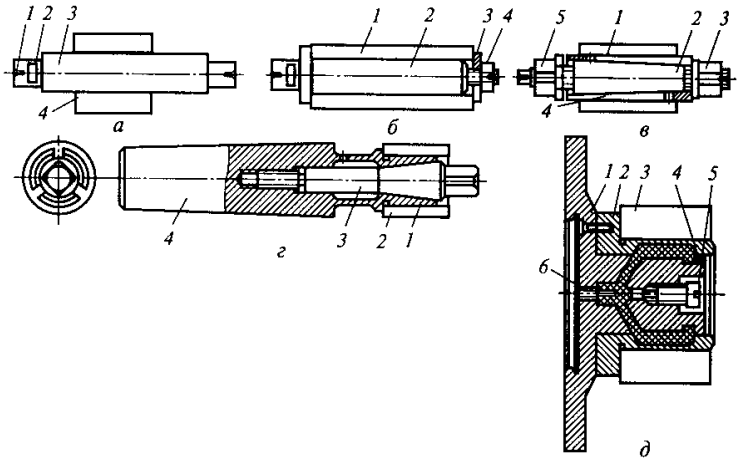
Рисунок 2.43 Люнеты

Самой распространенной является установка обрабатываемой заготовки в центрах станка.

Заготовку обрабатывают в центрах в случае необходимости обеспечения концентричности обрабатываемых поверхностей при

переустановке заготовки на станке, если последующую обработку выполняют на шлифовальном станке тоже в центрах и если это предусмотрено технологией обработки.

Заготовки с отверстием устанавливают в центрах с помощью токарных оправок (рис. 2.44).



а - оправка с малой конусностью (обычно 1:2000); 1 - центровое отверстие; 2 - хомутик; 3 - оправка; 4 - заготовка; *б* - цилиндрическая оправка: 1 - заготовка; 2 - оправка; 3 - прижимная шайба; 4 - шайба; в - разжимная (цанговая) оправка: 1 - заготовка; 2 - коническая оправка; 3, 5 - гайки; 4 - полая оправка; *г* - шпиндельная оправка: 1 - цанга; 2 - заготовка; 3 - разжимная оправка; 4 - патрон;
д - оправка с упругой оболочкой: 1 - план-шайба; 2 - втулка; 3 - заготовка; 4 - отверстие для ввода гидропласта; 5, 6 - винт

Рисунок 2.44 Токарные оправки

Для облегчения условий труда рабочих при закреплении заготовок на станки устанавливают механизированные приводы: пневматические, гидравлические, электрические и магнитные.

Вспомогательный инструмент. Для установки и закрепления режущего инструмента на станке применяют вспомогательный инструмент, который во многом определяет точность и производительность токарной обработки.

В качестве примера рассмотрим вспомогательный инструмент к токарно-револьверным станкам. Принцип работы этого инструмента общий для всех токарных станков; изменяется только хвостовая часть, с помощью которой инструмент устанавливается на станке. На токарно-револьверных станках применяют цилиндрические державки, призматические державки с цилиндрическими хвостовиками и державки сложных форм с цилиндрическими хвостовиками, а также байонетные державки.

Упоры, применяемые на токарно-револьверных станках для ограничения подачи прутка или поворота револьверной головки с горизонтальной осью вращения, бывают жесткие, регулируемые и откидные.

Операции контроля изделия и необходимый для этого измерительный инструмент будут рассмотрены при описании технологии обработки конкретных элементов деталей (например, цилиндрической наружной поверхности, отверстий, конических наружных и внутренних поверхностей). Там же будет приведена технологическая оснастка для обработки этих поверхностей, расширяющая технологические возможности станков этой группы.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите о конструктивной компоновке токарно-винторезного станка?
2. Как оборудуется рабочее место токаря?
3. Какая связь между организацией рационального рабочего места токаря и безопасностью его труда?
4. Перечислите основные виды токарной обработки?
5. Какой режущий инструмент применяют при обработке на токарных станках?
6. Как крепится режущий инструмент на токарно-винторезных станках?
7. Расскажите о приспособлениях для крепления заготовок и вспомогательном инструменте для токарных станков?

Тема 2.2 Черновое и чистовое обтачивание цилиндрических поверхностей с установкой заготовки в патроне и центрах

Оснащение рабочего места: *токарно-винторезный станок 1К62; патрон трехкулачковый; планшайба; центры; хомутик; плакаты; образцы токарных работ; набор резцов (проходные, упорные и подрезные); набор измерительных инструментов для контроля наружных цилиндрических поверхностей (кронциркуль, штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,1 мм, измерительная линейка); чертежи обрабатываемых деталей; технологические карты с указанием режима резания (скорость резания или частота вращения шпинделя, подача и глубина резания); стальные и чугунные заготовки диаметром 60…100 мм и длиной до 150 мм,*

крючок для отвода и удаления стружки; защитные очки; щетка; масленка; шприц; ветошь.

Обтачивание цилиндрических наружных поверхностей, уступов и канавок на заготовках подразделяется на предварительное (обдирочное), когда достигаются 12-й квалитет точности выполнения работ (5-й класс точности) и шероховатость поверхности с параметрами R_z = 40…160 мкм, и окончательное обтачивание, в результате чего достигаются 9…11-й квалитеты точности выполнения работ (3…4-й классы точности) и шероховатость поверхности с параметрами R_a 0,8…2,5 мкм. Приемы выполнения работ подробно разбираются на соответствующих занятиях по обтачиванию наружных поверхностей и отрезке заготовок.

Упражнение по предварительному обтачиванию наружной цилиндрической поверхности с ручным движением подачи резца при установке заготовки в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне заключается в следующем:

1. Установить трехкулачковый патрон на шпиндель станка.
2. Расположить на рабочем месте весь необходимый режущий, измерительный и вспомогательный инструмент, чертеж детали и технологическую документацию.
3. Установить и закрепить проходной резец в резцедержателе.
4. Настроить коробку скоростей станка на требуемую частоту вращения шпинделя n (об/мин) по скорости главного движения резания ν (м/мин), указанной в технологической документации или рекомендованной мастером для данного вида обрабатываемого металла, применяемого инструмента, глубины резания и скорости движения подачи. Частоту вращения шпинделя станка определяют по формуле

$$n=1000\ v/(\pi D) \text{ или } n = 318\ v/D.$$

Скорость главного движения резания может быть назначена по различным материалам по выбору режимов резания.

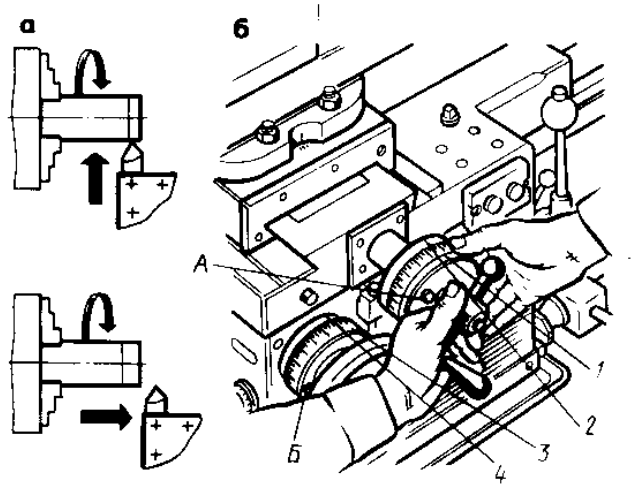
При работе с измененными условиями резания на скорость главного движения резания, выбранную по справочникам, надо вводить поправочные коэффициенты, учитывающие другую марку металла, корку или окалину на обрабатываемой заготовке, измененные углы заточки режущей части инструмента, применение охлаждения и т.п.

5. Проверить (измерить штангенциркулем или линейкой) соответствие размеров полученных заготовок чертежу обрабатываемых деталей. Для определения припусков на предварительную и окончательную обработку необходимо пользоваться специальными таблицами припусков на механическую обработку. По результатам замеров определить требуемые глубину резания, на которую следует подать резец, и число проходов.

6. Установить резец на требуемую глубину резания, для чего подвести его ручным движением подачи к вращающейся заготовке до соприкосновения вершины резца с ее поверхностью и затем переместить резец вправо так, чтобы его вершина находилась на расстоянии 8…10 мм от торца заготовки (рис. 2.45, а).

7. Выключить вращение шпинделя.

8. Подать резец на требуемую глубину резания по лимбу поперечной подачи, для чего, удерживая рукоятку винта левой рукой , правой повернуть кольцо 1 лимба до совпадения его нулевого штриха 2 с риской и закрепить лимб стопорным винтом А (рис. 2.45, б), после чего подать резец по лимбу на требуемое количество делений и вновь установить лимб на нулевое деление



1 - кольцо лимба поперечной подачи; 2 - нулевой штрих для лимба поперечной подачи; 3 - кольцо лимба продольной подачи; 4 - нулевой штрих для лимба продольной подачи; А, Б - стопорные винты

Рисунок 2.45 Прием установки резца на требуемую глубину резания

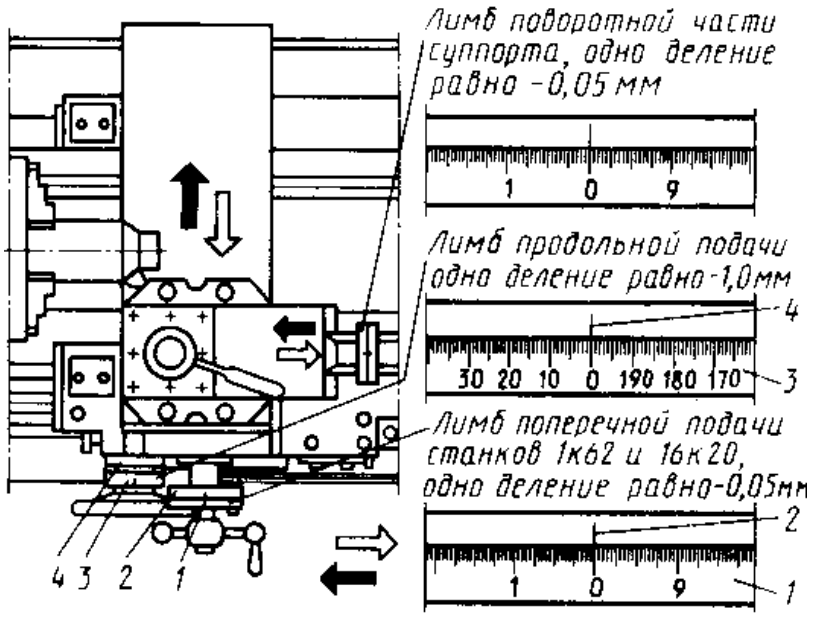


Рисунок 2.46
Цена деления лимбов суппорта токарно-винторезного станка 1К62

На рисунке 2.46 показаны кольца лимбов 1 и 3, нулевые штрихи 2 и 4 и цена делений лимбов суппорта токарно-винторезного станка 1К62. При пользовании лимбом поперечной подачи надо помнить, что цена деления лимба равна 0,05 мм на диаметр, следовательно, при повороте лимба на одно деление резец подается на глубину резания t=0,025 мм, а диаметр наружной поверхности уменьшится не на 0,025 мм, а на 0,05 мм. Точный поворот рукоятки лимба в нужное положение следует делать осторожно, легким ударом руки по рукоятке на подходе к требуемому делению (рис. 2.47, а). Если же лимб случайно все-таки повернули на большее число делений, то для исправления ошибки нельзя поворачивать рукоятку в обратном направлении до совпадения с требуемой риской (рис. 2.47, б). Рукоятку необходимо повернуть на полный оборот назад и только затем вновь подвести к нужному делению (рис. 2.47, в). На отработку этого приема необходимо обратить особое внимание, так как он применяется при

работе на большинстве металлорежущих станков (фрезерных, строгальных, шлифовальных и др.).

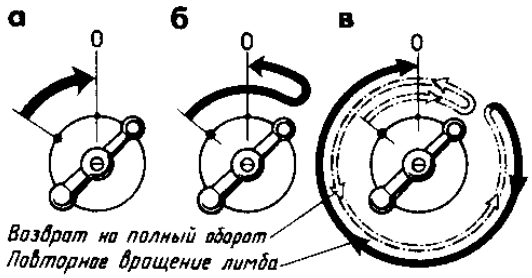


Рисунок 2.47 Правила вращения
рукоятки с лимбом

9. Включить вращение шпинделя.

10. Обточить поверхность заготовки на длину 3…5 мм с ручной подачей резца, осуществляя равномерное вращение маховика фартука суппорта против хода часовой стрелки.

11. Отвести резец от заготовки и переместить в исходное положение, выключить вращение шпинделя, измерить диаметр обработанного участка заготовки штангенциркулем. Если диаметр получился больше заданного размера, необходимо подсчитать, на сколько делений лимба движения поперечной подачи каретки суппорта нужно подать резец, чтобы получить требуемый размер диаметра обработанной поверхности, после чего выполнить вторичный проход и вновь измерить полученный размер. При получении требуемого размера диаметра приступают к обработке заготовки на заданную длину, добиваясь равномерного перемещения суппорта ручной подачей. По окончании обтачивания необходимо резец отвести от обработанной поверхности заготовки движением продольной подачи вправо возвратить в исходное положение. Выключить станок, открепить и снять обработанную заготовку.

Упражнение по обтачиванию наружной цилиндрической поверхности с механической подачей резца при установке заготовки в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне

заключается в выполнении приемов, предусмотренных в предыдущем упражнении. При получении требуемого размера диаметра путем съема пробной стружки на длине 3…5 мм, как описано выше, приступают к обработке заготовки на заданную длину с механической подачей резца, для чего необходимо:

1. Настроить станок на скорость движения прямой продольнойподачи, величина которой указана в технологической документации, в справочниках по режимам резания или рекомендована мастером для данного вида обработки. При предварительной (черновой) обработке, когда к качеству обработанной поверхности не предъявляют высокие требования, можно выбирать большую скорость движения подачи. При окончательной обработке, когда требуется получить поверхности определенной шероховатости, выбирают меньшую скорость движения подачи.

2.Включить вращение шпинделя станка.

3.Включить прямую продольную подачу и обточить заготовку на требуемую длину. Для выдерживания заданной длины обработки применяют следующий прием: стержень глубинометра штангенциркуля выдвигают на требуемую длину и концом штанги упирают в торец заготовки. Резец перемещают до совмещения его вершины с концом стержня глубинометра (рис. 2.48, а). Затем поперечной подачей резец перемещают до тех пор, пока его вершина немного врежется в заготовку и обозначится круговая риска, до которой и следует обтачивать заготовку (рис. 2.48,б). При подходе резца к риске на расстоянии 2…3 мм необходимо выключить механическую продольную подачу, а резец довести до риски вручную, после чего отвести его от обработанной поверхности и выключить станок. Это упражнение можно выполнить, применяя лимб продольной подачи.

4.Измерить длину обработанной поверхности линейкой (рис. 2.48, в) или стержнем глубинометра штангенциркуля (рис.2.48, г), диаметр – штангенциркулем с отсчетом по нониусу 0,1 мм (рис. 2.48, д).

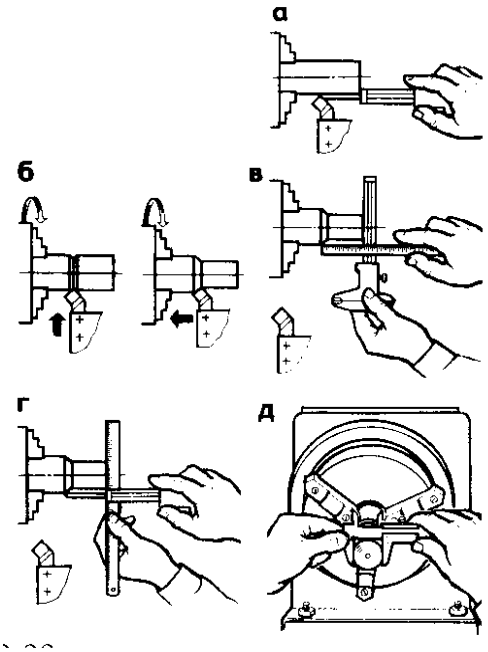
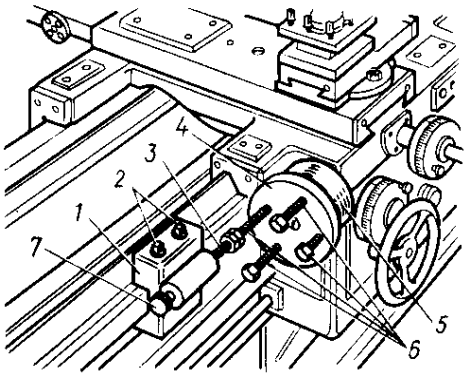


Рисунок 2.48 Приемы обтачивания цилиндрической поверхности на заданную длину

Для выдерживания заданной длины обработки применяют также упоры. Продольный упор ограничивает продольное перемещение суппорта. Упор закрепляют болтами на передней направляющей станины, обеспечивая определенную длину перемещения суппорта. Как только суппорт дойдет до упора, от перегрузки автоматически выключается продольная подача. При обтачивании ступенчатого вала вместо постоянного упора применяют мерные прутки или плиты и многопозиционные упоры, меняя которые можно обеспечить обработку каждой ступени валика на требуемую длину и диаметр. Применять упоры можно только на станках с автоматическим выключением подачи при перегрузке.



1 - упор; 2 - крепежные болты; 3 - винт упора; 4 - диск поворотный; 5 - барабан; 6 - винты упорные мерные; 7 - регулировочная головка винта

Рисунок 2.49 Продольный многопозиционный упор

На рисунке 2.49 показан многопозиционный продольный упор для обработки ступенчатых деталей в серийном производстве. Для обтачивания очередной ступени заготовки на заданную длину диск 4 с установленными на нем винтами 6 поворачивают по ходу часовой стрелки на четверть оборота. Для выдерживания заданных размеров диаметров применяют поперечные упоры, устанавливаемые на поперечные нижние салазки суппорта станка.

