

б) найти с точностью до 0,01.  $564,375+7489,296+114,206+748,601$ .

*Вариант – 3*

1. Округлить с точностью до 0,01 следующие числа: а)8,993; б)81,341
2. Округлить с точность до 1 следующие числа: а)34,931; б)2,501
3. Округлить с точностью до 1000 следующие числа: а)64975; б)6872,73
4. Найти абсолютную и относительную погрешности если известно, что 0,444 является приближенным значением для  $4/9$ .
5. Округлить число 31,317 тремя способами, найти ошибки округления.
6. Выполнить действия: а)  $12030+645,29+478,5+1652,375$ ;  
б) найти с точностью до 100.  $563+14879+74596+23702$ .

*Вариант – 4*

1. Округлить с точностью до 0,01 следующие числа: а)10,328; б)15,1613
2. Округлить с точность до 1 следующие числа: а)785,501; б)0,499
3. Округлить с точностью до 1000 следующие числа: а)16765; б)1335,42
4. Найти абсолютную и относительную погрешности если известно, что 0,273 является приближенным значением для  $3/11$ .
5. Округлить число 24,815 тремя способами, найти ошибки округления.
6. Выполнить действия: а)  $26,35+1400+729,3+745,68$ ;  
б) найти с точностью до 0,01.  $172,350+113,215+712,305+546,554$ .

*Вариант – 5*

1. Округлить с точностью до 0,01 следующие числа: а)76,645; б)17,8975
2. Округлить с точность до 1 следующие числа: а)31,499; б)12,081
3. Округлить с точностью до 1000 следующие числа: а)4172,035; б)57846
4. Найти абсолютную и относительную погрешности если известно, что - 0,154 является приближенным значением для  $-2/13$ .
5. Округлить число 42,052 тремя способами, найти ошибки округления.
6. Выполнить действия: а)  $263,428+316,107+2,246+52,17$ ;  
б) найти с точностью до 100.  $7123+42596+7835516+2961023$ .

*Вариант – 6*

1. Округлить с точностью до 0,01 следующие числа: а)62,8428; б)22,1488
2. Округлить с точность до 1 следующие числа: а)58,261; б)506,605
3. Округлить с точностью до 1000 следующие числа: а)5381; б)37812,756
4. Найти абсолютную и относительную погрешности если известно, что - 0,222 является приближенным значением для  $2/9$ .
5. Округлить число 32,602 тремя способами, найти ошибки округления.
6. Выполнить действия: а)  $318,7864+211,124+76,16+106,1$ ;  
б) найти с точностью до 0,01.  $428,726+713,514+695,207+844,398$ .

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

### Практическое занятие №2

**Тема:** Преобразования выражений, содержащих степени и радикалы.

**Цель:** Повторить свойства степени и радикалов. Выработать навык работы со степенями и радикалами

**Пояснения к работе**

«Степень с произвольным действительным показателем и ее свойства»

**Определение 1:** Пусть дано положительное число  $a$  и произвольное действительное число  $n$ . Число  $a^n$  называется степенью, число  $a$  — основанием степени, число  $n$  — показателем степени.

**Определение 2:** Степень с натуральным показателем.

Если  $a \in \mathbb{R}$ ,  $n \in \mathbb{N}$ , то величина  $a^n$  определяется так.

$$a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_n$$

*Пример 1:*  $3^5 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 243$

**Определение 3:** Степень с целым показателем.

Если  $a \neq 0$ , то по определению считается, что  $a^0 = 1$  ( $0^0$  не определен).

Если  $a \neq 0$ ,  $n \in \mathbb{N}$ , то величина  $a^{-n}$  определяется так.  $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$ .

*Пример 2:*  $\left(-\frac{2}{3}\right)^0 = 1$ ;  $\left(\frac{5}{2}\right)^{-4} = \left(\frac{2}{5}\right)^4 = \frac{16}{625}$ .

**Определение 4:** Степень с рациональным показателем.

Если  $a > 0$ ,  $r \in \mathbb{Q}$ , то величина  $a^r$  определяется так.

$$a^r = \sqrt[n]{a^m}, \text{ где } r = \frac{m}{n}, n \in \mathbb{N}, m \in \mathbb{Z}.$$

Пример 3:  $27^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{27^1} = 3.$

Замечание: В рациональную степень можно возводить только положительные числа!!!

### Свойства степени с действительным показателем:

Пусть  $a > 0$ ,  $b > 0$ ,  $x$  и  $y$  – любые действительные числа. Тогда справедливы следующие свойства степени с любым действительным показателем

1.  $a^x \cdot a^y = a^{x+y}.$

2.  $a^x : a^y = a^{x-y}.$

3.  $(a^x)^y = a^{xy}.$

4.  $a^x \cdot b^x = (ab)^x.$

5.  $\frac{a^x}{b^x} = \left(\frac{a}{b}\right)^x.$

Пример 4: 
$$\frac{3 \cdot \left(\frac{8}{27}\right)^{\frac{1}{3}} + (0,25)^{\frac{1}{2}}}{2,5} = \frac{3 \cdot \frac{2}{3} + \frac{1}{2}}{2,5} = \frac{2,5}{2,5} = 1.$$

### «Корень $n$ -ой степени и его свойства»

**Определение 1:** Корнем  $n$ -ой степени из числа  $a$  называется такое число,  $n$ -я степень которого равна  $a$ .

Пример 1:  $\sqrt[3]{27} = 3, \quad 3^3 = 27.$

**Определение 2:** Арифметическим корнем  $n$ -ой степени из числа  $a$ , называется неотрицательное число  $n$ -я степень которого равна  $a$ .

Пример 2:  $\sqrt[4]{81} = \frac{3}{2} > 0, \quad \left(\frac{3}{2}\right)^4 = \frac{81}{16}.$

**Определение 3:** При нечетном  $n$  существует корень  $n$ -ой степени из любого числа  $a$  и притом только один. Для корней нечетной степени справедливо равенство  $\sqrt[n]{-a} = -\sqrt[n]{a}.$

Пример 3:  $\sqrt[3]{-27} = -\sqrt[3]{27} = -3.$

### Основные свойства корней:

Для любого натурального  $n$ , целого  $k$  и любых неотрицательных чисел  $a$  и  $b$  выполняются равенства

6.  $\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}.$

7.  $\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} \quad (b \neq 0).$

8.  $\sqrt[n]{\sqrt[k]{a}} = \sqrt[nk]{a} \quad (k > 0).$

9.  $\sqrt[n]{a} = \sqrt[nk]{a^k} \quad (k > 0).$

10.  $\sqrt[n]{a^k} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^k$  Если  $k \leq 0$ , то  $a \neq 0$ .

11. Для любых чисел  $a$  и  $b$ , таких, что  $0 \leq a < b$ , выполняется неравенство  $\sqrt[n]{a} < \sqrt[n]{b}.$

Пример 4:  $\sqrt[3]{\sqrt[5]{7}} = \sqrt[15]{7}$ ;  $\sqrt[2]{\sqrt[3]{128}} = \sqrt[6]{2^7} = \sqrt[3]{2}$

### 3. Содержание работы

#### Вариант 1

1. Вычислите: а)  $\sqrt[4]{0,0016 \cdot 0,0081} - \sqrt{169}$ ; б)  $\frac{\sqrt[3]{27 \cdot \sqrt{196}}}{\sqrt[3]{216}}$ ; в)  $\sqrt[3]{3 \cdot 25} \cdot \sqrt[3]{9 \cdot 5}$
2. Найдите значение выражения: а)  $3 \cdot 27^{\frac{1}{3}}$ ; б)  $\left(\frac{36^3}{125^2}\right)^{\frac{1}{6}}$ ; в)  $\left(0,216^{\frac{8}{27}}\right)^{\frac{9}{4}}$ .
3. Упростите выражение  $\frac{\sqrt[7]{x^{20}}}{\sqrt[7]{x^6}}$
4. Вычислите: а)  $5^{3-\sqrt{8}} \cdot 5^{3+\sqrt{8}}$  б)  $(6^{\sqrt{2}})^{\sqrt{8}}$
- 5\*. Вычислите значение выражения  $16^{-\frac{5}{4}} - (0,01)^{-\frac{1}{2}} + 12 \cdot (7^0)^3 - 16 \cdot 2^{-5} \cdot 64^{-\frac{2}{3}}$ .