Упражнение по обтачиванию наружных цилиндрических поверхностей длинных заготовок с поджатием задним центром можно выполнять двумя способами.

Первый способ. Заготовку с предварительно обработанными центровыми отверстиями установить одним концом в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне, другим на задний центр и поджать пинолью задней бабки.

Затем обточить конец, расположенный у заднего центра, на длину 40…50 мм, переставить заготовку обточенным концом в патрон, другим на задний центр (рис. 2.50) и закончить обработку всей поверхности вала.

Второй способ. Заготовку с предварительно обработанными центровыми отверстиями и закрепленным хомутиком устанавливают в поводковый патрон на передний и задний центры и поджимают пинолью задней бабки (рис. 2.51, а). Затем необходимо обточить не менее 2/3 длины заготовки, измерить диаметры d_1 и d_2 обработанной поверхности заготовки. Если имеется конусность ($d_1 \neq d_2$), то перемещением корпуса задней бабки в поперечном направлении устранить ее. Переставить хомутик на обработанный конец заготовки, установить заготовку необработанным концом к заднему центру и обточить окончательно (рис. 2.51, б).

Для обработки цилиндрической поверхности заготовки полностью за один установ необходимо вместо поводкового патрона и хомутика применить специальный передний центр (рифленый, плавающий с рифленым поводком, самозажимной или обратный) и задний центр – вращающийся.

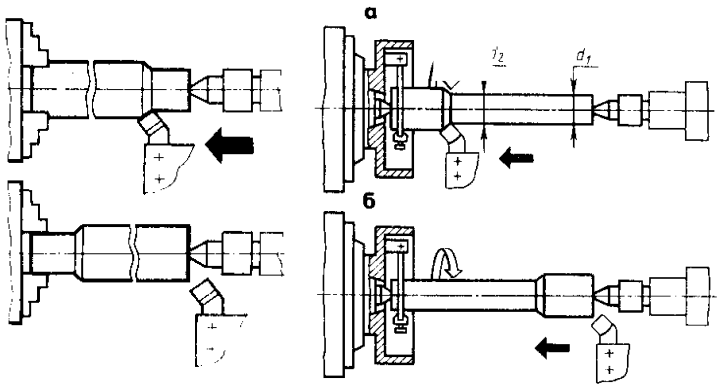


Рисунок 2.50 Обтачивание заготовок, закрепленных в патроне с поджатием задним центром

Рисунок 2.51 Обтачивание заготовок в центрах

Упражнение по обтачиванию наружных цилиндрических поверхностей с уступами (ступенчатых валов) заключается в выполнении приемов, предусмотренных в предыдущих упражнениях, и подразделяется на предварительную обработку без подрезания торцов поверхности и окончательную с подрезанием торцовых поверхностей. Предварительное обтачивание цилиндрических поверхностей с уступами производят проходным правым резцом с главным углом в плане $\varphi = 45^0$. После обработки 1-й ступени на требуемую длину и диаметр наносят вторую круговую риску (рис. 2.52, а), устанавливают резец на требуемую глубину резания и производят обработку 2-й ступени (рис. 2.52.,6).

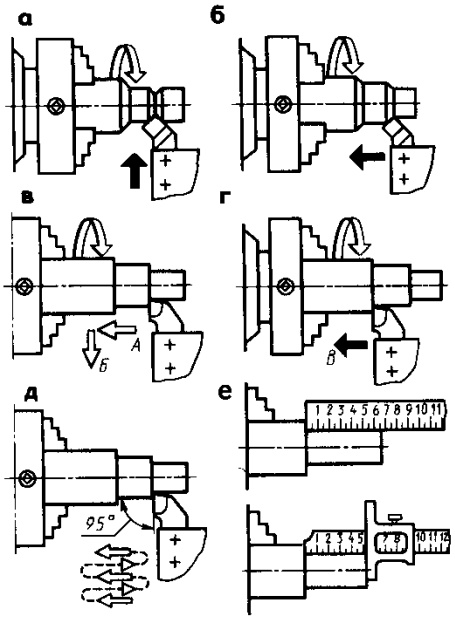


Рисунок 2.52 Приемы обтачивания цилиндрических поверхностей с уступами

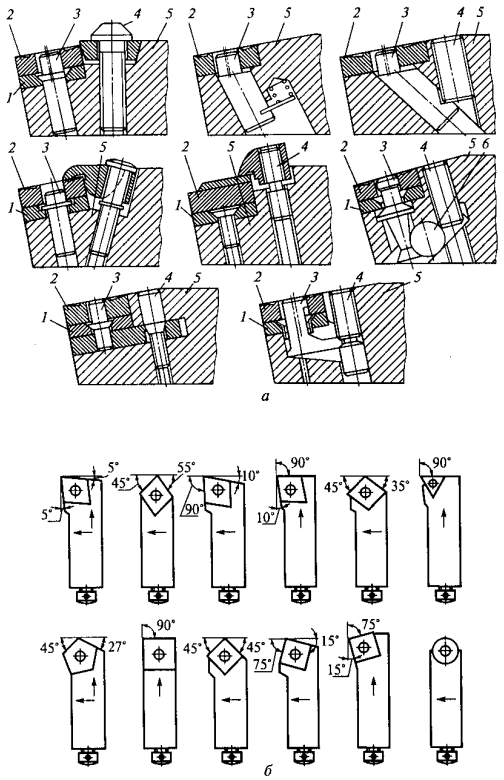
Окончательную обработку поверхностей производят проходным упорным резцом с главным углом в плане $\varphi = 90^0$, для чего цилиндрическую ступенчатую заготовку устанавливают и закрепляют в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне, проходной упорный резец ручным движением поперечной подачи перемещают до соприкосновения вершины головки резца с поверхностью заготовки, обеспечив требуемую глубину резания для получения заданного меньшего диаметра вала, затем за один проход продольной ручной подачей по стрелке А протачивают 1-ю ступень на длину, указанную на чертеже (рис. 2.52, в). Отводят резец от отработанной поверхности заготовки движением поперечной подачи по стрелке Б, устанавливают вершину резца на размер, обеспечивающий получение следующего диаметра вала, и с движением продольной ручной подачей по стрелке В (рис. 2.52,г) протачивают 2-ю ступень на требуемую длину, после чего снова отводят резец и выключают станок.

После обработки каждой ступени вала измеряют длину ступени (рис. 2.52, е) измерительной линейкой, стержнем глубинометра штангенциркуля, штангенглубинометром или шаблоном, а диаметр ступени – штангенциркулем. Если высота уступа ступенчатого вала, или глубина резания, менее 5 мм, обработку выполняют за один проход. Если высота уступа более 5 мм, то обработку ведут за два прохода и более, а резец устанавливают под углом $\varphi = 95^0$, (рис. 2.52, д).

На этом занятии учащийся должен обработать несколько заготовок с различными размерами уступов и перепадами диаметров ступеней, требующих обработки за один или несколько проходов; выполнить измерение обработанных поверхностей различными измерительными инструментами.

Особенности обработки твердосплавными резцами. Для наружного продольного чернового и чистового точения применяют проходные резцы. В настоящее время конструкция резцов с напаянными твердосплавными пластинами устарела. За рубежом около 80 % применяемых проходных твердосплавных резцов имеют сборную конструкцию, у нас в стране - только 20 % (рис. 2.53). По сравнению с напаянными резцами сборные имеют следующие преимущества: сокращение расходов на переточку;

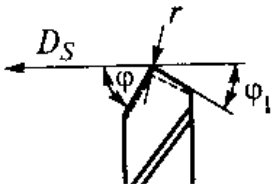
уменьшение вспомогательного времени на смену и подналадку резцов; экономия твердого сплава.



1 - подкладка; 2 - пластина; 3 - штифт; 4 - винт; 5 - державка; 6 - шарик

Рисунок 2.53 Проходные резцы сборной конструкции (а) и типовые резцовые вставки с механическим креплением многогранных и цилиндрических твердосплавных пластин (б)

Прямые проходные резцы изготовляют с главным углом в плане φ = 45, 60 и 75° (рис. 2.54). Отогнутые проходные резцы (рис. 1.55, а и б) имеют угол φ = 45°. Они широко применяются для продольного и поперечного точения (т.е. для подрезки торцов). Упорные проходные резцы (рис. 2.55, в) имеют угол φ = 90°. Они пригодны для обработки деталей с уступами небольших размеров и нежестких деталей.



φ и φ_1 - главный и вспомогательный углы в плане;
r - радиус скругления при вершине резца; D_s - направление движения подачи

Рисунок 2.54 Прямой проходной резец

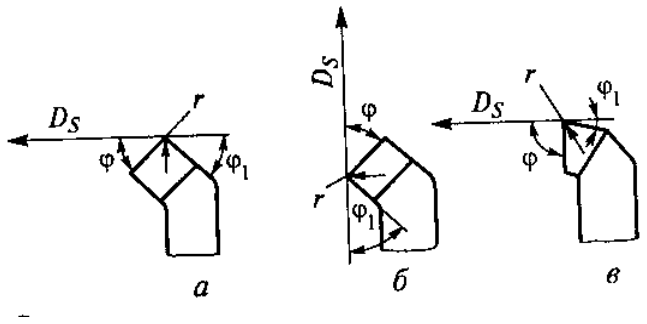


Рисунок 2.55 Проходные отогнутые (а и б) и упорные (в) резцы

Особенности обработки резцами из быстрорежущих сталей. Резцы из быстрорежущих сталей имеют такую же форму передней поверхности, как у сборных резцов с пластинками твердого сплава того же назначения, но имеют отличные от них углы резания и размеры элементов головки.

Резцы с плоской передней поверхностью и положительным передним углом γ рекомендуется применять при обработке чугуна, бронзы и стали с подачей $S_o < 0,2$ мм/об. Резцы с плоской передней поверхностью с фаской применяют при обработке сталей с подачей $S_o > 0,2$ мм/об. Резцы с криволинейной передней поверхностью с фаской (радиус кривизны поверхности R = 3...18 мм, ширина фаски b = 2,5... 15 мм) применяют при обработке сталей. У этих резцов передний угол γ = 20... 25°, задний угол α = 8...12°.

Чистовая обработка. Для получения поверхности с малой шероховатостью, точной по форме и размерам заготовку подвергают чистовой обработке.

Если требуемую шероховатость поверхности нельзя получить обычным проходным резцом, то применяют специальные (чистовые) резцы, предназначенные только для чистовой обработки.

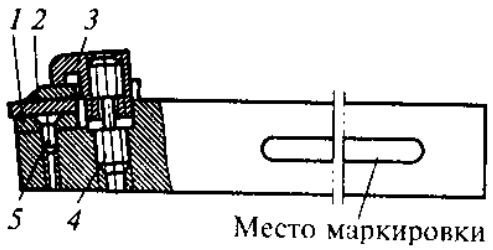
Установка резца относительно оси заготовки при чистовой обработке должна исключать возникновение дефектов на обработанной поверхности, что достигается установкой вершины резца по оси заготовки или несколько ниже ее. Вылет резца (при закреплении) должен быть минимально возможным.

Особенности обработки резцами с минералокерамическими пластинами. Резцы с неперетачиваемыми минералокерамическими пластинами (типа ЦМ-332) применяют для чистовой и

получистовой обработки стали (в том числе закаленной), чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов. Минералокерамические пластины обладают очень низкой теплопроводностью и склонны к образованию трещин при быстром нагревании и особенно при быстром охлаждении. Пластины крепят механическим способом (аналогично креплению твердосплавных многогранных пластин). При установке пластины нельзя допускать, чтобы она выступала за головку резца более чем на 1 мм. Пластины разрушаются, как правило, при входе инструмента в зону резания и выходе из нее, поэтому отводить резец от детали нужно только при выключенной подаче. Для обработки напроход применяют резцы с пластинами из оксидно-карбидной минералокерамики (рис. 2.56, а)

Пластины из оксидно-карбидной минералокерамики типа ВЗ, ВОК-60 и ВОК-63 выпускают треугольной, квадратной, ромбической и круглой форм.

Режущие пластины треугольной формы используют для предварительной чистовой обработки. Наиболее широко распространены пластины квадратной формы, используемые как для черновой (при толщине пластины 8 мм), так и для чистовой (при толщине пластины 4 мм) обработки.



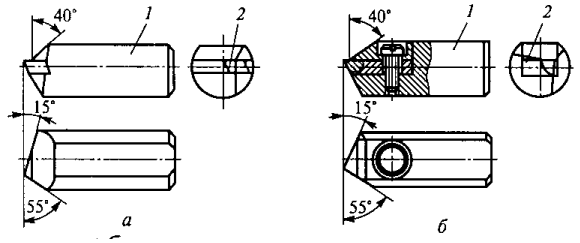
1 - опорная пластина из твердого сплава; 2 - режущая пластина из минералокерамики; 3 - прихват; 4 - дифференциальный винт; 5 - винт

Рисунок 2.56 а1 Конструкция резца с минералокерамической пластиной

Пластины ромбической формы с углом ромба 75 или 80° в основном применяют для черновой обработки, а с углом ромба 55° - для продольного точения по копиру. Пластины круглой формы чаще применяют при обработке гладких поверхностей без уступов. При обработке резцами, оснащенными режущей минералокерамикой, особое внимание следует обращать на стружколомание и удаление стружки из зоны резания. Это обеспечивается регулированием вылета накладного стружколома

относительно режущей кромки пластины и установкой накладного стружколома под углом 30...35° относительно режущей кромки.

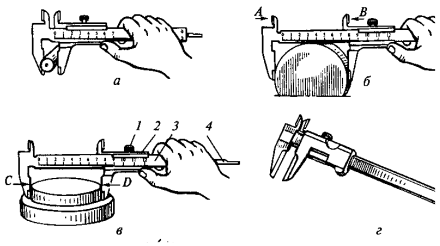
Особенности обработки резцами со вставками из эльбора и поликристаллических сверхтвердых материалов (СМ). Резцы из эльбора-Р и СМ применяют при необходимости повышения производительности *(v* = 400...800 м/мин) и улучшения качества обработки деталей из высокопрочных и закаленных сталей, чугуна, твердых сплавов и т.п. Конструкция резца, оснащенного вставкой из СМ, показана на рис. 2.56, б. Рабочие поверхности резца после заточки должны быть доведены. Обязательным условием эффективного использования инструмента, оснащенного вставками из эльбора-Р и СМ, является его переточка на специализированном оборудовании.



1 - державка; 2 - вставка из СМ

Рисунок 2.56, б Конструкция резца, оснащенного вставкой из СМ, впаянной (а) и механически закрепленной (б)

Контроль деталей. Наиболее распространенным инструментом для измерения размеров деталей, полученных после черновой и получистовой обработки, является штангенциркуль (рис. 2.57).



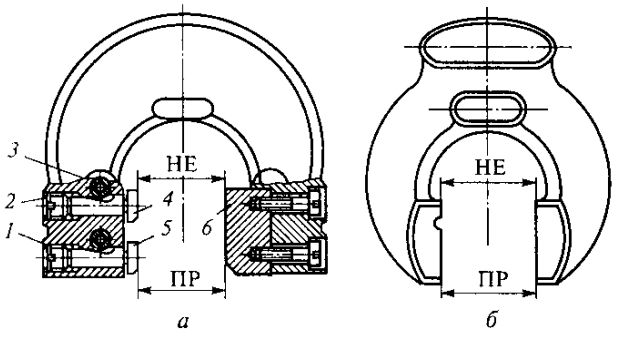
а - правильное измерение небольшого диаметра; б - неправильное измерение; в - правильное измерение большого диаметра; г - штангенциркуль с цифровой индикацией; А и В - губки для измерения внутренних поверхностей; С и D - губки для измерения наружных поверхностей; 1 - винт; 2 - каретка нониуса; 3 - линейка; 4 - ножка для измерения уступов и углублений

Рисунок 2.57 Измерения штангенциркулем

Губки C и D предназначены для измерения наружных, а губки A и B - для измерения внутренних поверхностей, с помощью ножки *4* измеряют уступы и углубления. Размер с точностью до 1 мм измеряют по линейке *3*, а с точностью до 0,1 мм - по нониусу на каретке *2*. После замера губки фиксируют винтом *7*.

Наиболее удобным для определения размеров является штангенциркуль с цифровой индикацией (рис. 2.57, г).

В условиях серийного производства детали измеряют предельными регулируемыми (рис. 2.58, а) и нерегулируемыми (рис. 2.58, б) скобами. Особенностью скоб различных конструкций является то, что с их помощью оценивают два размера обработанной детали: первый - с наибольшим отклонением, а второй - с наименьшим. Размер с наибольшим отклонением обозначается ПР (проходной), а размер с наименьшим отклонением - НЕ (непроходной). В регулируемых скобах размеры НЕ и ПР настраивают перемещением измерительных головок.



1, 2 и 3 - винты; 4, 5 - измерительные головки; 6 - опорная поверхность; ПР и НЕ - соответственно проходной и непроходной размеры

Рисунок 2.58 Предельная скоба регулируемая (а) и нерегулируемая (б)

Контрольные вопросы:

1. *Какие резцы применяют для обработки наружных поверхностей?*
2. *Как влияют разные значения элементов (углов) резцов на процесс обработки наружных цилиндрических поверхностей?*
3. *Расскажите об условиях применения резцов с пластинками из твердых сплавов, из быстрорежущей стали, с минералокерамическими пластинками, со вставками из эльбора и поликристаллических сверхтвердых материалов?*
4. *Расскажите об основных параметрах, определяющих режимы резания при точении?*

Тема 2.3 Подрезка торцов и уступов. Проточка канавок и отрезка

Оснащение рабочего места: *то же, что и для темы 2.2, кроме того, набор различных прорезных, фасонных, отрезных и подрезных резцов; стальные и чугунные заготовки с предварительно обработанной наружной поверхностью типа валов диаметром 60…10 мм, различные фланцы, втулки и прутковый материал.*

Упражнение по подрезанию торцов заготовок заключается в выполнении приемов, предусмотренных в предыдущих упражнениях (установка патрона, резца и заготовки, настройка станка на требуемую частоту вращения шпинделя). Заготовку закрепить в патроне с вылетом из кулачков не более 40…50 мм. Обработку выполнять подрезным торцовым отогнутым резцом с углом $\varphi = 90^0$ или проходным отогнутым резцом с углом $\varphi = 45^0$.

Обработку торца заготовки выполнять в такой последовательности: коснуться вершиной головки резца торца заготовки и отвести резец от заготовки на себя; установить резец на требуемый размер срезаемого слоя (глубину резания или припуск по торцу), перемещая его влево по стрелке А; подать резец по стрелке Б движением ручной поперечной подачи, уменьшая значение скорости движения подачи при подходе вершины резца к оси заготовки (рис. 2.59,а).

Для подрезки второго торца заготовки открепить заготовку, измерить ее длину, определить оставшийся припуск для обработки 2-го торца, закрепить заготовку в патроне другим концом. Переместить резец по стрелке А, отсчитывая перемещение по лимбу винта верхних салазок (или по лимбу движения продольной подачи каретки суппорта) от торца заготовки, оставив 0.1…0,2 мм на окончательное подрезание.

Подрезать торец путем перемещения резца к центру по стрелке Б движением поперечной ручной подачи (рис. 2.59, б). Отвести резец от заготовки в исходное положение. По лимбу винта верхних салазок суппорта подать резец влево на оставшийся припуск и подрезать второй торец окончательно (рис. 1.59, в). при подрезке торцов проходным отогнутым резцом с углом $\varphi = 45^0$ предварительный проход выполнять перемещением резца от

наружной поверхности заготовки к центру (по стрелке А), окончательный проход – перемещением от центра к наружной поверхности заготовки по стрелке Б (рис. 2.59, г).
Прямолинейность торца заготовки после обработки проверить измерительной линейкой (рис. 2.59, д, е). Выпуклость торца не допускается.

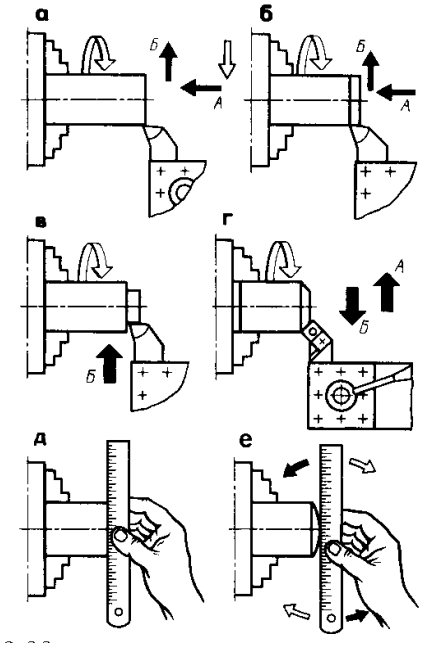
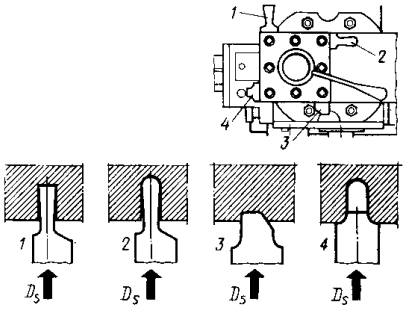


Рисунок 2.59
Приемы подрезания торцов

Упражнение по вытачиванию различных канавок выполняют прорезными резцами соответствующей формы с поперечной подачей суппорта (рис. 2.60), пользуясь шкалой лимба поперечной каретки суппорта. Диаметр вытачиваемой канавки измеряют штангенциркулем, ее глубину – стержнем глубиномера штангенциркуля (рис. 2.61), ширину канавки – измерительной линейкой, штангенциркулем или шаблонами.



1 - резец для канавок прямоугольного профиля;
2 - резец для полукруглых канавок; 3, 4 - резцы для фасонных канавок

Рисунок 2.60 Вытачивание канавок

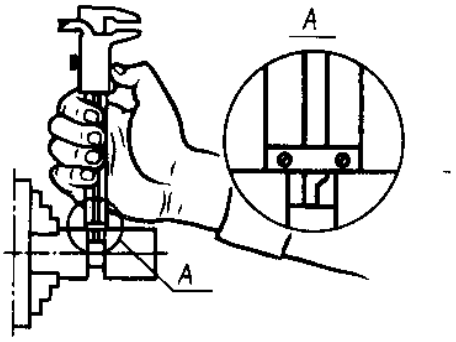


Рисунок 2.61
Измерение глубины канавки

Для отрезки заготовок требуемой длины нужно выполнить следующие приемы:

1. Установить и закрепить отрезной резец, при этом длина головки резца должна быть равна половине диаметра отрезаемой заготовки плюс 3…5 мм.

2. Вставить пруток в отверстие шпинделя с левой стороны коробки скоростей. Вылет прутка из кулачков патрона на длину L должен включить длину l_1 отрезаемой заготовки, ширину канавки a и расстояние b от левой стороны канавки до кулачков, которое должно примерно равняться диаметру заготовки (рис. 2.62, а).

3. Подобрать скорость главного движения резания, по ее значению и диаметру заготовки определить частоту вращения шпинделя.

4. Переместить отрезной резец правой вершиной головки от торца заготовки на требуемую длину l_1 и ручным движением поперечной подачи без разгонки резцом отрезать заготовку (рис. 2.62,б).

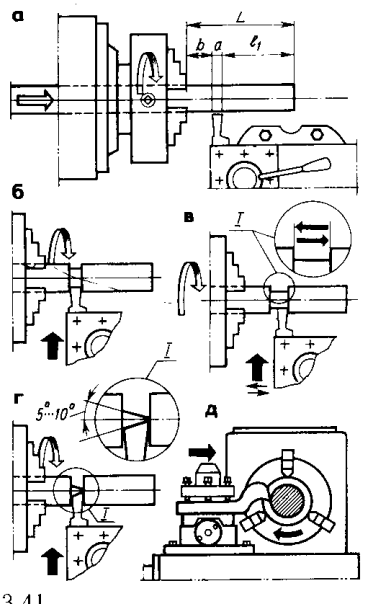


Рисунок 2.62
Приемы отрезания заготовок

Широкую канавку (больше ширины резца) вытачивают поперечным и продольным движениями подач с разгонкой резцом за несколько проходов, для чего резец устанавливают на размер правой стороны канавки от торца детали и подают резец по лимбу поперечной подачи на глубину на 0,5 мм меньше, чем задано по чертежу, оставив припуск для окончательного прохода. Затем отводят резец на себя в исходное положение, смещают резец влево на ширину канавки (с учетом ширины режущей кромки резца), подают резец по лимбу поперечной подачи на полную глубину канавки и, перемещая его слева направо, обрабатывают дно канавки окончательно (рис. 2.62, в).

Этот же способ применяют для уменьшения трения боковых сторон отрезного резца об образующиеся торцовые поверхности отрезаемой заготовки.

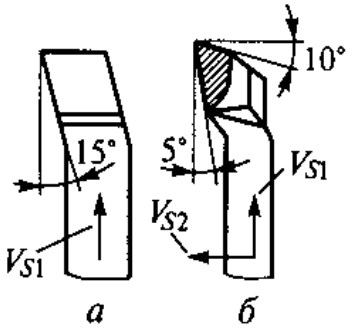
При отрезке заготовки нельзя отламывать ее от основного прутка на ходу станка. Чтобы на торце отрезной заготовки не оставалась бобышка, режущую кромку резца можно заточить под углом $5\ldots10^0$ относительно оси вращения заготовки (при правой вершине резца угол в плане $\varepsilon = 80\ldots85^0$). В этом случае правая вершина головки резца опережает левую и прорезание произойдет до самого центра. Оставшийся на торце прутка конический выступ удаляют путем продолжения поперечной подачи резца (рис. 2.62, г).

При отрезке заготовок большого диаметра для уменьшения дрожания и возможности поломки резца применяют изогнутый отрезной резец с тонкой и длинной головкой, который устанавливают режущей кромкой вниз, а заготовку (шпиндель с патроном) вращают в обратном направлении (рис. 2.62, д).

Все приведенные выше упражнения по обтачиванию цилиндрических поверхностей и подрезке торцов повторить несколько раз, после чего обработать заготовки, необходимые для проведения следующих занятий или изготовления деталей для продукции, выпускаемой учебными мастерскими.

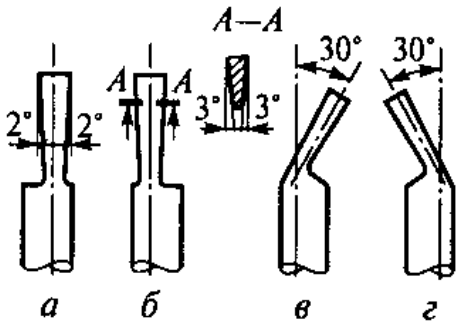
Особенности обработки торцовых поверхностей (рис. 2.63). Торцы и уступы обрабатывают подрезными, проходными отогнутыми или проходными упорными резцами.

Подрезной резец предназначен для обработки наружных торцовых поверхностей. При подрезании торца движение подачи резца осуществляется перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки. Подрезной резец (рис. 2.63, б) позволяет обрабатывать различные торцовые и другие поверхности с продольным и поперечным движениями подачи.



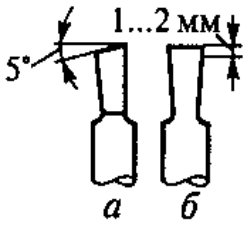
а - для обработки наружных торцов;б - для работы с продольной V_{S2} и поперечной V_{S1} подачами

Рисунок 2.63
Подрезные резцы



а - прямой левый; б - прямой правый; в - отогнутый левый; г - отогнутый правый

Рисунок 2.64
Прорезные резцы



а - для получения ровного торца у отрезаемой детали; б - для уменьшения шероховатости поверхности, получен-ной после отрезки

Рисунок 2.65
Отрезные резцы

Подрезные резцы изготовляют сборными с пластинами из быстрорежущих сталей или твердых сплавов. Главный задний угол $\alpha = 10...15°$, передний угол γ выбирают в зависимости от обрабатываемого материала.

Скорость резания для обработки торцов и уступов обычно на 20% выше, чем при обработке наружных цилиндрических

поверхностей, так как время участия резца в процессе резания незначительно и он не успевает нагреться до критической температуры.

Обработка канавок и отрезка. Узкие канавки обрабатывают прорезными резцами. Форма режущей кромки резца соответствует форме обрабатываемой канавки. Прорезные резцы (рис. 2.64) бывают прямые и отогнутые, которые, в свою очередь, делятся на правые и левые. Чаще применяют правые прямые и левые отогнутые прорезные резцы.

Жесткость детали не всегда позволяет прорезать канавки заданной ширины за один проход резца. Канавку шире 5 мм в нежесткой детали прорезают за несколько проходов резца с поперечным движением подачи. На торцах и по диаметру канавки оставляют припуск 0,5...1 мм для чистовой обработки, которую выполняют этим же резцом или канавочным резцом с размером режущей кромки, равным заданному размеру канавки.

Заготовки и детали разрезают отрезными резцами (рис. 2.65). Ширина режущей кромки отрезного резца зависит от диаметра отрезаемой заготовки и может быть равна 3; 4; 5; 6; 8 и 10 мм. Длина головки отрезного резца должна быть несколько больше половины диаметра d прутка, от которого отрезают заготовку $(l>0,5d)$.

Отрезные резцы изготовляют цельными, а также с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава. Для уменьшения трения между резцом и разрезаемым материалом головка резца сужается к стержню под углом $1...2^0$ (с каждой стороны резца), угол $\lambda = 0°$, задний угол $\alpha = 12°$.

Отрезные резцы следует устанавливать под прямым углом к оси обрабатываемой заготовки. Установка режущей кромки резца выше оси обрабатываемой заготовки (даже на 0,1 - 0,2 мм) может привести к его поломке, а при установке режущей кромки резца ниже оси заготовки на торце детали остается необработанный выступ. Расстояние от торца приспособления для закрепления прутка до обработанного торца прутка не должно превышать диаметра отрезаемого прутка.

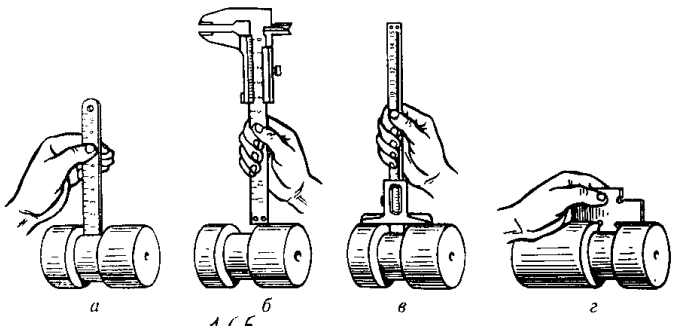
При резании хрупкого материала заготовка отламывается раньше, чем резец подойдет к центру заготовки, в результате чего на торце заготовки остается выступ (бобышка). Для получения

ровного торца режущую кромку резца выполняют под углом 5...10° (рис. 2.65, а).

Для уменьшения шероховатости поверхности, полученной после отрезки, на задних вспомогательных поверхностях резца делают фаски шириной 1...2 мм (рис. 2.65, б). Поперечная подача при обработке канавок - 0,05...0,3 мм/об (для стальных деталей диаметром до 100 мм).

Скорость резания при обработке канавок и отрезке заготовок - 25...30 м/мин для резцов из быстрорежущих сталей и 125...150 м/мин для твердосплавных резцов.

Контроль наружных уступов, торцов и канавок. Глубину канавок на наружной поверхности детали измеряют линейкой, штангенциркулем, штангенглубиномером и шаблоном-уступомером (рис. 2.66).



а - линейкой; б - штангенциркулем; в – штанген-глубиномером; г - шаблоном-уступомером

Рисунок 2.66 Измерение глубины канавки

Ширину обработанного участка до уступа измеряют линейкой в том случае, если не требуется большой точности измерения. При более высоких требованиях к точности измерения лучше использовать штангенциркуль, а при серийном производстве деталей - шаблон-уступомер. Проходная сторона шаблона (ПР) при измерении должна упираться в обработанную цилиндрическую поверхность детали, а непроходная сторона (НЕ) - в наружную цилиндрическую поверхность детали.

Контрольные вопросы:

1. *Назовите резцы и режимы резания, применяемые при обработке торцов и уступов?*
2. *Расскажите о способах протачивания канавок и отрезки заготовок?*
3. *Как устроен штангенциркуль, предельные скобы и как ими пользоваться?*
4. *Расскажите, как измеряют уступы и канавки?*

Тема 2.4 Обработка отверстий

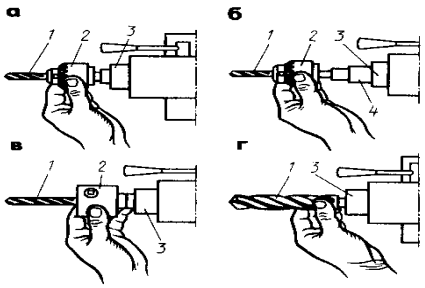
Оснащение рабочего места: то же, что и для темы 1.2., кроме того, патрон трехкулачковый самоцентрирующийся; патрон четырехкулачковый; планшайба с планками и болтами; трехкулачковый сверлильный патрон; двухкулачковый сверлильный патрон; переходные конические втулки Морзе 2/3 и ¾; спиральные сверла диаметром 8…15 мм с цилиндрическим хвостовиком; спиральные сверла диаметром 15…20 мм с коническим хвостовиком; подрезные и расточные резцы различной длины для растачивания сквозных и глухих отверстий; центровочные сверла; заготовки стальные и чугунные диаметром 25…100 мм и длиной 60…150 мм; плакаты; образцы токарных работ с обработанными отверстиями (желательно с вырезами или в разрезе); инструменты для контроля отверстий (штангенциркуль, кронциркуль, штангенглубинометр); чертежи обрабатываемых деталей; щетка-сметка; защитные очки.

Обработку отверстий на токарных станках выполняют различными режущими инструментами, выбор которых зависит от вида заготовок (в сплошном металле или с отверстием предварительно полученным литьем, ковкой или штамповкой), формы отверстия (цилиндрической, конической, ступенчатой, сквозной и т.п.), точности и шероховатости поверхности отверстия.

Заготовки крепят в шпинделе станка и сообщают им вращательное движение, а режущие инструменты – в пиноли задней бабки (реже – в резцедержателе на суппорте станка) и сообщают им поступательное движение подачи. В зависимости от формы и размеров заготовку крепят в трехкулачковом патроне, на планшайбе с помощью планок и болтов или другими способами.

Обработку отверстий в сплошном металле заготовки производят спиральными сверлами. Когда длина отверстия превышает 5…10 диаметров, при так называемом глубоком сверлении, применяют специальные сверла (ружейные, пушечные, шпиндельные, кольцевые, центровочные и др).

Спиральные сверла диаметром до 10 мм с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в трехкулачковом сверлильном патроне, который устанавливают непосредственно в коническое отверстие пиноли задней бабки (рис. 2.67, а). Если конус хвостовика сверлильного патрона меньше конуса конического отверстия пиноли, то необходимо использовать переходную коническую втулку 4 (рис. 2.67, б). Спиральные сверла диаметром более 10 мм с цилиндрическим хвостиком закрепляют в двухкулачковом сверлильном патроне, обладающем большей силой зажима (рис. 1.67, в).