#### Вариант 2

1. Вычислите: а)  $\sqrt[3]{0,125 \cdot 0,064} - \sqrt{361}$ ; б)  $\frac{\sqrt[3]{125 \cdot \sqrt{144}}}{2^{\sqrt[4]{16}}}$ ; в)  $\sqrt[4]{3 \cdot 64} \cdot \sqrt[4]{27 \cdot 4}$
2. Найдите значение выражения: а)  $4 \cdot 16^{\frac{1}{4}}$ ; б)  $\left(\frac{49^4}{64^4}\right)^{\frac{1}{8}}$ ; в)  $\left(144^{\frac{7}{8}}\right)^{\frac{4}{7}}$
3. Упростите выражение  $\sqrt[9]{x^{11}} \cdot \sqrt[9]{x^7}$ .
4. Вычислите: а)  $3^{\sqrt{7}-2} \cdot 3^{\sqrt{7}+2}$  б)  $(2^{\sqrt{3}})^{\sqrt{12}}$
- 5.\* Вычислите значение выражения  $625^{-\frac{3}{2}} \cdot 5^{-3} \cdot 25 + 7 \cdot (4^0)^4 - 25^{-3\frac{1}{2}} + \left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{1}{3}}$

### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

### Практическое занятие №3

Тема: «Вычисление и сравнение логарифмов»



**Цель:** Ввести понятие логарифма и рассмотреть его свойства. Систематизировать и отработать навык вычисления и сравнения логарифмов

**1. Пояснения к работе:**

**Определение 1:** Логарифмом положительного числа  $b$  при положительном основании  $a$ , называется показатель степени, в которую нужно возвести основание  $a$ , чтобы получить логарифмируемое число  $b$ .

$a^{\log_a b} = b$ , где  $b > 0$ ,  $a > 0$  и  $a \neq 1$  называется основным логарифмическим тождеством

*Пример 1:*  $\log_3 9 = 2$  (т.к.  $9 > 0$ ,  $3 > 0$ ,  $3^2 = 9$ ).

**Свойства:**

При любых  $a, b > 0$  ( $a, b \neq 1$ ),  $p \neq 0$  и  $x, y > 0$  выполняются равенства:

1.  $\log_a 1 = 0$

6.  $\log_b x = \frac{\log_a x}{\log_a b}$

2.  $\log_a a = 1$

7.  $\log_a b \cdot \log_b a = 1$

3.  $\log_a xy = \log_a x + \log_a y$

4.  $\log_a \frac{x}{y} = \log_a x - \log_a y$

8.  $\log_{a^p} x = \frac{1}{p} \cdot \log_a x$

5.  $\log_a x^p = p \cdot \log_a x$

9.  $\log_{a^p} x^p = \log_a x$

**Определение 1:** Десятичным логарифмом называется логарифм по основанию 10.

*Обозначение:*  $lg$ , т.е.  $\log_{10} x = lg x$ .

Логарифмы чисел 10, 100, 1000, ... равны соответственно 1, 2, 3, ..., т.е. имеют столько положительных единиц, сколько нулей стоит в логарифмируемом числе после единицы.

Логарифмы чисел 0.1, 0.01, 0.001, ... равны соответственно -1, -2, -3, ..., т.е. имеют столько отрицательных единиц, сколько нулей стоит в логарифмируемом числе перед единицей.

*Пример 1:*  $lg 1000 = 3 \Rightarrow 10^3 = 1000$ .

**Определение 2:** Натуральным логарифмом называется логарифм по основанию  $e$ .

*Обозначение:*  $ln$ , т.е.  $\log_e x = ln x$ .

Число  $e$  является иррациональным,  $e \approx 2.718281828$ .

*Пример 2:*

а)  $ln 1 = 0 \Rightarrow e^0 = 1$ .

б)  $ln e = 1 \Rightarrow e^1 = e$ .

*Пример 3:* Найдём значение выражения  $\frac{lg 72 - lg 9}{lg 28 - lg 7}$ .

*Решение:* 
$$\frac{lg 72 - lg 9}{lg 28 - lg 7} = \frac{lg \frac{72}{9}}{lg \frac{28}{7}} = \frac{lg 8}{lg 4} = \frac{3lg 2}{2lg 2} = \frac{3}{2}$$

*Пример 4.* Найдите значение выражения  $\log_{27} 81 + \log_{27} 9$ .

**Решение.** Воспользуемся свойствами логарифмов:

$$\log_{27} 81 + \log_{27} 9 = \log_3^3 81 + \log_3^3 9 = \frac{1}{3} \log_3 81 + \frac{1}{3} \log_3 9 = \frac{1}{3} \log_3 3^4 + \frac{1}{3} \log_3 3^2 = \frac{4}{3} + \frac{2}{3} = 2$$
 **Решение.**  
Воспольз

уемся свойствами логарифмов:

$$\log_4 32 + \log_4 14 - \log_4 7 = \log_4 \frac{32 \cdot 14}{7} = \log_4 64 = 3$$



Пример 5:

а)  $\log_3 x = -4 \Rightarrow x = 3^{-4} = \frac{1}{81}$ .

б)  $\log_{16} 1 = 0$ , т.к.  $16^0 = 1$ .

в)  $\log_5 x = \log_5 7 + 2\log_5 3 - 3\log_5 2 = \log_5 \frac{7 \cdot 9}{8} = \log_5 \frac{63}{8} \Rightarrow x = \frac{63}{8} = 7,875$ .

г) Известно, что  $\log_2 5 = a$  и  $\log_2 3 = b$ . Выразим  $\log_2 300$  через  $a$  и  $b$ .

$$\log_2 300 = \log_2 (3 \cdot 5^2 \cdot 2^2) = \log_2 3 + 2\log_2 5 + 2\log_2 2 = b + 2a + 2.$$

### 3. Содержание работы

#### Вариант 1

1.  $\log_2 16$

2. Найдите  $x$ , если

$$\log_4 x = \log_2 3 + \log_2 \frac{\sqrt{2}}{3}$$

3.  $\log_2 \frac{1}{8}$

4.  $9^{\frac{2}{\log_2 9}}$

5.  $81^{\frac{1}{\log_5 9}}$

6. Вычислить

$$\log_{ab} \frac{\sqrt{b}}{a} + \log_{\sqrt{ab}} b + \log_a \sqrt[3]{b},$$

если известно, что  $\log_b a = 2$

#### Вариант 2

1.  $\log_3 \frac{1}{81}$

2. Найдите  $x$ , если

$$\lg x = \lg 25 + \lg 5$$

3.  $\log_{\frac{1}{27}} 3$

4.  $\sqrt{5^{\frac{2}{\log_9 5}}}$

5.  $\log_3 ((\log_2 5)(\log_5 8))$

6. Вычислить

$$\log_{\sqrt{a}} b \sqrt[4]{a} + \log_{\sqrt{b}} a + \log_a \sqrt{ab},$$

если известно, что  $\log_a b = 2$

**Вариант 3**

1.  $\log_{17} 1$

2. Найдите  $x$ , если

$$\lg x = \lg 6 + \lg 2$$

3.  $\log_5 \frac{1}{125}$

4.  $64^{\frac{1}{3\log_{27} 8}}$

5.  $0,25(1 + 4^{\log_2 5})^{\log_{25} 4}$

6. Вычислить

$$\log_{\sqrt[3]{b}} \frac{b}{\sqrt[3]{a}} - \frac{3}{\log_{\sqrt[3]{ab}}(a\sqrt{b})} + 2\log_a \sqrt{b},$$

если известно, что  $\log_b a = 2$ **Вариант 4**

1.  $\log_{\frac{1}{3}} 9$

2. Найдите  $x$ , если  $\lg x = 2\lg 3$ 

3.  $\log_{\frac{1}{2}} 2\sqrt{2}$

4.  $2^{\frac{6}{\log_{\sqrt[3]{6}} 2}}$

5.  $81^{\log_9 2 - 0,25\log_3 2}$

6. Вычислить

$$\log_{a\sqrt{b}} \frac{\sqrt{b}}{a^2} + \log_{b\sqrt{a}}(a\sqrt{b}) + \frac{1}{4}\log_{\sqrt[3]{a}} \sqrt[5]{a},$$

если известно, что  $\log_a b = \frac{1}{2}$ **Вариант 5**

1.  $\log_{0,2} 0,04$

2. Найдите  $x$ , если

$$\log_{\frac{1}{4}} x = \log_2 \frac{1}{\sqrt{2}}$$

3.  $\log_{49} 7$

4.  $11^{\frac{1}{4\log_6 11}}$

5.  $\log_5 128 \cdot \log_2 \frac{1}{125}$

6. Вычислить

$$\log_{\sqrt[3]{a}} \frac{b}{a} + \log_{\sqrt{b}}(a\sqrt[3]{b}),$$

если известно, что  $\log_b a = 9$ **Вариант 6**

1.  $\log_{\sqrt{5}} 1$

2. Найдите  $x$ , если

$$\log_{25} x = \log_{\frac{1}{25}} 125$$

3.  $\log_9 243$

4.  $3^{\frac{3}{\log_{\sqrt[3]{7}} 3}}$

5.  $64^{-\left(\log_{\frac{1}{3}} 2\right)\left(\log_{\frac{1}{4}} 9\right)+4}$

6. Вычислить

$$3\log_{\sqrt[3]{ab}} \frac{\sqrt{b}}{a} + 2\log_{\sqrt[3]{ab}} a^3,$$

если известно, что  $\log_a b = 2$

**Вариант 7**

1.  $\log_5 \frac{1}{125}$
2. Найдите  $x$ , если  $\log_3 x = \log_{\frac{1}{3}} 5$
3.  $\log_4 \frac{1}{128}$
4.  $6^{\frac{2}{\log_5 6}}$
5.  $25^{2-\log_5 75} + 7^{-\log_7 3}$
6.  $\left( 2^{2+\frac{1}{\log_3 2}} + 25^{\frac{1}{2\log_3 5}} + 1 \right)^{\frac{1}{2}}$

**Вариант 8**

1.  $\log_{\frac{1}{4}} 8$
2. Найдите  $x$ , если  $\log_2 x = \log_4 9$
3.  $\log_{\sqrt{7}} \frac{1}{7}$
4.  $\log_{\frac{1}{5}} \log_2 32$
5.  $\frac{2}{5} (\log_3 81 + 16^{\log_2 3})^{\log_5 25}$
6.  $\left( 27^{\log_{\sqrt{3}} \sqrt[6]{3}} + 4 \cdot 5^{\log_5 2} - 2^{\log_5 2} \cdot \log_2 16 \right)$

**Вариант 9**

1.  $\log_{0,3} \frac{1}{0,09}$
2.  $2^{2-\log_2 5} + \left( \frac{1}{2} \right)^{\log_2 5}$
3.  $\log_5 \frac{1}{5\sqrt{5}}$
4.  $\log_2 \log_{\sqrt{7}} 49$
5.  $10^{3-\lg 4} - 49^{\log_7 15}$
6.  $\left( \frac{1}{4} \right)^{\log_{\frac{1}{2}} 3} \cdot 7^{\log_7^2 2} - 9 \cdot 2^{\log_7 2} + 3^{\log_9 4}$

**Вариант 10**

1.  $\log_4 32$
2.  $10^{2-\lg 2} - 25^{\log_5 7}$
3.  $\log_{\frac{1}{4}} \frac{1}{64}$
4.  $\log_{\frac{8}{27}} \log_{25} 125$
5.  $3^{2-\log_3 5} + \left( \frac{1}{3} \right)^{\log_3 5}$
6.  $3^{\frac{1}{\log_5 3}} \cdot 3^{\log_3^2 4} - 5 \cdot 4^{\log_3 4} + \lg 0,1$

**Вариант 11**

1.  $\lg 0,01$
2.  $16^{\log_4 3 - 0,25 \log_2 3}$
3.  $2 \log_7 32 - \log_7 256 - 2 \log_7 14$
4.  $\log_{\sqrt{3}} \log_{\frac{1}{5}} \frac{1}{125}$
5.  $\frac{\log_2^2 14 + (\log_2 14)(\log_2 7) - 2 \log_2^2 7}{\log_2 14 + 2 \log_2 7}$
6.  $7^{\frac{2}{\log_2 7}} \cdot 4^{\log^2 4 6} - 4 \cdot 6^{\log_4 6} + (\sqrt[3]{5})^{\log_3 27}$

**Вариант 12**

1.  $\lg 1000$
2.  $\frac{1}{8} (1 + 9^{\log_3 7})^{\log_5 3}$
3.  $\log_3 8 - 2 \log_3 2 + \log_3 4,5$
4.  $\log_9^3 \log_2 8$
5.  $9^{3 - \log_3 54} + 7^{-\log_7 2}$
6.  $2^{\frac{1}{2 \log_5 2}} \cdot 5^{\log^2 5 2} - \sqrt{5} \cdot 2^{\log_5 2} - \left(\frac{1}{3}\right)^{\log_3 25}$

**Вариант 13**

1.  $\lg 1$
2.  $10^{\lg 7 + \lg \frac{2}{7}}$
3.  $\log_5 22 - \log_5 11 - \log_5 10$
4.  $\log_4 \log_3 \sqrt{81}$
5.  $\frac{2 \log_3 12 - 4 \log_3^2 2 + \log_3^2 12 + 4 \log_3 2}{3 \log_3 12 + 6 \log_3 2}$
6.  $3^{\frac{1}{2 \log_7 3}} \cdot 3^{\log_3^2 8} - \sqrt{7} \cdot 8^{\log_3 8} + (\sqrt{3})^{\log_3 25}$

**Вариант 14**

1.  $\lg 10$
2.  $10^{1+\lg 5}$
3.  $\log_2 7 - \log_2 63 + \log_2 36$
4.  $\log_2 \log_{343} 49$   
 $\frac{2}{3}$
5.  $\frac{3(\log_5 15)(\log_5 9) - 2\log_5^2 15 - \log_5^2 9}{\log_5 9 - \log_5 15}$
6.  $\left( 3^{\frac{\log_3 5}{\log_3 3}} - 5^{\frac{1}{\log_3 3}} + 7^{\log_7 49} \right)^{\frac{1}{2}}$

**Вариант 15**

1.  $3^{\log_3 7}$
2.  $10^{\lg 2 + \lg 3}$
3.  $\log_4 5 + \log_4 25 + \log_4 \frac{2}{125}$
4.  $\log_{\frac{1}{3}} \log_3 27$
5.  $\frac{\log_2^2 9 - 2\log_2 9 + 2\log_2^2 18 - 3(\log_2 9)(\log_2 18) + 4\log_2 18}{\log_2 9 - 2\log_2 18}$
6.  $(\log_3 2 + \log_2 81 + 4)(\log_3 2 - 2\log_{18} 2)\log_2 3 - \log_3 2$

**Вариант 16**

1.  $0,5^{\log_{0,5} 6}$
2.  $\log_5 8 - \log_5 2 + \log_5 \frac{25}{4}$
3.  $\log_3 72 - \log_3 \frac{16}{27} + \log_3 18$
4.  $\log_3^2 \log_{\frac{1}{5}} \frac{1}{125}$
5.  $\frac{\log_{35}^2 5 - 2(\log_{35} 5)(\log_{35} 7) - 3\log_{35}^2 7}{2(\log_{35} 5 - 3\log_{35} 7)}$
6.  $(\log_5 2 + \log_2 5 + 2)(\log_5 2 - \lg 2)\log_2 5 - \log_5 2$

**Вариант 17**

1.  $25^{\log_5 3}$
2.  $\log_2 5 - \log_2 35 + \log_2 56$
3.  $2\log_2 6 + \log_2 \frac{35}{9} - \log_2 35$
4.  $\log_2 \log_5 \sqrt[8]{5}$
5. 
$$\frac{\log_5^2 7\sqrt{5} + 2\log_5^2 7 - 3(\log_5 7\sqrt{5})(\log_5 7)}{\log_5 7\sqrt{5} - \log_5 49}$$
6.  $(\log_2 7 + \log_7 16 + 4)(\log_2 7 - 2\log_{28} 7)\log_7 2 - \log_2 7$