1 - сверло; 2 - патрон; 3 - пиноль; 4 - переходная втулка

Рисунок 2.67 Способы закрепления сверл на токарном станке

Спиральные сверла с коническими хвостовиками устанавливают непосредственно в коническом отверстии пиноли задней бабки станка (рис. 2.67, г), а когда конус сверла меньше конического отверстия пиноли, то с помощью одной или нескольких переходных втулок.

Различают предварительное и окончательное сверление. При предварительном сверлении диаметр сверла подбирают меньше окончательного диаметра на размер припуска, оставленного для

окончательной обработки. После предварительного сверления, т.е. сверление сверлом большего диаметра, зенкерования, развертывание или растачивание отверстия резцом. Выбор вида дальнейшей обработки зависит от точности обрабатываемого отверстия.

Увеличение диаметра уже имеющегося в заготовке отверстия и придание ему необходимой формы (цилиндрической, конической, ступенчатой) с помощью расточных резцов называется растачиванием. Расточной резец, устанавливаемый в резцедержатель суппорта станка, должен иметь консольную часть, выступающего из резцедержателя на длину, большую длины растачиваемого отверстия заготовки. Геометрические элементы расточных резцов и элементы режимов резания при расставании аналогичны этим параметрам при обтачивании цилиндрических заготовок проходными резцами. На рис. 2.68. приведены конструктивные и геометрические элементы расточных резцов и способы растачивания различных видов отверстий.

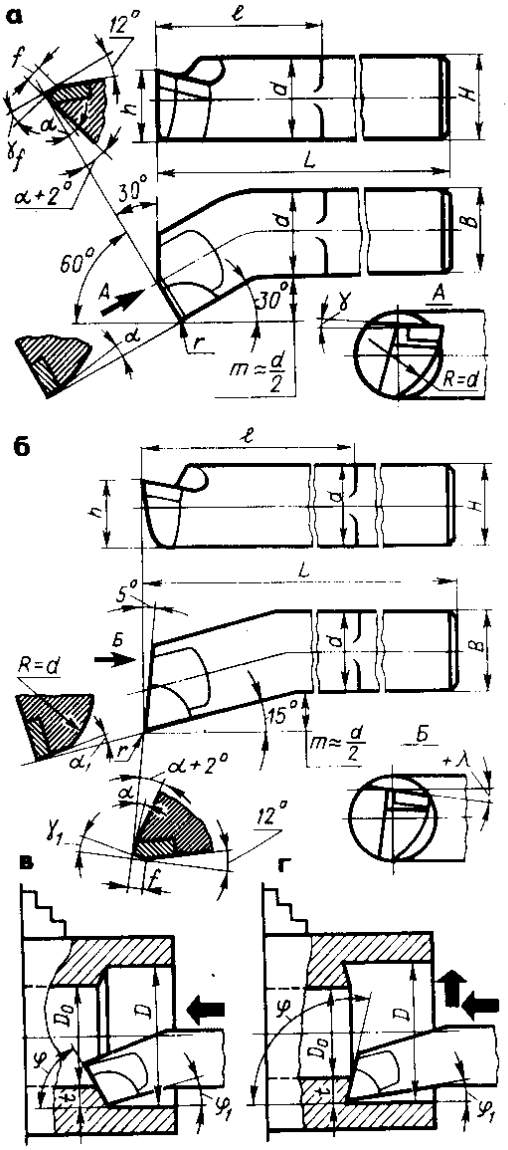
Упражнение по сверлению отверстий в сплошном металле заключается в выполнении следующих приемов.

1. Подобрать сверло для сверления сквозного цилиндрического отверстия. Если отверстие требует последующей обработки (зенкерования, развертывания, нарезания резьбы и т.п), то диаметр сверла может быть выбран по таблице 3.

2. Закрепить сверло в зависимости от его размера и конструкции в сверлильном патроне или непосредственно в пиноли задней бабки.

3. Закрепить заготовку в зависимости от ее размеров и формы в трехкулачковом самоцентрирующемся или в четырехкулачковом патроне.

4. Подрезать проходным отогнутым резцом торец заготовки и в центре его сделать зацентровку – углубление конической формы для направления сверла при врезании (рис.2.69, а). Вместо этого углубления можно выполнить надсверливание торца коротким сверлом большого диаметра, закрепленным в пиноли задней бабки.



а - для обработки сквозных отверстий; б - для обработки глухих и ступенчатых отверстий; в - растачивание гладкого отверстия; г - растачивание отверстия с уступом

Рисунок 2.68 Токарные расточные резцы и способы растачивания гладких отверстий и с уступами

Таблица 3 .Рекомендуемые диаметры сверл в зависимости от их назначения, мм

Номинальные диаметры обработки	Сверление						
	На проход				под зенкерование	под развертывание	под метрическую резьбу
	Точная сборка		Грубая сборка				
	под болты, винты и шпильки	под заклепки	под болты, винты и шпильки	под заклепки			
1	1,2	1,1	-	-	-	-	0,75
1,2	1,4	1,3	-	-	-	-	0,95
1,4	1,6	1,5	-	-	-	-	1,1
1,6.	1,8	-	-	-	-	-	-
2	2,2	2,1	-	2,3	-	-	1,6
2,3	2,5	2,4	-	2,6	-	2,1	1,9
2,5	2,7	-	-	-	-	2,4	-
2,6	2,8	2,7	-	3,1	-	-	2,15
3	3,2	3,1	-	3,5	3,1	2,9	2,5
3,5	3,7	3,6		4,0	-	-	-
4	4,2	4,1	-	-	4,1	3,9	3,3
4,5	-	-	-	-	-	-	3,6
5	5,2	5,1	6,0	5,7	5,1	4,8	4,2
6	6,3	6,2	7,0	6,7	6,1	5,8	5,0
7	7,3	7,2	-	7,7	-	6,7	-
8	8,3	8,2	9,0	8,7	8,1	7,7	6,7
10	10,5	10,3	11,0	10,5	10,1	9,7	8,4
12	12,5	-	13,0	-	-	11,7	10,1
13	-	13,5	-	14,0	-	12,7	-
14	14,5	-	-	15,0	-	-	11,8
15	-	-	-	-	-	14,7	-
16	16,5	16,5	17,0	17,0	14,25	15,5	13,8
18	18,5	-	20,0	-	16,25	17,5	15,3
20	20,5	21,0	22,0	-	17,5	19,5	17,3
22	22,5	23,0	23,0	24,0	19,5	21,5	19,4
24	24,5	-	26,0	-	21,5	23,5	20,9
27	28,0	-	29,0	-	24,5	25,5	-
30	31,0	31,0	32,0	32,0	27,5	29,5	26,4
33	34,0	-	36,0	-	-	32,5	-
36	37,0	-	39,0	-	33,0	35,5	31,9
39	40,0	-	43,0	-	-	-	-
42	43,0	-	44,0	-	39,0	41,5	37,4

5. Сверлить сквозное отверстие сверлом требуемого диаметра, осуществляя подачу вращением маховичка задней бабки и охлаждая сверло смазачно-охлаждающей жидкостью.

Сверление глухого отверстия отличается тем, что при его обработке надо выдерживать заданную длину отверстия l (рис. 1.69, б). Сверление и рассверливание сквозных, глухих, ступенчатых отверстий заключается в выполнении приемов, предусмотренных в

предыдущем упражнении, т.е. подрезании торца заготовки резцом, зацентровке и сверлении. Затем производят рассверливание отверстия сверлом большего диаметра или зенкером. Сверление глухого ступенчатого отверстия отличается от сверления отверстия одного диаметра тем, что обработку выполняют последовательно двумя сверлами, выдерживая заданную глубину для каждой ступени (рис. 2.69, в, г).

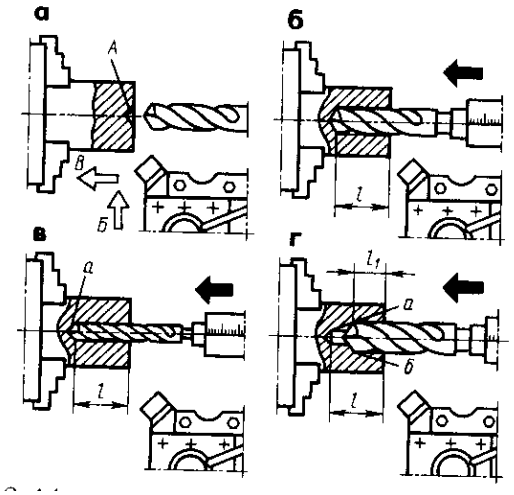


Рисунок 2.69 Приемы сверления отверстий

Для повышения производительности труда рекомендуется применять такую последовательность переходов: сначала сверлят отверстия большего диаметра на заданную длину, затем – отверстие малого диаметра.

На рис. 2.70,а приведена менее производительная последовательность обработки, так как в этом случае суммарная длина сверления составит 70+50+20=140 мм; во втором случае (рис. 2.70,б) длина сверления указанными сверлами равна 20+30+20-70 мм.

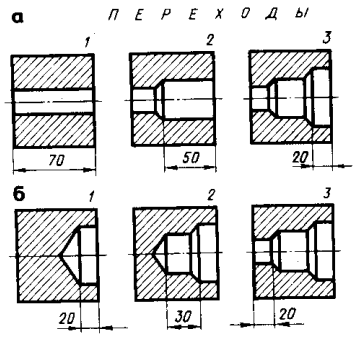


Рисунок 2.70 Последовательность сверления ступенчатого отверстия

Сверление глухого отверстия с плоским дном выполняют за два перехода: сверлом с обычной заточкой с углом при вершине 2φ = 118^0 (рис. 2.71,а) и сверлом со специальной заточкой такого же диаметра, что и для предварительного сверления, но с углом при вершине 2φ = 180^0 (рис. 2.71,б).

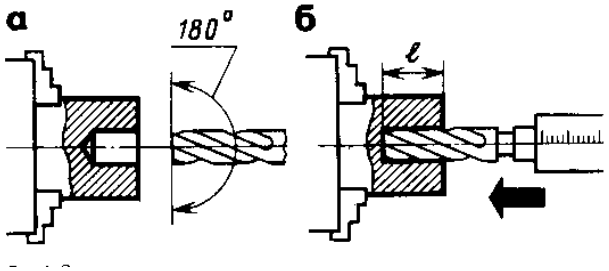


Рисунок 2.71 Сверление глухого отверстия с плоским дном

Контроль длины отверстия или отдельной ступени можно осуществлять в процессе сверления по делениям на пиноли задней бабки станка или глубиномером штангенциркуля. При коническом дне отверстия (рис. 2.72, а) длину сверления l можно выдержать по метке 2, намеченной на сверле мелом или графитовым карандашом от режущей кромки 1 сверла, или по делениям 3 пиноли задней бабки. Измерение глубины просверленного отверстия штангенциркулем показано на рис. 2.72, б.

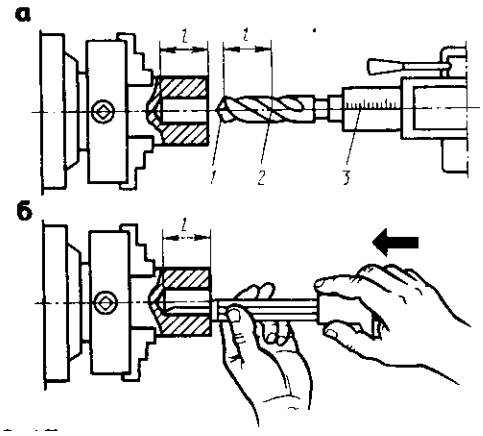


Рисунок 2.72 Способы контроля

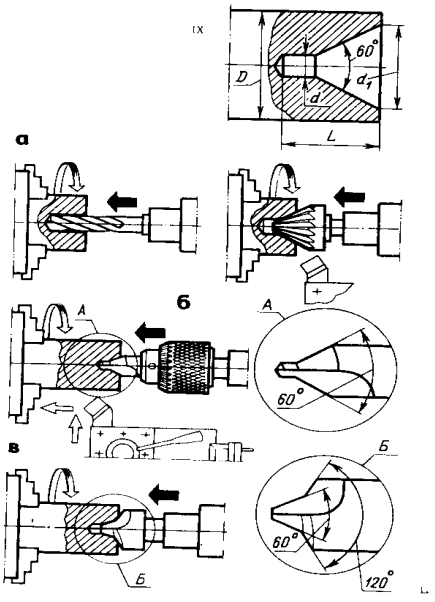


Рисунок 2.73 Обработка центровых

Обработку центровых отверстий на торцовых поверхностях для установки заготовок в центрах станков осуществляют или последовательно сверлением и зенковкой, или за один прием комбинированным центровочным сверлом (рис. 2.72).

Первый способ (последовательное сверление и зенкерование отверстия) (рис. 2.73, а).

1. Выбрать форму и требуемые размеры центровочного отверстия в зависимости от наружного диаметра d_0 обрабатываемой заготовки.

2. Закрепить заготовку в трехкулачковом патроне.

3. Подрезать проходным отогнутым резцом торец заготовки.

4. Просверлить сверлом диаметром d, закрепленным в пиноли задней бабки, отверстие на заданную длину l.

5. Зенковать конусное отверстие с углом конуса 60^0 до диаметра d_1.

Второй способ (центрирование комбинированным центровочным сверлом):

1. Выбрать форму и размеры центровочного отверстия.
2. Подрезать торец заготовки.
3. Центровать комбинированным центровочным сверлом, закрепленным в сверлильном патроне в пиноли задней бабки (рис. 2.73, б).

Если центровочное отверстие должно иметь предохранительную фаску под углом 120^0, то в первом случае ее выполняют обычным сверлом большого диаметра, а во втором – комбинированным центровочным сверлом с предохранительным конусом (рис. 2.73, в).

Упражнение по растачиванию гладких цилиндрических отверстий заключается в выполнении следующих приемов:

1. Подобрать расточной проходной резец. Вылет из резцедержателя *l* должен быть больше, чем длина растачиваемого отверстия, на 5…10 мм.
2. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне.
3. Установить и закрепить расточной проходной резец в резцедержателе суппорта станка.
4. Настроить станок на требуемый режим резания (скорость резания, частоту вращения шпинделя, толщину снимаемого слоя и глубину резания) при предварительном растачивании.

5. Поставить резец в исходное рабочее положение (на расстоянии 5…10 мм от торца заготовки), установить по лимбу резец на требуемую глубину резания и снять пробную стружку, проточив отверстие на 3…5 мм.
6. Измерить штангенциркулем диаметр отверстия. Если действительный диаметр отверстия меньше заданного, вторично снять пробную стружку и так до получения требуемого диаметра. Измерение выполнить штангенциркулем с отсчетом по нониусу 0,1 или 0,05 мм.
7. Расточить отверстие с ручным движением продольной подачи на всю длину заготовки.
8. Расточить отверстие с механическим движением прямой продольной подачи, выбрать по таблицам или указанию мастера требуемую скорость движения подачи и настроить на нее станок. Вывести резец из отверстия и вторично проверить диаметр растачиваемого отверстия.

Растачивание отверстий с уступами отличается от растачивания гладкого цилиндрического отверстия расточным упорным резцом тем, что обработку выполняют за несколько проходов. Длина стержня резца должна быть такой, чтобы можно было растачивать на полную глубину все ступенчатое отверстие, а поперечное сечение головки и стержня резца должно быть меньше малого диаметра ступенчатого отверстия. Если высота уступа менее 5 мм и растачивание большего диаметра выполняют за один проход ($t < 5$ мм), то применяют резец с главным углом в плане $\varphi = 90^0$, подачу резца производят только в продольном направлении по стрелке А (рис.2.74,а). При растачивании глухих цилиндрических отверстий или сквозных отверстий с уступами высотой более 5 мм применяют резец с главным углом в плане $\varphi = 95^0$, подача резца в этом случае производится сначала в продольном направлении по стрелке А, а при подходе резца к уступу - в поперечном направлении по стрелке Б (рис.2.74, б).

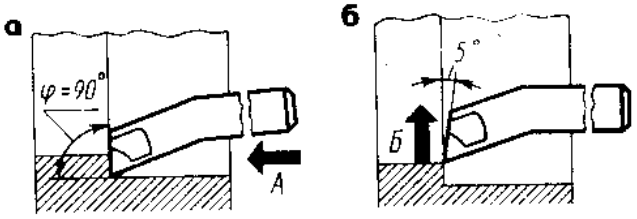


Рисунок 2.74 Растачивание отверстий с уступами

Размер от торца до уступа выдерживают различными способами: по риске на резце (рис.2.75,а), плоским упором, закрепленным в резцедержателе (рис.2.75,б), а также продольным упором, установленным на направляющих станины, или по продольному лимбу. Размер от торца заготовки до уступа 9или дна глухого цилиндрического отверстия) можно измерить различными измерительными инструментами: измерительной линейкой (рис. 2.76,а), глубиномером штангенциркуля (рис. 2.76,б), штангенглубиномером (рис. 2.76, в) или шаблоном (рис. 2.76, г).

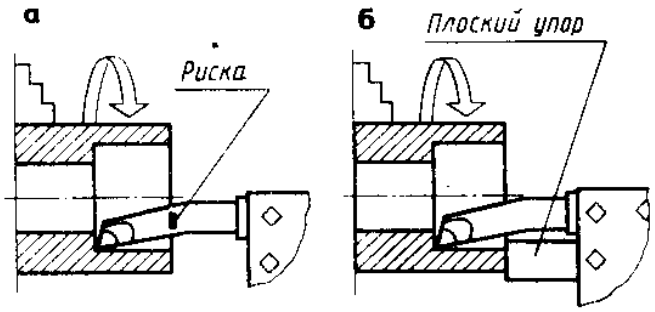


Рисунок 2.75 Способы контроля длины

Диаметр отверстия измеряют штангенциркулем. При использовании штангенциркуля с отсчет по нониусу 0,05 мм необходимо к показаниям штангенциркуля прибавлять толщину губок, указанную на них.