**Вариант 18**

1.  $(0,04^{\log_{0,2} 3} + 333^{\log_{\sqrt{3}} 1})^3$
2.  $\log_5 175 - \log_5 7$
3.  $\log_5 \frac{1}{4} - 2\log_5 \frac{2}{3} + \log_5 \frac{4}{9}$
4.  $7^{\log_{\sqrt[3]{7}} 3}$
5. 
$$\frac{2\log_3^2 2 - \log_3^2 18 - (\log_3 2)(\log_3 18)}{2\log_3 2 + \log_3 18}$$
6.  $(\log_3 5 + \log_5 3 + 2)(\log_3 5 - \log_{15} 5)\log_5 3 - \log_3 5$



**Вариант 19**

1.  $4^{2\log_4 10}$
2.  $\log_7 196 - 2\log_7 2$
3.  $\log_4 \frac{1}{5} + \log_4 36 + \frac{1}{2}\log_4 \frac{25}{81}$
4.  $\left(\frac{1}{2}\right)^{\log_2 5}$
5. 
$$\frac{\log_4^2 12 + 3\log_4^2 \frac{1}{3} + 4(\log_4 12)(\log_4 \frac{1}{3})}{\log_4 12 + 3\log_4 \frac{1}{3}}$$
6.  $(\log_3 4 + 9\log_4 3 + 6)(\log_3 4 - 3\log_{108} 4)\log_4 3 - \log_3 4$

**Вариант 20**

1.  $9^{\log_{81} 4}$
2.  $\log_2 \sqrt{3} + \frac{1}{2}\log_2 \frac{4}{3}$
3.  $\log_2 12 + \log_2 \frac{5}{3} + \log_2 \frac{4}{5}$
4.  $6^{\log_{\frac{1}{6}} \frac{1}{3}}$
5. 
$$\frac{\log_5^2 15 - \log_5^2 3 + 2\log_5 15 + 2\log_5 3}{\log_5 15 + \log_5 3}$$
6.  $(\log_7 3 + \log_3 7 + 2)(\log_7 3 - \log_{21} 3)\log_3 7 - \log_7 3$

**Вариант 21**

1.  $\sqrt{5}^{2\log_5 3}$
2.  $\log_5 8 + 3\log_5 \frac{9}{2}$
3.  $3^{\log_{\sqrt{3}} 7}$
4.  $\left(\frac{1}{3}\right)^{\log_{\frac{1}{9}} 4}$
5. 
$$\frac{\log_7^2 14 + (\log_7 14)(\log_7 2) - 2\log_7^2 2}{\log_7 14 + 2\log_7 2}$$
6.  $(\log_6 3 + \log_3 1296 + 4)(\log_6 3 - \log_{108} 9)\log_3 6 - \log_6 3$

**Вариант 22**

1.  $7^{2\log_4 2}$

2.  $\log_5 2 - \log_5 54$

3.  $5^{\frac{\log_1 3}{\sqrt{5}}}$

4.  $2^{\log_8 125}$

5. *Вычислить*  $3\log_{\frac{a^3}{b}} \frac{\sqrt{a}}{\sqrt[3]{b}} + \log_{\frac{a^3}{b}} b,$

*если известно, что  $\log_a b = 2$* 

6.  $(\log_4 6 + \log_6 4 + 2)(\log_4 6 - \log_{24} 6)\log_6 4 - \log_4 6$

**Вариант 23**

1.  $10^{\lg 0,5}$

2.  $\log_2 5 + \log_2 \frac{8}{5}$

3.  $2^{\log_4 9}$

4.  $9^{\log_3 \sqrt{5}}$

5. *Вычислить*  $\log_{\frac{\sqrt{b}}{a^2}} \frac{\sqrt{a}}{\sqrt[4]{b}} + \frac{1}{4} \log_{\frac{\sqrt{b}}{a^2}} b\sqrt{a},$

*если известно, что  $\log_a b = 14$* 

6.  $(\log_5 7 + 9\log_7 5 + 6)(\log_5 7 - 3\log_{875} 7)\log_7 5 - \log_5 7$

**Вариант 24**

1.  $8^{4\log_6 3}$

2.  $\log_4 2 + \log_4 8$

3.  $7^{\log_7 \sqrt{7} 27}$

4.  $49^{\frac{1}{2\log_9 7}}$

5. *Вычислить*  $\log_{\frac{b}{\sqrt[3]{a}}} \frac{\sqrt[5]{b}}{\sqrt{a}} + 3\log_{\frac{b}{\sqrt[3]{a}}} \sqrt{ab},$

*если известно, что  $\log_b a = 2$* 

6.  $(\log_2 5 + 16\log_5 2 + 8)(\log_2 5 - 4\log_{80} 5)\log_5 2 - \log_2 5$

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №4

**Тема:** «Преобразование выражений. Логарифмирование и потенцирование»

**Цель:** Отработать навык преобразования выражений, решения неравенств путем потенцирования и логарифмирования

#### 1. Пояснения к работе. (См. теорию к практической работе №3)

##### Логарифмические неравенства

##### В – I

##### 1. Решите неравенства:

- 1).  $\log_2(8-x) < 1$ ;      2).  $\log_{\frac{1}{3}}(x+1) \geq \log_{\frac{1}{3}}(3-x)$ ;
- 3).  $\log_2 x + \log_2(x-1) \leq 1$ ;      4).  $\log_{0,8}(2x^2 - 9x + 4) \geq 2 \log_{0,8}(x+2)$ ;
- 5).  $\log_3^2 x - \log_3 x > 2$ ;      6).  $\log_{\frac{1}{2}} \log_5(x^2 - 4) > 0$ .

##### Логарифмические неравенства

##### В – II

##### 1. Решите неравенства:

- 1).  $\log_3(x-2) < 2$ ;      2).  $\log_{\frac{1}{2}}(2x-4) \geq \log_{\frac{1}{2}}(1+x)$ ;
- 3).  $\log_2(x-3) + \log_2(x-2) \leq 1$ ;      4).  $\log_{0,8}(2x^2 + 3x + 1) \geq 2 \log_{0,8}(x-1)$ ;
- 5).  $\log_2^2 x + 2 \log_2 x > 3$ ;      6).  $\log_{\frac{1}{3}} \log_4(x^2 - 9) > 0$ .

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

## 5. Литература

1. *Башмаков М. И.* Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. *Башмаков М. И.* Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. *Алимов Ш. А. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. *Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

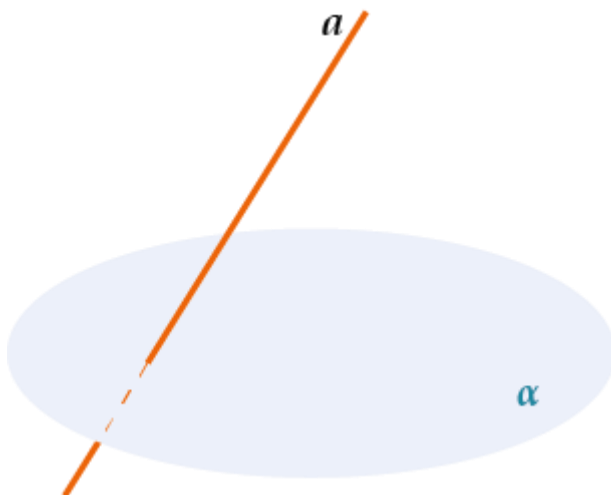
### Практическое занятие №5

**Тема:** «Вычисление угла между прямой и плоскостью»

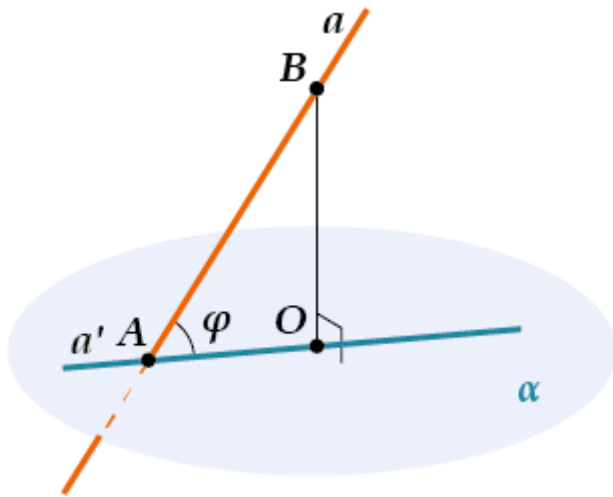
**Цель:** Отработать навык и систематизировать знания по теме вычисления угла между прямой и плоскостью

#### 1. Пояснения к работе.

**Угол между прямой и плоскостью** – это угол между прямой и её проекцией на эту плоскость.



Чтобы определить угол между прямой и плоскостью, нужно опустить перпендикуляр ( $B_0$ ) из любой точки прямой  $a$  на плоскость  $\alpha$ .



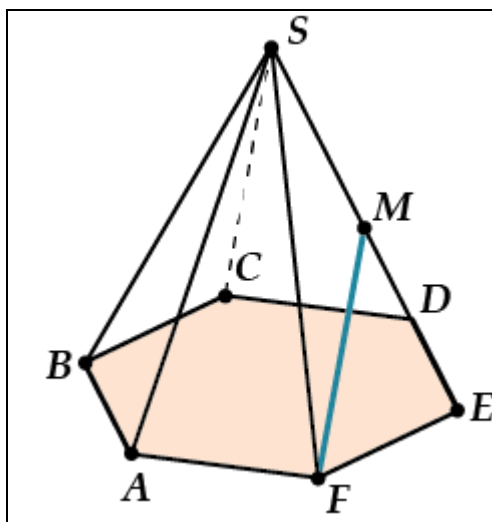
А потом провести прямую через точки  $A$  и  $O$ . Эта прямая называется проекцией прямой  $a$  на плоскость  $\alpha$ . Так вот, угол между прямой  $a$  и плоскостью  $\alpha$  равен углу  $\varphi$  между  $a$  и  $a'$ .

Как **найти** угол между прямой и плоскостью в задачах?

Как и в других задачах на нахождение углов и расстояний в стереометрии, есть два метода: **геометрический** и **алгебраический**. Рассмотрим только **геометрический**.

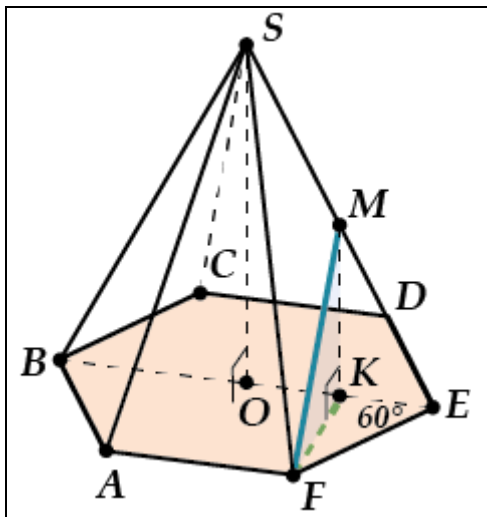
При **геометрическом** методе нужно найти какую-нибудь удобную точку на прямой, опустить перпендикуляр на плоскость, выяснить, что из себя представляет проекция, а потом решать планиметрическую задачу по поиску угла ( $\varphi$ ) в треугольнике (зачастую прямоугольном).

Самый сложный момент – определить, куда опустится перпендикуляр и какая же прямая является проекцией.



В правильной шестиугольной пирамиде  $SABCDEF$  точка  $M$  середина ребра  $SD$ .  
Найти угол между прямой  $FM$  и плоскостью основания, если  $SE=3FE$ .

### Решение геометрическим методом:



Поскольку в правильной пирамиде высота опускается в центр основания  $O$ , то  $OE$  - это проекция  $SE$ , а точка  $M$  проектируется в точку  $K$  - середину отрезка  $OE$ . И теперь  $FK$  - это проекция  $FM$ , а искомый угол между прямой  $FM$  и плоскостью основания - это  $\angle MFK$ .

Ищем этот угол. Пусть стороны основания равны какому-то  $a$ , тогда боковые ребра -  $3a$ . Заметь, что  $\triangle MFK$  - прямоугольный и в этом треугольнике нам нужно найти острый угол. Проще всего найти тангенс этого угла.

$$\operatorname{tg} \angle MFK = FK / MK$$

Значит,

$$MK = \frac{SO}{2} = \frac{\sqrt{SE^2 - OE^2}}{2} = \frac{\sqrt{9a^2 - a^2}}{2} = a\sqrt{2}$$

$$BE = 2AB \div OE = AB = FE$$

$$FK = FE \sin 60 = \frac{a\sqrt{3}}{3} \quad (\triangle FKE)$$

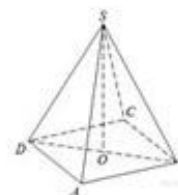
$$\operatorname{tg} \angle MFK = \frac{a\sqrt{2} \cdot 2}{a\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{6}}{3}$$

### 3. Содержание работы

#### ВАРИАНТ 1

1. В треугольнике  $ABC$   $AC = CB = 10$  см,  $\angle A = 30^\circ$ ,  $BK$  - перпендикуляр к плоскости треугольника и равен  $5\sqrt{6}$  см. Найдите расстояние от точки  $K$  до  $AC$ .  
 2. В правильной четырехугольной пирамиде  $SABCD$  точка  $O$  - центр основания,  $S$  - вершина,  $SO = 15$ ,  $BD = 16$ . Найдите боковое ребро  $SA$ .

3. В тетраэдре  $DABC$  ребро  $AD$  перпендикулярно к плоскости  $ABC$ ,  $AC = AB = 10$  см,  $BC = 12$  см,  $AD = 8$  см. Найдите линейный угол двугранного угла  $ABCD$ .

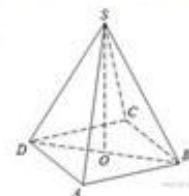


#### ВАРИАНТ 2

1. Из данной точки к плоскости проведены перпендикуляр и две наклонные, проекции которых равны 4 см и 11 см. Найдите длину перпендикуляра, если наклонные относятся как 2 : 5.

2. В правильной четырехугольной пирамиде  $SABC$  точка  $O$  - центр основания,  $S$  - вершина,  $SB = 13$ ,  $AC = 24$ . Найдите высоту  $SO$ .

3. В тетраэдре  $DABC$  ребро  $AD$  перпендикулярно к плоскости  $ABC$ ,  $AC = AB = 10$  см,  $BC = 18$  см,  $AD = 12$  см. Найдите линейный угол двугранного угла  $ABCD$ .



#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №6

**Тема:** «Вычисление угла между плоскостями»

**Цель:** Отработать навык и систематизировать знания по теме вычисление угла между плоскостями

##### 1. Пояснения к работе.

###### **Определение.**

**Двугранный угол между плоскостями** равен углу образованному нормальными векторами этих плоскостей.

###### **Определение.**

**Двугранный угол между плоскостями** равен углу образованному прямыми  $l_1$  и  $l_2$ , лежащими в соответствующих плоскостях и перпендикулярными линии пересечения плоскостей.

#### Формула для вычисления угла между плоскостями

Если заданы уравнения плоскостей  $A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0$  и  $A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0$ , то угол между плоскостями можно найти, используя следующую формулу

$$\cos \alpha = \frac{|A_1 \cdot A_2 + B_1 \cdot B_2 + C_1 \cdot C_2|}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2} \sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}}$$

#### Примеры задач на вычисление угла между плоскостями

##### **Пример 1.**

Найти угол между плоскостями  $2x + 4y - 4z - 6 = 0$  и  $4x + 3y + 9 = 0$ .