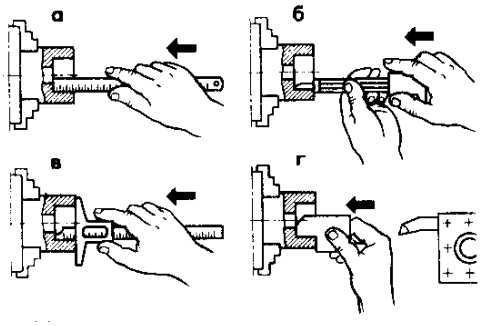


Рисунок 2.76 Измерение длины от торца заготовки до уступа

Проверить полученный диаметр отверстия можно предельными калибрами-пробками. Проходная сторона пробки (ПР) должна проходить в отверстие без особых усилий, а непроходная сторона (НЕ) не должна проходить в отверстие.

При черновом растачивании стали принимают глубину резания до 3 мм; продольную подачу – 0,08 …0,2 мм/об; скорость резания – около 25 м/мин для резцов из быстрорежущей стали и 50…100 м/мин для твердосплавных резцов.

При чистовом растачивании глубина резания не превышает 1 мм, продольная подача – 0,05 … 0,1 мм/об, скорость резания – 40…80 м/мин для резцов из быстрорежущей стали и 150…200 м/мин для твердосплавных резцов.

Контрольные вопросы:

1. *Расскажите о способах крепления сверл на токарных станках.*
2. *Когда применяют рассверливание, зенкерование и развертывание отверстий? Как выполняют эти операции на токарных станках?*
3. *Какие резцы применяют для обработки глухих и сквозных отверстий на токарных станках?*
4. *Чем лимитированы режимы резания при растачивании?*

Тема 2.5 Нарезание резьбы

Оснащение рабочего места: то же, что и для темы1.2, кроме того, метчики машинные и машинно-ручные для нарезания метрической резьбы; плашки круглые; патроны для крепления метчиков на станках (предохранительные, быстросменные, плавающие и т.п.); плашкодержатели или патроны для плашек; калибры-пробки резьбовые; калибры-скобы; резьбовой микрометр; заготовки для нарезания внутренних и наружных резьб, предварительно обработанные под нарезание внутренней и наружной резьбы; масленки со смазывающей жидкостью, соответствующей обрабатываемому материалу.

Нарезание наружной и внутренней треугольной крепежной резьбы метчиками и плашками на токарных, токарно-револьверных и других станках – один из высокопроизводительных способов обработки. Резьбу нарезают окончательно за один или несколько

проходов инструмента. Специальную настройку станка на нарезание резьбы не производят. Приемы работ просты, во многом сходны с приемами нарезания резьбы, освоенными учащимися при прохождении слесарной практики, и не требуют высокой квалификации. Наиболее целесообразно применять метчики и плашки для нарезания неточных крепежных резьб диаметром до 25…30 мм и с шагом не более 3 мм.

Плашка представляет собой кольцо с резьбой на внутренней поверхности и стружечными отверстиями, образующими режущие кромки.

Метчики применяются для нарезания внутренних резьб и делятся на слесарные, машинно-ручные, машинные гаечные и специальные. Машинные метчики применяют при нарезании резьбы на токарных, токарно-револьверных и сверлильных станках, а специальные и гаечные метчики – на различных гайкорезных автоматах. Метчик состоит из рабочей части, имеющей резьбовую поверхность и канавки для образования режущих кромок и хвостовика, который служит для закрепления инструмента в патроне. Обычно при нарезании резьбы на станке пользуются одним машинным метчиком, обеспечивающим получение резьбы за один проход. Для нарезания резьбы в заготовках из твердых металлов пользуются двумя или тремя метчиками (двух-и трехкомплектными). Первый – черновой, делает предварительную нарезку, а чистовой доводит резьбу до требуемых размеров и защищает ее.

При ввинчивании метчика или навинчивании плашки в нарезаемую поверхность заготовки зубья постепенно прорезывают винтовые канавки профиля резьбы. Толщина срезаемого слоя a_z каждым зубом заборной части, а, следовательно, сила резания и крутящий момент зависят от числа зубьев, угла φ заборной части и шага резьбы (рис. 2.77)

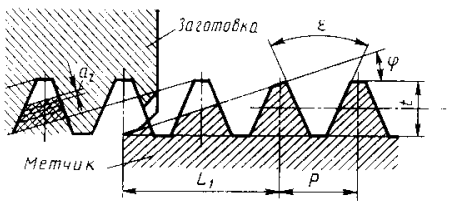
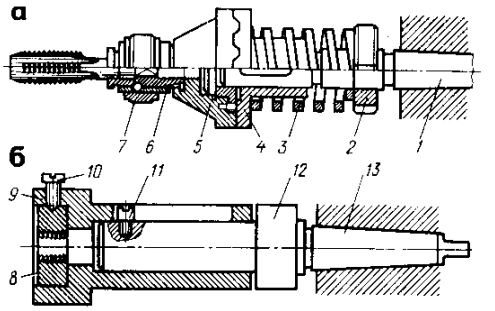


Рисунок 2.77

Для закрепления инструмента на станке и предохранения его от поломок и срыва резьбы в процессе нарезания, особенно в глухих отверстиях и на ступенчатых валиках, применяют предохранительные компенсирующие патроны различных конструкций и размеров. Основная особенность таких патронов – возможность перемещения инструмента на некоторое расстояние вдоль оси хвостовика и компенсирование некоторого рассогласования фактической подачи инструмента с шагом нарезаемой резьбы. На рис.1.78. показаны предохранительные патроны для крепления метчиков (рис. 2.78,а) и плашек (рис. 2.78,б) в пиноли задней бабки токарного станка.



1 - хвостовик; 2 - гайка; 3 - пружина; 4 - муфта правая; 5 - муфта левая; 6 - быстросменная втулка; 7 - кольцо; 8 - плашка; 9 - корпус плашкодержателя; 10 - винты; 11 - шпонка; 12 - сменное кольцо; 13 - хвостовик

Рисунок 2.78 Предохранительные патроны

На этом занятии учащийся должен нарезать наружную и внутреннюю метрическую резьбу на нескольких различных по форме и размерам заготовках, применяя плашки и метчики; выполнить измерение резьбы различными контрольно-измерительными инструментами.

При установке плашки в плашкодержатель необходимо обеспечить плотное прилегание торца плашки к дну плашкодержателя. При отсутствии специальных патронов-плашкодержателей можно использовать стандартный слесарный плашкодержатель с двумя ручками, который вместе с плашкой прижимают пинолью задней бабки к заготовке, и, упирая одну из рукояток плашкодержателя в суппорт станка, нарезают резьбу (рис. 2.79,а).

На заготовках малого диаметра можно нарезать несколько первых ниток резьбы вручную, без применения пиноли задней

бабки, а затем включить станок и, упирая ручку плашкодержателя в суппорт станка, закончить нарезание (рис. 1.79, б).

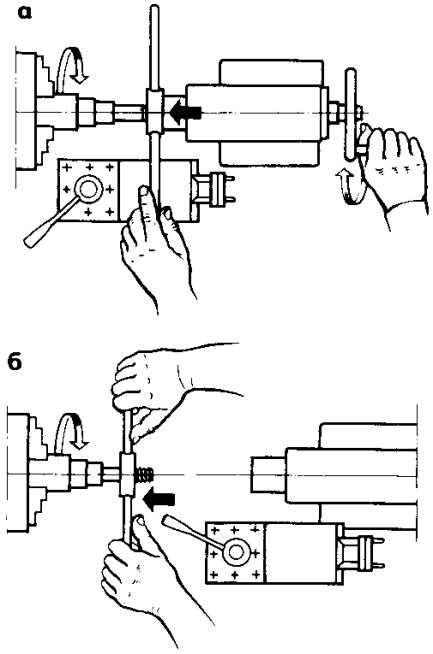


Рисунок 2.79 Нарезание резьбы плашкой
на токарном станке

При нарезании внутренней резьбы метчиками вместо специального компенсирующего патрона можно использовать слесарный вороток с квадратным отверстием для хвостовика метчика и центр, вставляемый в пиноль задней бабки, обеспечивающий поддержку и центрирование метчика. Одна рукоятку воротка должна при работе упираться в суппорт станка.

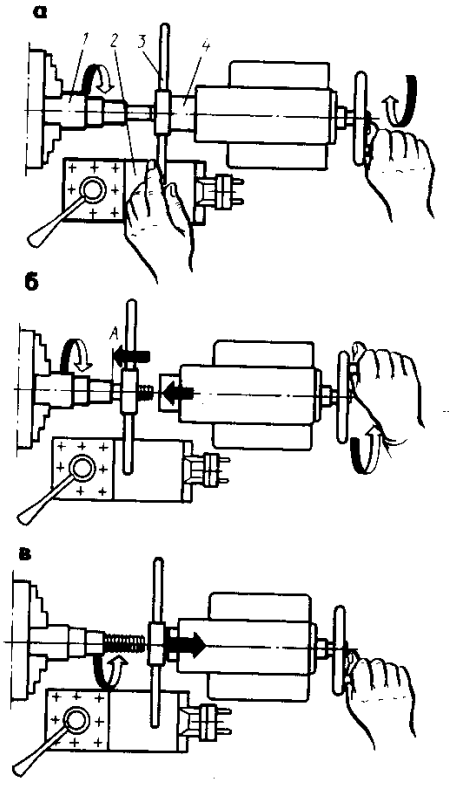
Инструменту в начальный период работы сообщают принудительную подачу на длину 3…5 резьбовых ниток с помощью ручного перемещения пиноли задней бабки. Дальнейшее перемещение инструмента вдоль оси происходит самостоятельно его на резьбовую поверхность (ввинчивание или навинчивания).

Для нарезания плашки наружной резьбы плашками и внутренней резьбы метчиками, так же как и при слесарной обработке, необходимо обработать стержень (наружную поверхность) или отверстие в заготовке под строго определенный диаметр. Если диаметр стержня занижен, а диаметр отверстия завышен, то нарезанная резьба имеет неполный профиль. Если диаметр стержня взят большего, а диаметр отверстия меньшего, чем требуется, размера, произойдет заклинивание, поломка режущего инструмента или срыв резьбы. Правильный выбор

диаметра поверхности под обработку обеспечит получение резьбы полного профиля и с требуемой шероховатостью поверхности. Диаметры стержня и отверстия (диаметры сверла) для нарезания резьбы выбирают по специальным таблицам.

Чтобы облегчить врезание инструмента в металл, на конце заготовки снимают фаску шириной 1…3 мм.

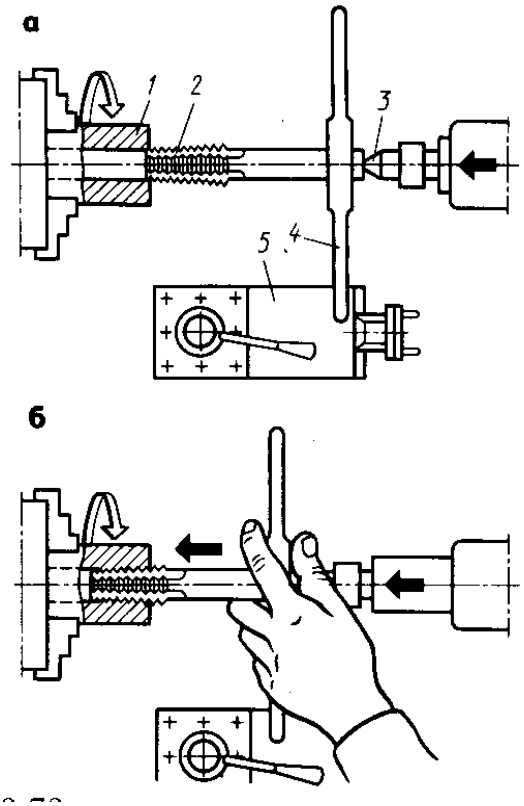
На рис. 2.80. показаны приемы нарезания наружной треугольной резьбы плашкой, закрепленной в слесарный плашкодержатель. При выполнении этой операции необходимо соблюдать следующие условия: как только плашка начнет самоввинчиваться, надо прекратить принудительную подачу плашки пинолью задней бабки (рис. 2.80, а); нарезав резьбу, не доходя до уступа А на 1…1,5 шага нарезаемой резьбы (рис.2.80. б), выключить станок, отвести пиноль в исходное положение, включить станок на обратное вращение и свинтить плашку (рис. 2.80, в).



1 - заготовка; 2 - верхние салазки суппорта; 3 - плашкодержатель с плашкой; 4 - пиноль задней бабки

Рисунок 2.80

Приемы нарезания наружной треугольной резьбы плашкой



1 - заготовка; 2 - метчик; 3 - задний центр; 4 - вороток; 5 - верхние салазки суппорта

Рисунок 2.81

Приемы нарезания внутренней треугольной резьбы метчиком

При нарезании резьбы не в упор выключать шпиндель можно в момент перемещения плашки на всю требуемую длину резьбы. Нарезанную резьбу проверить резьбовым калибром-кольцом или скобой.

На рис. 2.81. показаны приемы нарезания внутренней треугольной резьбы метчиком, поджатым центром задней бабки и с надетым на хвостовик воротком.

При выполнении этой операции необходимо соблюдать следующие требования: вводить заборную часть метчика в отверстие заготовки перемещением пиноли задней бабки (рис. 2.81, а), после начала самозатягивания метчика следить за тем, чтобы вершина заднего центра не выходила из центрового отверстия метчика (рис. 2.81, б).

Если надо нарезать резьбу в глухом отверстии, то станок выключает в тот момент, когда риска, нанесенная мелом на хвостовик метчика, приблизится к торцу заготовки. Удалять метчик из глухого отверстия следует путем обратного вращения шпинделя, предварительно отведя пиноль в исходное положение.

При нарезании резьбы в сквозном отверстии выключение вращения шпинделя производят при перемещении метчика на всю длину резьбы. Метчик удаляют из заготовки путем снятия ее из патрона (с противоположной стороны).

Нарезанную резьбу проверить резьбовым калибром-пробкой.

Скорость главного движения резания выбирают в зависимости от марки обрабатываемого материала, металла, из которого изготовлен инструмент, диаметра и шага резьбы. При нарезании резьбы метчиками в заготовках из стали рекомендуется скорость главного движения резания 3..12 м/мин, а из чугуна, бронзы и алюминия – 4…20 м/мин. При нарезании резьбы плашками рекомендуется следующие скорости главного движения резания: для стали – 3…4 м/мин, для чугуна и бронзы – 2…3 м/мин, для латуни – 9…15 м/мин. Обработку ведут с охлаждением.

Выбор смазочно-охлаждающей жидкости также зависит от обрабатываемого материала; например, при обработке стали применяют эмульсию, растительные, минеральные масла или сульфофрезол, при обработке чугуна применяют растительное масло, керосин или работают без охлаждения и смазки.

Нарезание резьбы резцами

Оснащение рабочего места: то же, что и для темы 1.2., кроме того, плакаты; резьбовые резцы для нарезания метрической резьбы; шаблоны для установки резьбовых резцов; заготовки для нарезания резьбы, предварительно обточенные под нарезание резьбы. Набор резьбовых валиков и деталей с внутренней резьбой и различные резьбовые измерительные инструменты (резьбомеры, калибри-кольца, предельные резьбовые скобы, резьбовые микрометры и др.) для тренировочных приемов по измерению наружной и внутренней метрической резьбы.

Нарезание резьбы резцами производится на токарно-винторезных станках, имеющих ходовой винт с разъемной гайкой, гитару сменных колес, коробку подач и реверсивный механизм. На станке можно нарезать различные резьбы – наружные и внутренние, правые и левые, однозаходные и многозаходные, крепежные и грузовые; по форме профиля – треугольные. Прямоугольные, трапецеидальные и др. Кроме того, на токарно-винторезных станках нарезают червяки.

Перед нарезанием резьбы заготовку обтачивают (растачивают) до определенного диаметра, который должен быть несколько меньше наружного диаметра резьбы. Это объясняется наличием упругих и пластических деформаций, возникающих в материале заготовки, от чего наружный диаметр отверстия уменьшается. Выбор диаметра заготовки производится по специальным таблицам.

Для нарезания резьбы применяют стержневые, призматические и круглые (дисковые) резцы и резьбовые гребенки. Более широкое применение находят стержневые резцы. У резцов для окончательной обработки передний угол $\gamma = 0$, у резцов для предварительной обработки резьбы, когда искажение профиля работы не имеет большого значения, применяют положительный передний угол $\gamma = 10 \ldots 20^0$. Угол профиля ε режущий части резца равен углу профиля резьбы (для метрической – 60^0, для дюймовой – 55^0). Угол профиля режущей части резца и установку его в резцедержателе измеряют шаблоном или угломером на просвет.

Для нарезания резьбы необходимо увязать вращение заготовки (шпинделя) со скоростью движения подачи резьбового

резца (суппорта). Резьба нужного шага получится в том случае, когда за один оборот заготовки резец переместится в продольном направлении на один шаг (нитку) нарезаемой резьбы.

Современные токарно-винторезные станки с коробкой подач имеют очень простую настройку на заданный шаг резьбы. Настройка сводится либо к нахождению по таблице, прикрепленной в зависимости от модели станка к верхней или боковой стенке коробки подач, или на барабане настройки станка на требуемую резьбу нужного положения рукояток барабана коробки подач, либо чисел зубьев сменных зубчатых колес и установке их в нужное положение. Станки обычно имеют два комплекта сменных колес. Так, например, у станка модели 1К62 для нарезания крепежных метрических и дюймовых резьб служат сменные зубчатые колеса 42-50, для нарезания модульных и питчевых червяков – сменные зубчатые колеса 64:97 (см. рис. 1.7.).

В тех токарно-винторезных станках, в которых нет коробки подач, настройку производят только по расчету. К таким станкам прилагают комплекты сменных зубчатых колес из 17, 19, 38 и другого количества колес.

Резьбу нарезают за несколько предварительных и окончательных ходов, количество которых зависит от шага резьбы. Применяют несколько способов (схем) подачи резьбового резца на глубину резания при каждом проходе. При нарезании резьбы с шагом $P > 2$ мм резец подается в поперечном направлении перпендикулярно оси нарезаемой заготовки – радиальная подача (рис. 2.82,а). При нарезании резьбы с шагом $P > 2…2{,}5$ мм для облегчения деформации и свободного выхода стружки из зоны резания применяют комбинированную подачу резца – одновременно поперечную и продольную (рис. 2.82, б). Вторая схема резания может быть также осуществлена с помощью подачи верхних салазок суппорта, повернутых к оси центров станка под углом 60^0 (рис. 2.82, в). Для получения более точной резьбы окончательные проходы желательно выполнять только с радиальной подачей – по первой схеме

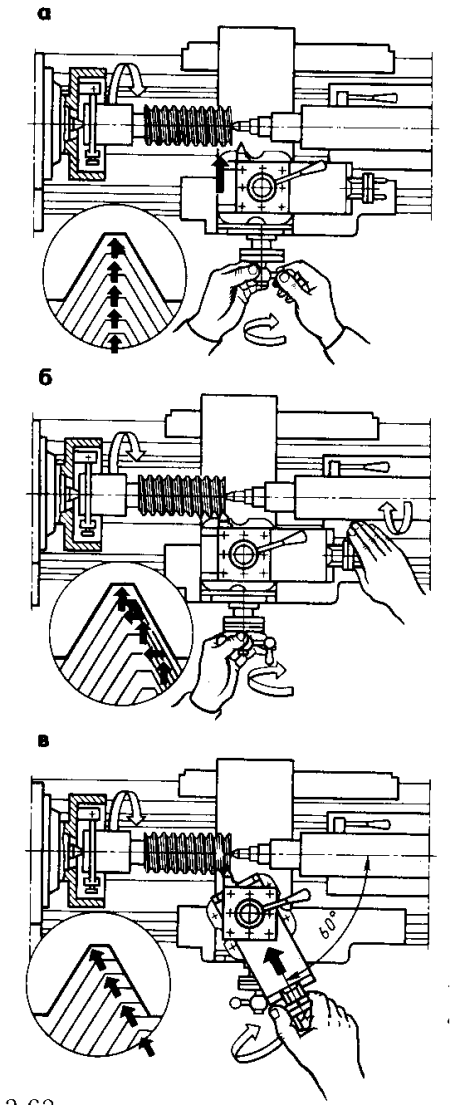


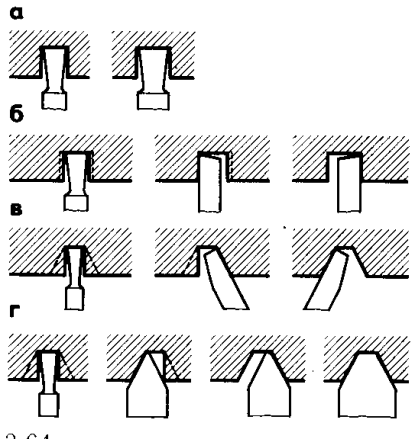
Рисунок 2.82 Схемы поперечных подач при нарезании резьбы резцом

Возврат резьбового резца в исходное положение для выполнения очередного прохода осуществляют двумя способами, выбор которых зависти от шага нарезаемой резьбы и шага ходового винта станка.

При нарезании на токарно-винторезном станке различают кратную (четную) и некратную (нечетную) резьбы. Кратной называют резьбу, у которой отношение шага P_x резьбы ходового винта делится без остатка на шаг $P_н$ нарезаемой резьбы или число ниток $n_н$ на 1” нарезаемой дюймовой резьбы делится без остатка на число ниток n_x ходового винта. Некратной называют такую резьбу, у которой в результате указанного деления получаются дробные, а не целые числа.

При нарезании кратной резьбы возврат резца (суппорта) в первоначальное положение осуществляется путем выключения разъемной гайки ходового винта и быстрого перемещения суппорта вручную При нарезании некратной резьбы, после ввода резца от заготовки в поперечном направлении, переключают вращение шпинделя на обратный (ускоренный) ход, не размыкая разъемной гайки, и перемещают суппорт с резцом в исходное положение для выполнения очередного прохода.

Прямоугольную и трапецеидальную резьбу и червяки в зависимости от размеров нарезают одним или несколькими резцами (рис. 2.83, а…г).



а - прямоугольной резьбы двумя резцами; б - прямоугольной резьбы тремя резцами; в, г - трапецеидальной резьбы тремя или четырьмя резцами

Рисунок 2.83 Схемы нарезания

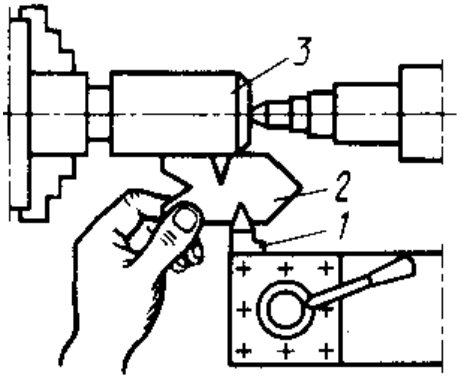


Рисунок 2.84 Установка резьбового резца на станке

При нарезании резьбы применяют различные смазочно-охлаждающие жидкости, которые поглощают теплоту, уменьшают трение трущихся поверхностей резца и заготовки, удаляют мелкие частицы стружки. При обработке стальных деталей используют эмульсию, масло, сульфофрезол; бронзовых и латунных – без охлаждения или сурепное масло; чугунных – без охлаждения или керосин.

Упражнение по нарезанию наружной треугольной (метрической) резьбы со свободным входом заключается в выполнении следующих приемов:

1. Установить заготовку требуемого диаметра в центрах станка.

2. Предварительно установить и закрепить резьбовой резец 1 (рис. 2.84) в резцедержателе, затем взять резьбовой шаблон 2 в левую руку и приставить его к поверхности заготовки 3. Перемещая салазки суппорта, ввести головку резца в треугольный вырез резьбового шаблона. В случае неплотного прилегания боковых сторон головки к стенкам профиля шаблона надо изменить установку резца в резцедержателе и окончательно закрепить резец.

3. Настроить токарно-винторезный станок на заданный шаг нарезаемой резьбы, например Р=1 мм, для чего диск 5 барабана Б (см.рис. 2.7) за две рукоятки вытянуть на себя, затем повернуть его до ряда подач на таблице с шагом резьбы 1 мм, совместить риску диска с риской барабана Б и диск подать вперед в прежнее положение. Таблица резьб и подач укреплена на боковой поверхности барабана Б.

Затем повернуть барабан 6 до совмещения графы таблицы «Резьбы метрические» и проверить наличие установки сменных зубчатых колес 42:50. По таблице резьбы и подач по стрелке А от шага резьбы 1 мм, обозначенным жирным четырехугольником, устанавливаем, что рукоятку 3 следует поставить в положение Б – «Нормальный шаг»; по стрелке Б от 1 мм рукоятку 2 поставить влево на ряд чисел оборотов 12,5…2000; рукоятку 4 поставить в положение Д – «Нормальный шаг – правый».

4. Для проверки правильности настройки станка на нарезание заданной резьбы необходимо суппорт отвести в сторону задней бабки, настроить станок на минимальную частоту вращения шпинделя, пустить станок и по длине следа перемещения суппорта за определенное число оборотов шпинделя определить правильность настройки. Проверку настройки станка можно сделать резьбомером после пробного прохода на дефектной заготовке.

5. Настроить станок на требуемую частоту вращения шпинделя, для чего по таблицам нормативов или указанию мастера подобрать скорость главного движения резания для предварительного (а затем окончательного) нарезания резьбы и количества проходов. По скорости главного движения резания и диаметру заготовки определить частоту вращения шпинделя.

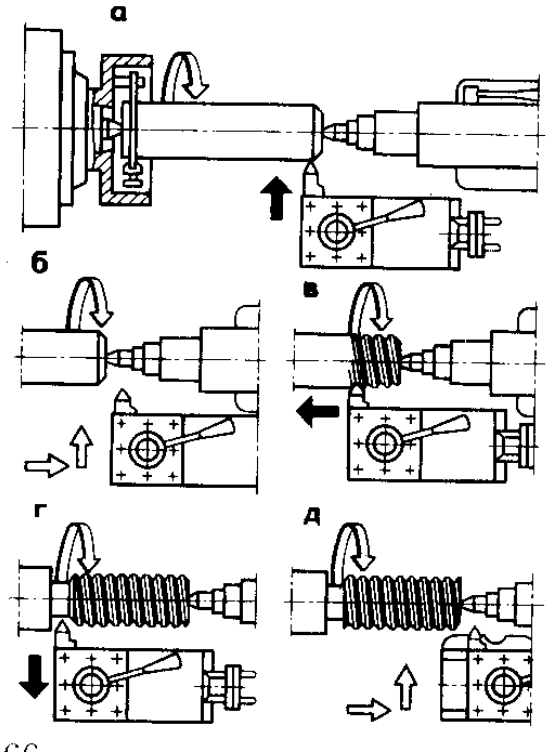


Рисунок 2.85 Приемы нарезания
наружной треугольной резьбы

6. Установить резец на требуемую глубину резания для первого прохода, для чего пустить станок и, вращая рукоятку винта поперечной подачи, подвести резец до касания с поверхностью заготовки (рис. 2.85,а).Затем отвести резец вправо на 10…15 мм за пределы торца заготовки, подать резец в поперечном направлении на заданную длину в зависимости от шага нарезаемой резьбы для первого прохода (0,3…0,5 мм), после чего лимб установить на нуль (рис. 2.85,б).

7. Приступить к нарезанию резьбы, для чего сделать первый проход, включив станок и разъемную гайку ходового винта (рис. 2.85,в). Как только резец пройдет весь участок заготовки, предусмотренный для нарезания резьбы, и начнет входить в канавку заготовки для выхода резьбы, остановить станок, вывести резец из канавки на себя (рис. 2.85,г), возвратить его в исходное рабочее положение для второго и последующих проходов (рис. 2.85. д). При втором и последующих проходах поперечную подачу уменьшать на 0,3…0,1 мм.

Отводить резец на себя в конце каждого прохода и перемещать его в исходное рабочее положение надо рукояткой

винта движения поперечной подачи, устанавливая каждый раз лимб на нулевое деление.

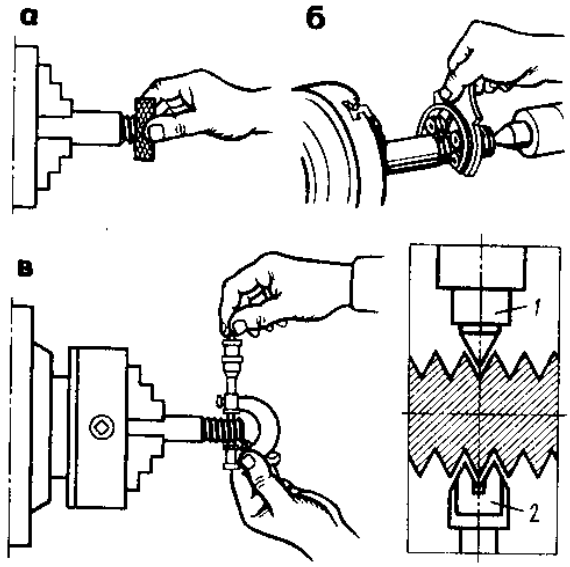
Для чистового нарезания наружной треугольной резьбы необходимо выполнить следующие приемы:

1. Установить в центрах (или в патроне) заготовку с предварительно нарезанной резьбой.

2. Установить и закрепить чистовой резьбовой резец.

3. Подобрать по таблицам требуемую скорость главного движения резания и настроить станок на найденную частоту вращения шпинделя.

4. Ввести резьбовой резец во впадину предварительно нарезанной резьбы и, вращая соответствующие рукоятки продольной и поперечной подач верхних и нижних салазок суппорта, добиться плавного и равномерного прилегания режущих кромок резца к боковым сторонам профиля резьбы, после чего, включив станок и разъемную гайку, переместить суппорт на несколько витков в продольном направлении.



1 - призматическая вставка пятки; 2 - конусная вставка микрометрического винта

Рисунок 2.86 Способы контроля наружной резьбы

5. Сделать первый проход для окончательного нарезания резьбы.

6. Окончательно нарезать резьбу, сделав второй, третий и т.д. проходы резца, подавая резец на требуемую глубину резания только движением прямой поперечной подачи на 0,1...0,2 мм.

7. Проверить нарезанную резьбу калибром-кольцом (рис. 2.86,а), резьбовой скобой (рис. 2.86,б) или резьбовым микрометром (рис. 2.86, в). О способах применения контрольно-измерительного инструмента для проверки резьб см. в разделе 1.

При нарезании внутренних резьб применяют те же приемы установки и выверки резьбовых резцов, выполнения предварительных и окончательных проходов.

1. Установить заготовку в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

2. Предварительно обработать торец и отверстие заготовки для нарезания внутренней треугольной резьбы (рис. 1.87, а), применив для этого расточной упорный резец с главным углом в плане $\varphi = 95^0$.

3. Настроить станок на шаг нарезаемой резьбы и на требуемую частоту вращения шпинделя.

4. Установить и закрепить резьбовой резец в резцедержателе по шаблону (рис. 2.87. б), нанести на резце мелом риску А на расстоянии от вершины головки, равном длине резьбы.

5. Установить резец на врезание для первого прохода, для чего пустить станок и подвести резец до касания вершины его головки с поверхностью отверстия заготовки (рис. 2.87, в). Остановить станок и отвести резец вправо от торца заготовки на 10…15 мм, движением поперечной подачи подать резец на требуемую глубину резания (0,1…0,5 мм), затем лимб установить на нулевое деление (рис. 2.87,г).

6. Сделать первый проход для чего пустить станок и включить разъемную гайку. Как только риска А на резце начнет приближаться к торцу, остановить станок, вращением винта поперечной подачи отвести резец от нарезаемой поверхности и включить станок на обратное вращение шпинделя (рис. 2.87, д), остановить станок при выходе резца из отверстия на 10…15 мм от торца и обратной поперечной подачей переместить резец в исходное рабочее положение, поставив лимб на прежнее нулевое деление.

7. Подать резец на врезание по лимбу на 0,1…0,3 мм, сделать второй и последующие проходы до получения требуемых размеров (рис. 2.87, е).

8. Проверить нарезанную резьбу соответствующими калибром-пробкой.

При чистовом нарезании резьбы применяют чистовой резец с передним углом $\gamma = 0^{0}$, который устанавливается так же, как и черновой резец. Врезание за каждый проход 0,02 ..0,1 мм.

При нарезании обязательно применять смазочно-охлаждающую жидкость.

Контрольные вопросы:

1. *Назовите основные элементы резьбы.*
2. *Чем отличаются однозаходные резьбы от многозаходных?*
3. *Назовите способы и инструмент для нарезания наружной и внутренней резьбы?*
4. *Как измеряют резьбы?*

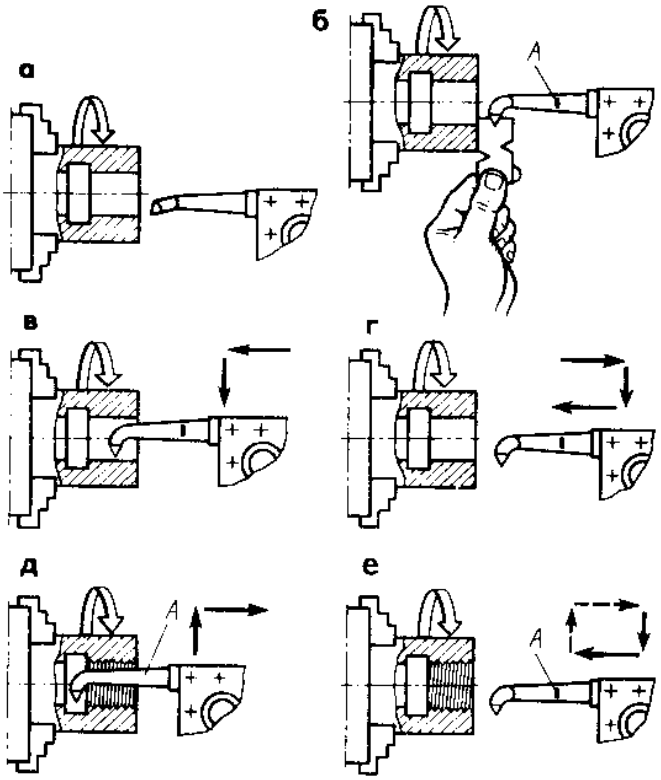


Рисунок 2.87
Приемы нарезания внутренней треугольной резьбы

Тема 2.6 Обработка наружных и внутренних конических поверхностей

Оснащение рабочего места: то же, что и для темы 1.2., кроме того, резцы расточные с различной длиной стержня: резцы специальные широкие; сверла, развертки конические; набор измерительных инструментов для контроля наружных и внутренних конических поверхностей (штангенциркуль, конические калибры, втулки, пробки, универсальные угломеры, шаблоны, измерительная линейка); плакаты, чертежи обрабатываемых деталей с наружными и внутренними коническими поверхностями; технологические карты с указанием режима резания; стальные и чугунные заготовки с предварительно обработанными для данного занятия поверхностями; мел кусковой; тампон с краской для калибров; щетка-сметка; защитные очки.