**Решение.** Подставим в формулу вычисления угла между плоскостями соответствующие коэффициенты:

$$\cos \alpha = \frac{|2 \cdot 4 + 4 \cdot 3 + (-4) \cdot 0|}{\sqrt{2^2 + 4^2 + (-4)^2} \sqrt{4^2 + 3^2 + 0^2}} = \frac{|8 + 12|}{\sqrt{36} \sqrt{25}} = \frac{20}{30} = \frac{2}{3}$$

**Ответ:** косинус угла между плоскостями равен  $\cos \alpha = \frac{2}{3}$ .

### 3. Содержание работы.

1. Плоскости $\alpha$ и $\beta$ пересекаются по прямой $c$ . Найдите угол между плоскостями $\alpha$ и $\beta$	
Точка, лежащая в плоскости $\alpha$ , удалена от плоскости $\beta$ на $2\sqrt{2}$ , а от прямой $c$ на 4 м.	Точка, лежащая в плоскости $\beta$ , удалена от плоскости $\alpha$ на 3, а от прямой $c$ на 6 м.
2. Ортогональной проекцией прямоугольного треугольника с катетами 12 и 16 см является треугольник. Угол между плоскостями треугольников $60^\circ$ . Найдите площадь проекции.	2. Ортогональной проекцией данного треугольника является правильный треугольник со стороной $4\sqrt{3}$ . Угол между плоскостями треугольников $30^\circ$ . Найдите площадь данного треугольника
3. Два равнобедренных треугольника имеют общее основание и не лежат в одной плоскости. Основанием перпендикуляра, проведенного из вершины первого треугольника к плоскости второго, является вершина второго треугольника.	
Боковая сторона и основание второго треугольника равны 5 и 6 см соответственно, а угол между плоскостями треугольников $60^\circ$ . Найдите площадь первого треугольника.	Боковая сторона и высота первого треугольника равны 10 и 8 см соответственно, а угол между плоскостями треугольников $60^\circ$ . Найдите площадь второго треугольника.

### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.



## Практическое занятие №7

**Тема:** «Решение комбинаторных задач»

**Цель:** Ввести понятия комбинаторики, факториала, перестановки, сочетания и размещения, рассмотреть правило произведения и сформировать умения и навыки решения комбинаторных задач

### 1. пояснения к работе

*Определение 1:* Комбинаторика – раздел математики, в котором изучаются вопросы о том, сколько различных комбинаций, подчиненных тем или иным условиям, можно составить из заданных объектов.

*Правило произведения:*

Пусть имеется  $k$  групп элементов, причем  $i$ -я группа состоит из  $n_i$  элементов. Выберем по одному элементу из каждой группы. Тогда общее число способов равно  $N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot \dots \cdot n_k$ .

*Пример 1:* Сколько трехзначных четных чисел можно составить из цифр 0,1,2,3,4,5,6, если цифры могут повторяться.

*Решение:*

$$n_1 = 6 \text{ (т.к. можем взять любые из цифр 1,2,3,4,5,6)}$$

$$n_2 = 7 \text{ (т.к. можно взять любые из цифр 0,1,2,3,4,5,6)}$$

$$n_3 = 4 \text{ (т.к. можно взять любые из цифр 0,2,4,6)}$$

$$N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 = 6 \cdot 7 \cdot 4 = 168$$

*Ответ:*  $N = 168$ .

*Пример 2:* Сколько всех четырехзначных чисел можно составить из цифр 1,5,6,7,8 если цифры могут повторяться.

*Решение:*

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = 5 \text{ (т.к. можем взять любые из цифр 1,5,6,7,8)}$$

$$N = n^4 = 5^4 = 625.$$

*Ответ:*  $N = 625$ .

*Определение 2:* Факториал(англ. factorial, от factor-сомножитель) (математический), произведение натуральных чисел от единицы до какого-либо данного натурального числа  $n$ , то есть  $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$ .

*Пример 3:*

$$0! = 1$$

$$1! = 1$$

$$2! = 1 \cdot 2 = 2$$

$$3! = 1 \cdot 2 \cdot 3 = 6$$

$$4! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$$

$$5! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 = 120$$

...

$$(n-1)! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n-1)$$

$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n-1) \cdot n$$

$$(n+1)! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n \cdot (n+1)$$

## Операция перестановки

*Определение 3:* Перестановкой из  $n$  элементов называется каждое расположение этих элементов в определенном порядке.

*Обозначение:*  $P_n = n!$

*Пример 4:*

Сколькими способами 7 книг различных авторов можно расставить на полке в один ряд?

*Решение:*

$P_7 = 7! = 5040$  способов осуществить расстановку книг.

*Ответ:* 5040.

## Операция размещения

*Определение 1:* Размещением из  $n$  элементов по  $m$  ( $m \leq n$ ) называется любое множество, состоящее из любых  $m$  элементов, взятых в определенном порядке из данных  $n$  элементов.

*Обозначение:*  $A_n^m = n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot \dots \cdot (n-(m-1))$

*Примечание:*  $A_n^n = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n = n!$

*Пример 1:* Сколько двухзначных чисел (без повторения цифр в записи числа) можно составить из цифр 1,2,3?

*Решение:*

$$A_3^2 = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6$$

*Ответ:* 6.

*Пример 2:* Учащиеся второго класса изучают 8 предметов. Сколькими способами можно составить расписание на один день, чтобы в нем было 4 различных предмета?

*Решение:* Любое расписание на один день, составленный из 4 различных предметов, отличается от другого либо предметами, либо порядком следования предметов, значит:

$$A_8^4 = 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 = 1680$$

*Ответ:* 1680.

## Операция сочетания

*Определение 1:* Сочетанием из  $n$  элементов по  $m$  ( $m \leq n$ ) называется любое множество, составленное из  $m$  элементов, выбранных из данных  $n$  элементов.

*Обозначение:*  $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$

*Пример 1:* Сколько двухзначных чисел можно составить из цифр 1,2,3?

*Решение:*  $C_3^2 = \frac{3!}{2!(3-2)!} = 3$

*Ответ:* 3.

*Пример 2:* Сколько существует способов выбора двух карт из колоды в 36 карт?

Решение:  $C_{36}^2 = \frac{36!}{2!(36-2)!} = 630$

Ответ: 630.

Свойства:

1.  $C_n^m = C_n^{n-m}$

2.  $C_n^m + C_n^{m+1} = C_{n+1}^{m+1}$  (рекуррентное свойство)

Пример 3: Найти значение выражения:

Решение:  $C_{20}^{18} + C_{20}^{19} = C_{21}^{19} = 210$ .

### 3. Содержание работы

#### Вариант I

1. Из группы теннисистов, в которую входят четыре человека – Антонов, Григорьев, Сергеев, Федоров, тренер выделяет пару для участия в соревнованиях. Сколько существует вариантов выбора такой пары.

2. Составьте всевозможные двухзначные числа из цифр 1,6,8, используя в записи числа каждую из них не более одного раза

3. Учащиеся второго класса изучают 8 предметов. Сколькими способами можно составить расписание на один день, чтобы в нем было 4 различных предмета

4. Сколько различных четырехзначных чисел, в которых цифры не повторяются, можно составить из цифр 0,2,4,6

5. Сколько наборов из 7 пирожных можно составить, если в продаже имеются 4 сорта пирожных

6. Из мешка с 33 жетонами, помеченными буквами русского алфавита, вынимают 6 жетонов и располагают их в порядке извлечения. Какова вероятность получить слово «Москва», если 1) жетоны после извлечения возвращаются обратно; 2) жетоны после извлечения обратно не возвращаются

#### Вариант II

1. В чемпионате по футболу участвовало 7 команд. Каждая команда сыграла по одной игре с каждой командой. Сколько всего было игр?

2. Из цифр 1,2,3 составьте все возможные двузначные числа, при условии, что допускается повторение цифр в числе.

3. Сколькими способами могут быть расставлены 8 участниц финального забега на восьми беговых дорожках.

4. Из вазы с фруктами, в которой лежит 9 яблок и 6 груш, надо выбрать 3 яблока и 2 груши. Сколькими способами можно сделать такой выбор

5. Сколькими способами можно разложить 28 различных предметов по четырем различным ящикам, так, чтобы в каждом ящике оказалось по 7 предметов.

6. Из квадратиков с буквами сложили слово «Миссисипи», после чего квадратик положили в мешок и перемешали. Какова вероятность, что после поочередного извлечения квадратиков из мешка получится то же самое слово.