Обработку конических поверхностей на токарных станках выполняют различными способами: поворотом верхней части суппорта; смещением корпуса задней бабки; поворотом конусной (копировальной) линейки; широким резцом. Применение того или иного способа зависит от длины конической поверхности и угла уклона конуса.

Обработка наружного конуса способом поворота верхних салазок суппорта целесообразна в тех случаях, когда необходимо получить большой угол уклона конуса при сравнительно небольшой его длине. Наибольшая длина образующей конуса должна быть несколько меньше хода каретки верхнего суппорта.

Обработка наружного конуса способом смещением корпуса задней бабки удобна для получения длинных пологих конусов с малым углом уклона ($3…5^0$).Для этого корпус задней бабки сдвигают в поперечном направлении от линии центров станка по направляющим основания бабки. Обрабатываемая заготовка закрепляется между центрами станка в поводковом патроне с хомутиком.

Обработку конусов с помощью конусной (копировальной) линейки, закрепленной с задней стороны станины токарного станка на плите, применяют для получения пологого конуса значительной длины. Заготовку крепят в центрах или в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне. Резец, закрепленный в

резцедержателе суппорта станка, получает одновременное перемещение в продольном и поперечном направлениях, в результате чего обрабатывает коническую поверхность заготовки.

Обработку наружного конуса широким резцом применяют при необходимости получения короткого конуса (l < 25 мм) с большим углом уклона. Широкий проходной резец, режущая кромка которого длинней образующей конуса, устанавливают в резцедержатель так, чтобы главная режущая кромка резца составляла с осью заготовки угол α, равный углу уклона конуса. Обработку можно вести как с продольной, так и с поперечной подачей.

На чертежах деталей часто не указывают размеры, необходимые для обработки конуса, и их необходимо подсчитывать. Для подсчета неизвестных элементов конусов и их размеров (в мм) (рис. 1.88) можно пользоваться следующими формулами:

а) конусность $K=(D-d) / 2l$ *или* $tg\ \alpha = K/2;$

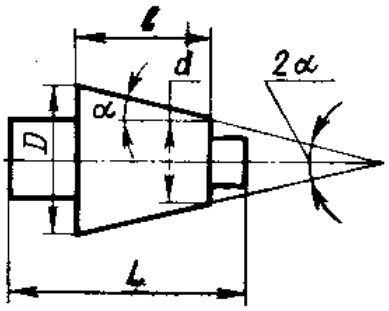
б) угол уклона конуса $tg\ \alpha = (D-d) / (2l) = K/2;$

в) уклон $i = K/2= (D-d) / (2l) = tg\ \alpha;$

г) большой диаметр конуса $D = Kl+d = 2ltg\ \alpha;$

д) меньший диаметр конуса $d=D-Kl = D-2ltg\ \alpha;$

е) длина конуса $l = (D-d)\ K= (D-d) / (2\ tg\ \alpha).$



D - большой диаметр конуса; d - малый диаметр конуса; L - длина детали; l - длина конуса; α - угол уклона конуса; 2α - угол при вершине конуса

Рисунок 2.88 Элементы конуса

Обработку внутренних конических поверхностей на токарных станках выполняют также различными способами: широким резцом; поворотом верхней части (салазок) суппорта; поворотом конусной (копировальной) линейки. Внутренние конические поверхности длиной до 15 мм обрабатывают широким

резцом, главная режущая кромка которого установлена под требуемым углом к оси конуса, осуществляя продольную или поперечную подачу. Этот способ применяют в том случае, когда угол уклона конуса большой, а к точности угла уклона конуса и шероховатости поверхности не предъявляют высоких требований. Внутренние конусы длиной > 15 мм, при любом угле наклона обрабатываются поворотом верхних салазок суппорта с применением ручной подачи. Наибольшая длина образующей конуса должна быть несколько меньше хода каретки верхнего суппорта. Обтачивание внутренних конических поверхностей с помощью конусной линейки применяют при обработке заготовок любой длины с малым углом уклона конуса (примерно до 12^0).

Независимо от способа обработки конуса резец обязательно устанавливают точно по высоте центров станка.

Упражнение по обтачиванию наружных конических поверхностей смещением корпуса задней бабки заключается в выполнении следующих приемов:

1. Определить смещение корпуса задней бабки (мм):

$$H = L\,(D-d) / (2l)$$

где D и d – диаметры конуса; L – общая длина заготовки; l – длина конуса.

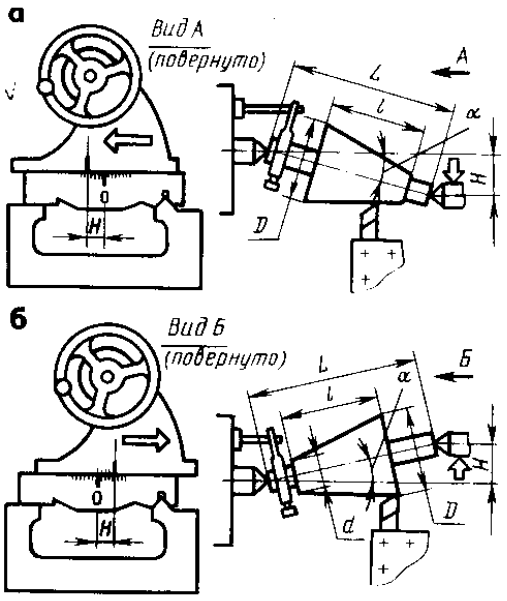


Рисунок 2.89 Обработка конических поверхностей смещением корпуса задней бабки

2. Сместить корпус задней бабки по направляющим ее основания. При смещении корпус задней бабки на себя (рис. 2.89, а) конус своим большим диаметром обращен к передней бабке; при смещении от себя (рис. 2.89, б) большой диаметр конуса обращен к задней бабке. Отсчет смещения H задней бабки производят по делениям, нанесенным на торцовой поверхности корпуса задней бабки от риски 0 (плоскость оси центров).

Правильность смещения задней бабки корректируют пробным обтачиванием и проверкой полученного угла конуса.

3. Установить и закрепить заготовку и проходной резец. Заготовку устанавливают в центрах. Задний центр из-за смещения оси вращения заготовки целесообразно применять с шаровой вершиной (сферической) или вращающейся. Вершину головки проходного резца установить обязательно на уровне линии центров станка.

4. Обточить коническую поверхность детали предварительно, предусмотрев припуск для окончательного прохода. Обработку выполнить с прямой продольной механической подачей резца.

5. Проверить конусность обработанной поверхности заготовки и установить правильность настройки станка.

6. Обточить коническую поверхность окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания.

7. Проверить обработанную коническую поверхность по размерам с помощью штангенциркуля и конического калибра-втулки.

Упражнение по обтачиванию наружных конических поверхностей широким резцом.

Схема обработки конической поверхности широким резцом показана на рис. 2.90, а. Главную режущую кромку резца затачивают и устанавливают под углом α, равным половине угла конуса с помощью шаблона. Коническая поверхность может быть образована движением как поперечной, так и продольной подач. Чтобы предотвратить смещение суппорта вдоль станины от действия сил резания на суппорт, его необходимо закрепить зажимным болтом. Если зажимного (стопорного) болта на суппорте нет, то надо выключить механизм подачи и включить либо механическую продольную подачу (ходовой вал), либо разъемную гайку (ходовой винт). Длина режущей кромки резца должна быть

несколько больше длины образующей конуса. Указанным способом можно обрабатывать заготовки, длина конической поверхности которых не превышает 20…25 мм.

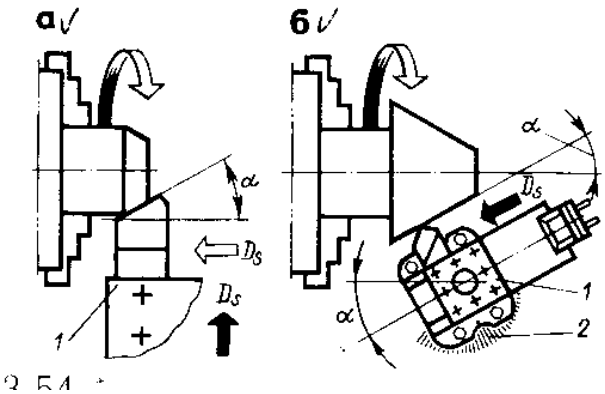


Рисунок 2.90 Схемы обработки конусов широким резцом (а) и поворотом верхних салазок суппорта (б)

Упражнение по обтачиванию наружных конических поверхностей поворотом верхних салазок 1 суппорта (рис. 2.90, б) заключается в выполнении следующих приемов:

1. Установить и закрепить в трехкулачковом патроне заготовку с предварительно обработанной цилиндрической поверхностью и проходной резец в резцедержателе. Вершину головки резца установить обязательно на уровне линии центров станка.

2. Если на чертеже размер угла уклона конуса α не указан, то угол поворота верхней части суппорта определяют по данным чертежа обрабатываемой детали. Тангенс угла уклона конуса

$tg\alpha = (D-d) / (2l)$ *или* $tg\alpha = K / 2$

Угол уклона конуса находят по таблице тангенсов углов.

3. Повернуть верхнюю поворотную часть суппорта на требуемый угол уклона конуса так, чтобы риска нижнего фланца совпадала с делением градуированной шкалы 2 поворотного фланца, равного углу уклона конуса α. Если конус детали вершиной обращен в сторону задней бабки, то верхнюю поворотную часть суппорта повернуть от себя; если вершина конуса обращена в сторону передней бабки, то верхнюю часть суппорта повернуть на себя.

4. Обточить коническую поверхность детали предварительно, предусмотрев припуск для окончательного прохода. Подача резца осуществляется вручную, путем вращения винта верхних салазок суппорта плавно, обеими руками по часовой стрелке.

5. Проверить конусность предварительно обработанной поверхности заготовки и установить правильность настройки станка.

Конусность проверить следующими способами: измерением диаметров оснований конуса штангенциркулем; калибром – втулкой, по меловым или карандашным линиям (при повороте калибра-втулки линии должны стираться равномерно по всей длине); универсальным угломером, по плотности прилегания измерительных поверхностей угломера к образующей конической поверхности детали.

6. Обточить коническую поверхность окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания и установить чистовой проходной резец.

7. Проверить размеры обработанной конической поверхности штангенциркулем, для чего измерить диаметры оснований конуса. Полученная разность диаметров должна равняться разности диаметров оснований конуса, указанных на чертеже при одинаковом расстоянии между диаметрами.

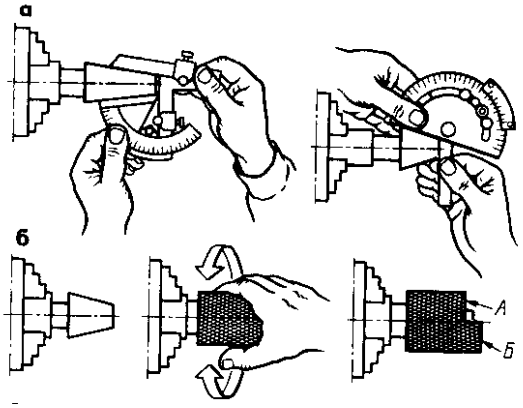


Рисунок 2.91 Способы контроля конической поверхности

Правильность конической поверхности проверяют универсальным угломером по плотности прилегания измерительных поверхностей (рис. 2.91,а); калибром-втулкой по меловым линиям, «на краску» и предельными калибрами-втулками с двумя рисками или с уступом между торцами А и Б (рис. 2.91, б). Контроль конусов калибрами-втулками является комплексным методом, позволяющим одновременно проверить угол конуса, диаметры и длину. Годность изделия определяют осевым перемещением калибра до сопряжения с проверяемой поверхностью и проворачиванием его вокруг оси. При проверке «на окраску» равномерность слоя красящего вещества на конусной поверхности обрабатываемой заготовки характеризует точность угла конуса. Положение торца заготовки относительно размера между контрольными рисками или торцами А и Б уступа характеризует размер диаметров и длины. При правильном выдерживании размеров конической поверхности торец заготовки не должен выходить за пределы торцов А и Б уступа калибра втулки. Если торец заготовки не доходит до торца А, то заготовку следует дополнительно обточить, а если торец заготовки выходит за торец Б, то ее размеры занижены, что является неисправимым браком.

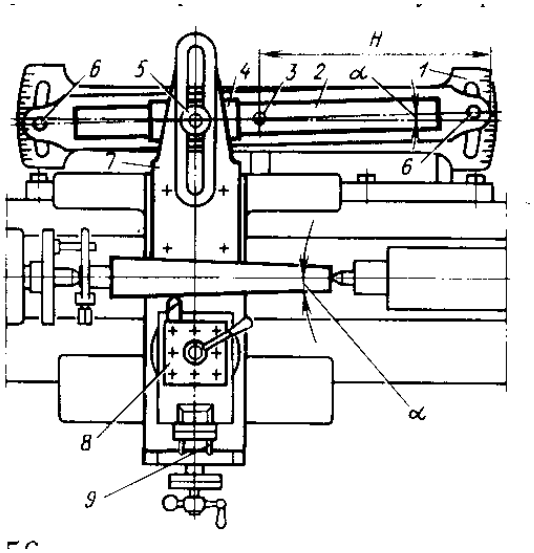


Рисунок 2.92 Обработка конической поверхности с применением конусной линейки

Упражнение по обтачиванию наружных конических поверхностей с применением конусной линейки (рис. 2.92) заключается в выполнении следующих приемов:

1. Определить угол уклона конуса

$tg\alpha = (D-d) / (2l)$

Если шкала поворота на торце конусной линейки задана не в градусах, а в миллиметрах, то число делений на которое надо повернуть линейку,

$$C = \frac{H}{l}(\frac{D-d}{2}) = Htg\alpha$$

где Н – расстояние от оси вращения линейки до торца, на котором нанесена шкала, мм.

2. Наладить станок на обтачивание наружной конической поверхности, для чего необходимо ослабить гайки 6 (рис. 2.92), повернуть линейку 2 около ее оси 3 на угол α (пользуясь) градуированной шкалой на плите 1), повернуть верхнюю поворотную часть (салазки) суппорта 8 на угол 90^0 к оси заготовки, закрепить гайкой 5 поперечные салазки 7 суппорта с ползуном 4. При отсутствии специального паза для гайки надо временно удалить из поперечных салазок 7 суппорта.

3. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне или в центрах.

4. Обточить предварительно коническую поверхность детали. Резец подавать на требуемую глубину резания, вращая рукоятку с лимбом 9 винта верхней поворотной части суппорта.

Продольное механическое перемещение резец получает от ходового вала станка, а поперечное – от конусной линейки.

5. Проверить конусность обработанной поверхности заготовки.

6. Обточить коническую поверхность окончательно.

7. проверить размеры обработанной конической поверхности с помощью конического калибра-втулки, универсального угломера или штангенциркуля.

Упражнение по растачиванию конических поверхностей с помощью поворота верхних салазок суппорта заключается в выполнении следующих приемов:

1. Просверлить отверстие под растачивание (рис. 2.93, а), для чего взять сверло диаметром на 2…3 мм меньше малого диаметра d обрабатываемого конического отверстия и закрепить его в пиноли задней бабки. Если заготовка уже имеет отверстие, полученное при предварительной обработке, то в зависимости от припуска вместо сверления производят рассверливание, зенкерование или непосредственно растачивание отверстия.

2. Расточить коническое отверстие предварительно, для чего повернуть верхние салазки суппорта на себя на требуемый угол уклона конуса α, переместить верхние салазки в крайнее левое положение, настроить, установить и закрепить расточной проходной резец (рис. 2.93, б), подвести резец к заготовке и проточить отверстие на длине 2…3 мм, проверить полученный размер и расточить отверстие начерно. Салазки подавать равномерно, вращая рукоятку их винта обеими руками по ходу часовой стрелки.

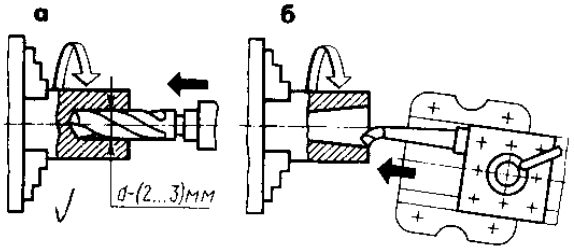


Рисунок 2.93 Обработка внутренней конической поверхности поворотом верхних салазок суппорта

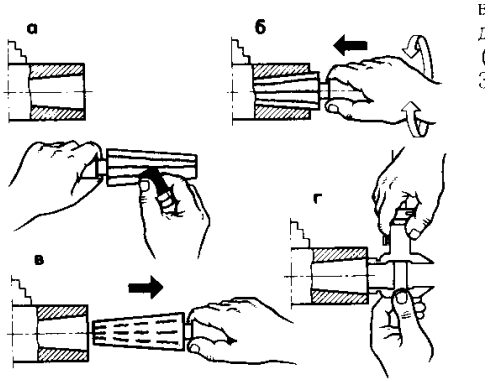


Рисунок 2.94 Способы контроля внутренней конической поверхности

3. Проверить конусность обработанной поверхности отверстия заготовки с помощью конического калибра-пробки по меловым линиям или «по краске», для чего на калибр-пробку нанести несколько продольных меловых линий (рис. 2.94, а) и калибр ввести в отверстие заготовки, а затем два-три раза провернуть в ней (рис. 2.94,б). Если меловые линии стерлись равномерно, то конусность конического отверстия выдержана правильно. Если меловые линии стерлись посредине поверхности калибра, то это значит, что резец установлен выше или ниже линии центров станка

и его необходимо установить правильно и продолжить растачивание отверстия.

Если линия стерлась со стороны большего диаметра конуса калибра-пробки (рис. 2.94, в), то поворотную часть суппорта надо несколько повернуть по ходу часовой стрелки (увеличить угол уклона конуса α) и снова снять пробную стружку, и так поступать до получения требуемой конусности отверстия.