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №8

**Тема:** «Решение задач на бином Ньютона и треугольник Паскаля»

**Цель:** Ввести понятие бинома и треугольника Паскаля. Отработать навыки решения задач на бином Ньютона и треугольник Паскаля

##### 1. Пояснения к работе

**Формула бинома Ньютона для натуральных  $n$  имеет вид**

$$(a+b)^n = C_n^0 \cdot a^n + C_n^1 \cdot a^{n-1} \cdot b + C_n^2 \cdot a^{n-2} \cdot b^2 + \dots + C_n^{n-1} \cdot a \cdot b^{n-1} + C_n^n \cdot b^n$$

$$C_n^k = \frac{(n)!}{(k)! \cdot (n-k)!} = \frac{n(n-1)(n-2) \cdot \dots \cdot (n-(k-1))}{(k)!}$$

**биномиальные коэффициенты,**

представляющие из себя сочетания из  $n$  по  $k$ ,  $k=0, 1, 2, \dots, n$ , а "!" — это знак факториала).

К примеру, известная формула сокращенного умножения "квадрат суммы" вида

$$(a+b)^2 = C_2^0 \cdot a^2 + C_2^1 \cdot a^1 \cdot b + C_2^2 \cdot b^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

есть частный случай бинома

Ньютона при  $n=2$ .

Выражение, которое находится в правой части формулы бинома Ньютона, называют

**разложением** выражения,  $(a+b)^n$ , а выражение  $C_n^k \cdot a^{n-k} \cdot b^k$  называют  $(k+1)$ -ым членом разложения,  $k=0, 1, 2, \dots, n$ .

**Коэффициенты бинома Ньютона, свойства биномиальных коэффициентов, треугольник Паскаля.**

### Треугольник Паскаля.

Биномиальные коэффициенты для различных  $n$  удобно представлять в виде таблицы, которая называется арифметический **треугольник Паскаля**. В общем виде треугольник Паскаля имеет следующий вид:

показатель степени	биномиальные коэффициенты									
0						$C_0^0$				
1					$C_1^0$		$C_1^1$			
2				$C_2^0$		$C_2^1$		$C_2^2$		
3			$C_3^0$		$C_3^1$		$C_3^2$		$C_3^3$	
⋮		...	...	...	...	...	...	...	...	...
$n$	$C_n^0$		$C_n^1$	...	...	...	...	...	$C_n^{n-1}$	$C_n^n$

Треугольник Паскаля чаще встречается в виде значений коэффициентов бинома Ньютона для натуральных  $n$ :

показатель степени	биномиальные коэффициенты									
0							1			
1						1	1			
2					1	2	1			
3				1	3	3	1			
4				1	4	6	4	1		
5			1	5	10	10	5	1		
⋮		...	...	...	...	...	...	...	...	...
$n$	$C_n^0$		$C_n^1$	...	...	...	...	...	$C_n^{n-1}$	$C_n^n$

Боковые стороны треугольника Паскаля состоят из единиц. Внутри треугольника Паскаля стоят числа, получающиеся сложением двух соответствующих чисел над ним. Например, значение десять (выделено красным) получено как сумма четверки и шестерки (выделены голубым). Это правило справедливо для всех внутренних чисел, составляющих треугольник Паскаля, и объясняется свойствами коэффициентов бинома Ньютона.

### Свойства биномиальных коэффициентов.

Для коэффициентов бинома Ньютона справедливы следующие свойства:

- коэффициенты, равноудаленные от начала и конца разложения, равны между собой  $C_n^p = C_n^{n-p}$   $p=0,1,2,\dots,n$ ;
- $C_n^p + C_n^{p+1} = C_{n+1}^{p+1}$

- сумма биномиальных коэффициентов равна числу 2, возведенному в степень, равную показателю степени бинома Ньютона:  $C_n^0 + C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^n = 2^n$
- сумма биномиальных коэффициентов, стоящих на четных местах, равна сумме биномиальных коэффициентов, стоящих на нечетных местах.

Первые два свойства являются свойствами числа сочетаний.

*Пример.* Напишите разложение выражения  $(a+b)^5$  по формуле бинома Ньютона.

*Решение.* Смотрим на строку треугольника Паскаля, соответствующую пятой степени. Биномиальными коэффициентами будут числа 1, 5, 10, 10, 5, 1. Таким образом,

имеем  $(a+b)^5 = a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5$ .

*Пример.* Найдите коэффициент бинома Ньютона для шестого члена разложения выражения  $(a+b)^{10}$ .

*Решение.* В нашем примере  $n=10$ ,  $k=6-1=5$ . Таким образом, мы можем вычислить требуемый биномиальный коэффициент:

$$C_n^k = C_{10}^5 = \frac{(10)!}{(5)! \cdot (10-5)!} = \frac{(10)!}{(5)! \cdot (5)!} = \frac{10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} = 252$$

### 3. Содержание работы

#### Вариант 1.

#### Вариант 2.

1. По формуле бинома Ньютона раскройте скобки и упростите выражение:	
а) $(x-2)^4$	а) $(x+2)^5$
б) $(x^2 + \frac{1}{x})^5$	б) $(x - \frac{1}{x^2})^4$
2. Найдите член, не содержащий x, в разложении бинома	
$(x + \frac{2}{x})^6$	$(3x + \frac{1}{x})^4$
3. Дан бином. Найдите n, если сумма всех биномиальных коэффициентов равна	
$(3a-b)^n$ . Сумма равна 128	$(3a^3+b)^n$ . Сумма равна 256
4. С помощью формулы бинома Ньютона вычислите	
$99^3$	$101^3$
5. Докажите тождество	
а) $C_n^k + 2C_n^{k+1} + C_n^{k+2} = C_{n+2}^{k+2}$	а) $C_n^k + 3C_n^{k+1} + 3C_n^{k+2} + C_n^{k+3} = C_{n+3}^{k+3}$
6. Найдите коэффициент в разложении выражения	
$x^8, (1+2x^2-3x^4)^{10}$	$x^4, (1+2x-3x^2)^{10}$

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №9

**Тема:** «Выполнение действий с векторами, заданными координатами. Нахождение расстояния между точками»

**Цель:** Отработать навык выполнения операций над векторами, нахождения расстояния между точками.

##### 1. Пояснения к работе

##### Координаты вектора. Преобразования координат вектора при основных операциях

Дан вектор  $\overline{AB}$  в пространстве. Известны координаты точек  $A(x_1, y_1, z_1)$  и  $B(x_2, y_2, z_2)$ . Тогда координаты вектора  $\overline{AB}$  вычисляются по правилу: из координат конечной точки нужно вычесть координаты начальной

точки:  $\overline{AB} = (x_2 - x_1; y_2 - y_1; z_2 - z_1)$ .

При умножении вектора  $\overline{a} = (a_1, a_2, a_3)$  на число  $k$  его координаты умножаются на это число:  $k\overline{a} = (ka_x; ka_y; ka_z)$ .

При сложении векторов  $\overline{a} = (a_1, a_2, a_3)$  и  $\overline{b} = (b_1, b_2, b_3)$  складываются соответствующие координаты:  $\overline{a} + \overline{b} = (a_1 + b_1; a_2 + b_2; a_3 + b_3)$ .

**Пример 1.** На плоскости  $XOY$  даны точки  $A(2, 2)$ ,  $B(-1, -3)$ ,  $C(-4, 5)$ . Найдите координаты векторов  $\overline{a} = \overline{AB}$ ,  $\overline{b} = \overline{AC}$ ,  $\overline{c} = 2\overline{AB} - \overline{AC}$ .

$$\vec{a} = \vec{AB} = (-1 - 2, -3 - 2) = (-3, -5);$$

$$\vec{b} = \vec{AC} = (-4 - 2, 5 - 2) = (-6, 3);$$

$$\vec{c} = 2\vec{AB} - \vec{AC} = 2 \cdot (-3, -5) - (-6, 3) = (-6 + 6, -10 - 3) = (0, -13).$$

Дан вектор  $\vec{a} = (a_1; a_2; a_3)$  в пространстве. Модуль вектора  $\vec{a}$  вычисляется по

формуле: 
$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}.$$

Важной задачей является нахождение расстояния между двумя точками:

1) расстояние между точками  $A(x_1)$  и  $B(x_2)$  на прямой равно длине вектора  $\vec{AB}$ :

$$AB = |x_2 - x_1| = |x_1 - x_2|;$$

2) расстояние между двумя точками  $M(x_1, y_1)$  и  $N(x_2, y_2)$  на плоскости равно длине вектора  $\vec{AB}$ :

$$AB = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2};$$

3) расстояние между двумя точками  $M(x_1, y_1, z_1)$  и  $N(x_2, y_2, z_2)$  в пространстве равно длине вектора  $\vec{AB}$ :

$$AB = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}.$$

*Пример 2.* Вектор имеет начало в точке  $A(-1; 2)$ , а конец - в точке  $B(2; -2)$ . Найдите координаты и длину вектора  $\vec{AB}$ .