4. Расточить коническое отверстие окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания, установить расточной чистовой проходной резец. Растачивая отверстие ручной подачей, необходимо добиться равномерного вращения рукоятки винта верхних салазок обеими руками, что обеспечивает получение гладкой и чистой поверхности.

5. Проверить конусность и размеры окончательно расточенного конического отверстия и сравнить их с размерами, указанными на чертеже детали. Правильность их можно проверить с помощью штангенциркуля и конического калибра-пробки. При измерении диаметра большего основания конуса толщину измерительных губок штангенциркуля прибавлять к прочитанному размеру (рис. 2.94, г).

При проверке конического отверстия калибром-пробкой (комплексным методом) годность изделия определяют осевым перемещением калибра до сопряжения с проверяемой поверхностью отверстия и поворачиванием его вокруг оси. Точность угла конуса и прямолинейность образующей характеризуются видом и степенью стирания меловых линий или слоя краски с поверхности калибра, а размер диаметров и длины характеризуется положением торца обрабатываемой заготовки относительно размера или торцами уступа на коническом калибре-пробке.

Если не выдерживается хотя бы один из контролируемых параметров, то для его исправления необходимо применить соответствующий прием исправления брака, рекомендованный при выполнении предыдущего упражнения (предварительное растачивание).

На рис. 2.95 приведены возможные дефекты при обработке конических отверстий. Если конусность выдержана, а диаметр отверстия меньше требуемого (обе риски на калибре видны, рис. 2.95, а), дефект может быть исправлен путем дополнительного

растачивания; если конусность выдержана, а диаметр отверстия больше требуемого (обе риски на калибре ушли за пределы заготовки, рис. 2.95. б), дефект неисправим; если диаметр большего (или меньшего) основания конического отверстия выдержан, а конусность не выдержана в результате неправильной установки верхней поворотной части суппорта, дефект неисправим (рис. 2.95, в).

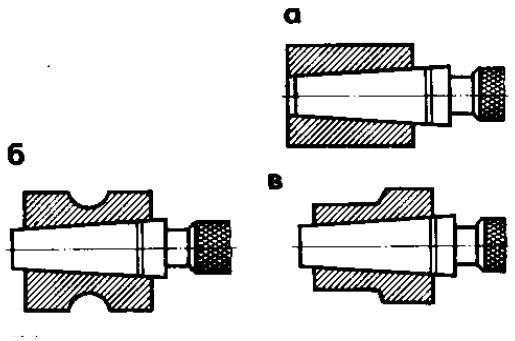


Рисунок 2.95 Возможные дефекты при обработке конических отверстий

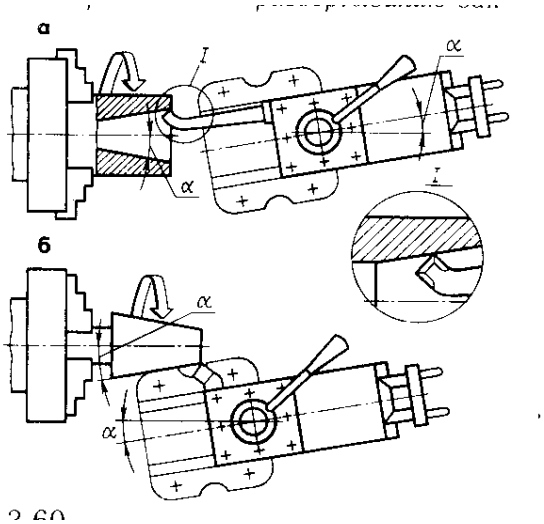


Рисунок 2.96 Обтачивание внутренней (а) и наружной (б) сопрягаемых поверхностей без переналадки верхних салазок суппорта

Упражнение по растачиванию конических отверстий с применением конусной линейки заключается в выполнении приемов, приведенных в предыдущем занятии при обтачивании с применением конусной линейки. Различие в наладке станка для обработки наружных и внутренних конусов состоит в изменении направления поворота конусной линейки. Для обработки наружных конусов правую часть линейки 2 (см. рис. 2.92) нужно повернуть в направлении от резца (центра), а при обработке отверстий – повернуть на угол α в направлении к резцу (центру). Затем установить и закрепить заготовку, расточной проходной резец, расточить отверстие предварительно. Конусность и размеры проверяют, как и при обработке конусных отверстий, с помощью верхней поворотной части суппорта.

Расточить коническое отверстие окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания и установить расточной проходной резец. Проверить конусность и размеры конического отверстия калибром-пробкой.

Для точной обработки двух конических поверхностей (наружной и внутренней) рекомендуется использовать настройку станка, применяющуюся для обработки наружной конической поверхности. В этом случае растачивания конического отверстия выполняют тем же (прямым) вращением шпинделя, но резцом, обращенным к противоположной стороне поверхности отверстия и установленным режущей кромкой (передней поверхностью) головки резца вниз (рис. 2.96).

Развертывание конических отверстий. Внутренние конусные поверхности малых размеров в сплошном металле после сверления обрабатывают комплектом из трех конических разверток. Черновая развертка (рис. 2.97, а) при обработке образуют ступенчатое отверстие: получистовая развертка (рис. 2.97, б) со стружкоделительными канавками срезает уступы, образованные черновой разверткой; чистовая (рис. 2.97. в) защищает неровности, оставшиеся после обработки второй разверткой, и калибрует конус. Развертывание выполняют с применением соответствующей для данного металла смазачно-охлаждающей жидкости.

Упражнение по развертыванию заключается в выполнении следующих приемов:

1. Просверлить отверстие под развертываемое отверстие, для чего взять сверло диаметром на 0,5…1 мм меньше малого диаметра конического отверстия (рис. 2.98, а).

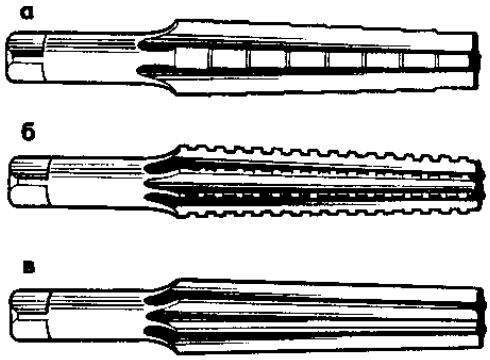


Рисунок 2.97 Комплект конических
разверток

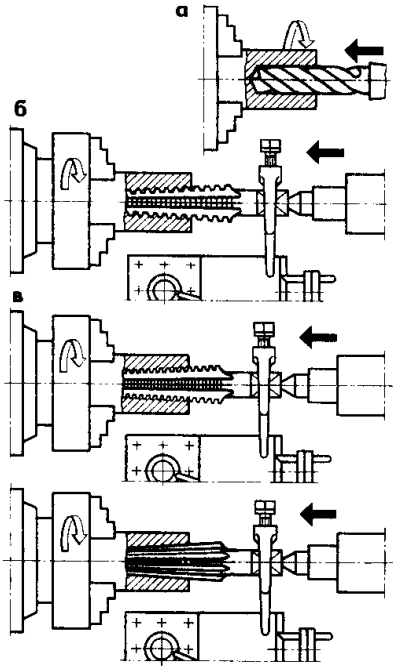


Рисунок 2.98
Развертывание конических отверстий

2. Подобрать режим резания для развертывания и настроить станок; для определения частоты вращения шпинделя надо брать больший диаметр конического отверстия.

3. На квадраты хвостовиков разверток надеть хомутики или воротки. Отрегулировать положение заднего центра, вставить черновую развертку вместе с хомутиком в отверстие заготовки, а центровым отверстием установить ее на задний центр. Хвостовик хомутика (или рукоятки воротка) должен упираться в поверхность верхних салазок. Поддерживая развертку левой рукой за хвостовик, прижать ее к центру задней бабки (рис. 2.98, б).

4. Включить станок. Правой рукой, вращая маховичок задней бабки, перемещать развертку вдоль оси отверстия на длину, соответствующую требуемому диаметру большего основания конического отверстия (с учетом припуска на последующее развертывание). Затем остановить станок и, поддерживая левой рукой хвостовик развертки за хомутик, вывести ее из отверстия.

Выполнить эти же приемы последовательно получистовой (рис. 2.98, в) и чистовой (рис. 2.98,г) развертками, оставляя для получистового развертывания припуск 0,5…1 мм, а для чистового – 0,1…0,2 мм.

5. После каждого перехода проверять размеры отверстия соответствующим коническим калибром-пробкой.

При развертывании отверстия необходимо выполнять следующие правила техники безопасности: не вводить и не выводить развертку на ходу станка; не удерживать руками хвостовик хомутика или рукоятку воротка, они должны быть прижаты к поверхности верхних салазок; не удалять из отверстия стружку, масло и грязь руками; не измерять размеры развертываемого отверстия на ходу станка.

На этом занятии учащийся должен обработать несколько заготовок с различными значениями углов уклона конуса α, применяя требуемый способ обработки конических поверхностей, и выполнить контроль обработанной детали.

Контрольные вопросы:

1. *Что называется конусностью и как она обозначается?*
2. *Какие существуют методы обработки наружных и внутренних конических поверхностей?*
3. *Как производится контроль конических поверхностей?*

Тема 2.7 Технология обработки фасонных поверхностей

0бщие сведения. Поверхности деталей (как наружные, так и внутренние) относят к фасонным, если они образованы криволинейной образующей, комбинацией прямолинейных образующих, расположенных под различными углами к оси детали, или комбинацией криволинейных и прямолинейных образующих. На токарных станках фасонные поверхности получают:

• ручным или автоматическим поперечным и продольным движением подачи резца относительно заготовки с подгонкой профиля обрабатываемой поверхности по шаблону;

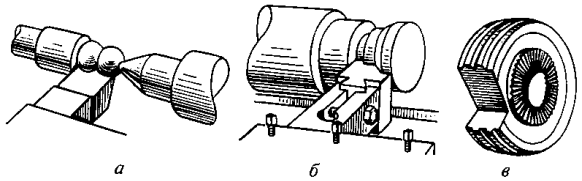
• фасонными резцами, профиль которых соответствует профилю обработанной детали;

• с помощью приспособлений и копирных устройств, позволяющих обработать поверхность заданного профиля;

• комбинированием перечисленных выше методов.

Фасонные поверхности на длинных деталях, заданный профиль которых получается с помощью шаблона, копира и приспособлений, обрабатывают проходными резцами из быстрорежущей стали или твердого сплава.

При обработке галтелей и канавок радиусом $R < 20$ мм на стальных и чугунных деталях применяют резцы, режущая часть которых выполнена по профилю обрабатываемой галтели или канавки.



а - цельный; б - с механическим креплением режущей части; в - дисковый

Рисунок 2.99 Фасонные резцы

Для обработки галтелей и канавок радиусом *R > 20* мм режущую часть резцов выполняют с радиусом округления, равным (1,5...2)R. При этом используют как продольное, так и поперечное перемещение суппорта.

Для повышения производительности обработки фасонных поверхностей сложного профиля применяют фасонные резцы (рис. 1.99). Ширина фасонных резцов не превышает 60 мм и зависит от жесткости системы станок - приспособление - инструмент - обрабатываемая деталь (СПИД) и радиального усилия резания.

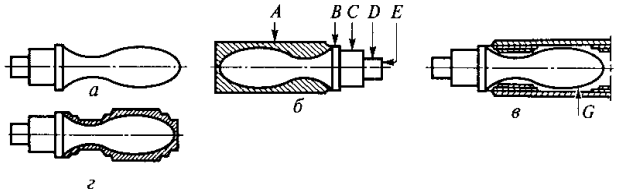
Обработка проходными резцами. При небольшой партии заготовок и соответствующей подготовке рабочего фасонную поверхность можно обрабатывать проходным резцом при его одновременном продольном и поперечном движении, осуществляемом вручную.

При выборе резца форма его вершины и расположение режущих кромок должны позволить обработать фасонную поверхность с заданными углами наклона и радиусами.

Для приобретения навыка одновременного продольного и поперечного перемещения резца по заданной траектории следует предварительно (перед обработкой фасонной детали) выполнить несколько упражнений, что позволит освоиться с особенностями управления станком при фасонной обработке. Для этого в патроне или в центрах устанавливают готовую деталь с фасонной поверхностью сложного профиля. Перемещая суппорт координированным вращением его рукояток, следят за тем, чтобы вершина резца перемещалась в непосредственной близости (с одинаковым зазором до 1 мм) от поверхности детали.

Убедившись в надежности управления станком, переходят к обработке детали с фасонной поверхностью. На рис. 2.100, а показана последовательность обработки описанным способом фасонной поверхности заготовки рукоятки. Заготовку закрепляют в трехкулачковом патроне, используя для этого поверхность *A* (рис.1.100, б), и обрабатывают проходным резцом хвостовую часть рукоятки, состоящую из поверхностей *B, C, D,* и *E.* Установив рукоятку в патроне по поверхности *G* (рис. 2.100, в), обрабатывают фасонную часть рукоятки. С помощью шкалы на станине станка производят разметку (вдоль оси заготовки) наибольшего и наименьшего диаметров фасонной поверхности рукоятки, а затем

проходным резцом снимают черновой припуск в несколько проходов (см. заштрихованные участки на рис. 1.100, в).

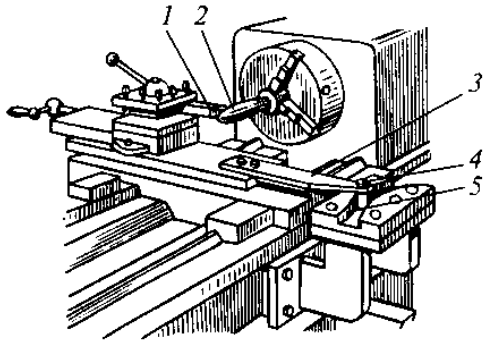


а - готовая деталь; б, в и г - полуфабрикаты для получения детали;*A, B, C, D,E и G* - обрабатываемые поверхности

Рисунок 2.100 Последовательность обработки фасонной поверхности рукоятки проходным резцом с применением продольной и поперечной подач

Окончательный съем припуска (рис. 2.100, г) выполняют в несколько проходов. Вначале аккуратно снимают гребешки плавным перемещением резца вдоль оси обрабатываемой детали и возвратно-поступательным перемещением поперечных салазок суппорта. Затем к невращающейся заготовке прикладывают шаблон с профилем готовой детали, измеряют наибольший и наименьший диаметры фасонной поверхности и определяют места, с которых необходимо снять припуск. Для облегчения условий труда и повышения его производительности опытные рабочие используют автоматическую продольную подачу, перемещая вручную только поперечный суппорт.

Для повышения производительности и точности обработки фасонных поверхностей проходным резцом применяют копир (рис. 2.101). Фасонную поверхность рукоятки *2* обрабатывают резцом *1,* поперечное перемещение которого осуществляется по копиру 5 пальцем *4* в соответствии с его профилем. Вместе с пальцем *4* в поперечном направлении перемещается тяга *3* и связанный с ней суппорт с резцовой головкой. При этом винт поперечного движения подачи выводится из зацепления с гайкой поперечного суппорта, а движение продольной подачи может осуществляться автоматически.



1 - резец; 2 - рукоятка; 3 - тяга; 4 - палец; 5 - копир

Рисунок 2.101 Обработка фасонных поверхностей по копиру

Обработка фасонными резцами. Для обработки галтелей, резьбы и других фасонных поверхностей применяют фасонные резцы. Профиль режущей кромки фасонных резцов полностью совпадает с профилем обрабатываемой поверхности, поэтому передняя поверхность резца устанавливается точно на линии центров станка. Фасонные резцы затачивают по передней поверхности. Это необходимо учитывать при повторной установке резцов. В горизонтальной плоскости резец должен быть установлен перпендикулярно к линии центров станка; правильность установки проверяют угольником, который одной стороной прикладывают к цилиндрической поверхности детали, а другой - к боковой поверхности резца, при этом между угольником и резцом должен быть равномерный просвет. Применение призматических и круглых фасонных резцов позволяет обрабатывать фасонные поверхности сложного профиля.

Призматические радиальные фасонные резцы устанавливают на поперечном суппорте или в револьверной головке с горизонтальной осью вращения. Они предназначены для работы с поперечным движением подачи. Режущую кромку резца необходимо устанавливать по центру обрабатываемой детали. Задние углы α создают соответствующей установкой резца в державке, что является преимуществом этой конструкции.

Фасонные круглые резцы с винтовыми образующими режущих кромок обеспечивают получение меньшей шероховатости

обрабатываемой поверхности по сравнению с круглыми резцами с кольцевыми образующими. Резцы с винтовыми образующими — это высокопроизводительный инструмент, который применяется на станках с револьверными головками.

Подача фасонного резца должна быть равномерной и не превышать 0,05 мм/об при ширине резца 10... 20 мм и 0,03 мм/об при ширине резца более 20 мм. Подача зависит от жесткости детали.

Контроль фасонной поверхности. Фасонную поверхность детали контролируют, как правило, шаблоном. Отклонения от фактического профиля могут быть вызваны следующими причинами: неточностью профиля резца или погрешностью его установки, а также деформацией детали при обработке, вызванными чрезмерно большими подачами.

Контрольные вопросы

1. Какие поверхности относят к фасонным?
2. Назовите инструмент, применяемый при фасонной обработке.
3. Какими способами ведут обработку фасонных поверхностей?
4. Как осуществляют контроль фасонной поверхности?

ЛИТЕРАТУРА

1. Вереина Л.И. Справочник токаря. М.: АСАДЕМА, 2004, 446 с.
2. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. Вып. 2, 1986.
3. Черпаков Б.И., Альперович Т.А. Металлорежущие станки. - М.: АСАДЕМА, 2004, 365 с.
4. Бруштейн Б.Е. Токарное дело. Высшая школа 1967