Решение

$$\vec{AB} = (x_B - x_A; y_B - y_A) = (2 - (-1); -2 - 2) = (3; -4);$$

$$|\vec{AB}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{3^2 + (-4)^2} = 5.$$

**Вариант 1**

**Вариант 2**

- |  |   |
|--|---|
| 1. Найдите координаты вектора $\vec{AB}$ и его модуль, если $A(-1; 3)$ и $B(3; 6)$ . | 1. Найдите координаты вектора $\vec{AB}$ и его модуль, если $A(4; -2)$ и $B(-5; 3)$ . |
| 2. Определите, какие из векторов   | 2. Определите, какие из векторов  |



<p>перпендикулярны <math>\vec{a}(-1;3)</math>, <math>\vec{b}(2; -\frac{1}{3})</math>,  <math>\vec{c}(-\frac{1}{2}; -3)</math>.</p> <p>3. Даны вектора <math>\vec{a}(3;2)</math>, <math>\vec{b}(0; -1)</math>. Найдите координаты вектора <math>\vec{c} = -2\vec{a} + 4\vec{b}</math> и его модуль.</p> <p>4. Даны точки <math>A(6; 7)</math>, <math>B(3; 3)</math>, <math>C(1; -5)</math>. Найдите координаты и длины векторов совпадающих со сторонами треугольника, с медианой <math>AM</math></p> <p>5. Вычислите угол между векторами <math>\vec{a}(-3;4)</math>, <math>\vec{b}(4; 3)</math>.</p> <p>6. Вершины <math>\triangle ABC</math> имеют координаты: <math>A(-2; 0; 1)</math>, <math>B(-1; 2; 3)</math>, <math>C(8; -4; 9)</math>. Найдите координаты вектора <math>\vec{BM}</math>, если <math>BM</math> – медиана <math>\triangle ABC</math>.</p>	<p>перпендикулярны <math>\vec{a}(-1;4)</math>, <math>\vec{b}(3;\frac{1}{4})</math>, <math>\vec{c}(-\frac{1}{3}; 4)</math>.</p> <p>3. Даны вектора <math>\vec{a}(-1;6)</math>, <math>\vec{b}(5; -3)</math>. Найдите координаты вектора <math>\vec{c} = 2\vec{a} + \vec{b}</math> и его модуль.</p> <p>4. Найти периметр треугольника с вершинами <math>A(-4;0)</math>, <math>B(2; -3)</math>, <math>C(-1; 1)</math>.</p> <p>5. Вычислите косинус угла между векторами <math>\vec{a}(3;4)</math>, <math>\vec{b}(5; 12)</math></p> <p>6. Вершины <math>\triangle ABC</math> имеют координаты: <math>A(-1; 2; 3)</math>, <math>B(1; 0; 4)</math>, <math>C(3; -2; 1)</math>. Найдите координаты вектора <math>\vec{AM}</math>, если <math>AM</math> – медиана <math>\triangle ABC</math>.</p>
---	--

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №10

**Тема:** «Составление уравнений прямой и плоскости»

**Цель:** сформировать у учащихся умения составлять различные уравнения прямой и плоскости

##### 1. Пояснения к работе

##### Уравнения прямой на плоскости

Уравнение прямой с угловым коэффициентом имеет вид  $y = k \cdot x + b$ , где  $k$  - угловой коэффициент прямой,  $b$  – некоторое действительное число. Уравнением прямой с угловым коэффициентом можно задать любую прямую, не параллельную оси  $Oy$  (для прямой параллельно оси ординат угловой коэффициент не определен).

*Пример.* Прямая задана уравнением с угловым коэффициентом  $y = \frac{1}{3}x - 1$ . Принадлежат ли точки  $M_1(3, 0)$  и  $M_2(2, -2)$  этой прямой?

*Решение.* Подставим координаты точки  $M_1(3, 0)$  в исходное уравнение прямой с

угловым коэффициентом:  $0 = \frac{1}{3} \cdot 3 - 1 \Leftrightarrow 0 = 0$ . Мы получили верное равенство, следовательно, точка  $M_1$  лежит на прямой.

При подстановке координат точки  $M_2(2, -2)$  получаем неверное

равенство:  $-2 = \frac{1}{3} \cdot 2 - 1 \Leftrightarrow -2 = -\frac{1}{3}$ . Таким образом, точка  $M_2$  не лежит на прямой.

**Уравнение прямой с заданным угловым коэффициентом  $k$ , которая проходит через заданную точку  $M_1(x_1, y_1)$ .**

*Пример.* Напишите уравнение прямой, проходящей через точку  $M_1(4, -1)$ , угловой коэффициент этой прямой равен  $-2$ .

*Решение.* Из условия имеем  $x_1 = 4, y_1 = -1, k = -2$ . Тогда уравнение прямой с угловым коэффициентом примет вид  $y - y_1 = k \cdot (x - x_1) \Leftrightarrow y - (-1) = -2 \cdot (x - 4) \Leftrightarrow y = -2x + 7$ .

Ответ:  $y = -2x + 7$

*Пример.* Напишите уравнение прямой, если известно, что она проходит через точку  $M_1(-2, 4)$  и угол наклона к положительному направлению оси  $Ox$  равен  $\frac{3\pi}{4}$ .

*Решение.* Сначала вычислим угловой коэффициент прямой, уравнение которой мы ищем (такую задачу мы решали в предыдущем пункте этой статьи). По

определению  $k = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \frac{3\pi}{4} = -1$ . Теперь мы располагаем всеми данными, чтобы записать уравнение прямой с угловым коэффициентом:  $y - y_1 = k \cdot (x - x_1) \Leftrightarrow y - 4 = -1 \cdot (x - (-2)) \Leftrightarrow y = -x + 2$

Ответ:  $y = -x + 2$

### Общее уравнение прямой

Пусть на плоскости введена прямоугольная декартова система координат  $Ox$ .

## Теорема.

Всякое уравнение первой степени вида  $Ax + By + C = 0$ , где  $A$ ,  $B$  и  $C$  – некоторые действительные числа, причем  $A$  и  $B$  одновременно не равны нулю, задает прямую линию в прямоугольной системе координат  $Oxy$  на плоскости, и любая прямая в прямоугольной системе координат  $Oxy$  на плоскости задается уравнением вида  $Ax + By + C = 0$  при некотором наборе значений  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

### Направляющий вектор прямой

Вектор, который параллелен прямой, называется *направляющим вектором* данной прямой. Очевидно, что у любой прямой бесконечно много направляющих векторов, причём все они будут коллинеарны (сонаправлены или нет – не важно).  
Обозначение:  $\vec{P}(P_1; P_2)$ .

*Замечание.* Но одного вектора недостаточно для построения прямой, вектор является свободным и не привязан к какой-либо точке плоскости. Поэтому дополнительно необходимо знать некоторую точку  $M(x_0; y_0)$ , которая принадлежит прямой.

### Составление уравнения прямой по точке и направляющему вектору.

Если известна некоторая точка  $M(x_0; y_0)$ , принадлежащая прямой, и направляющий вектор  $\vec{P}(P_1; P_2)$  этой прямой, то уравнение данной прямой можно составить по формуле:

$$\frac{x - x_0}{P_1} = \frac{y - y_0}{P_2} . \text{ Иногда его называют каноническим уравнением прямой.}$$

Примеры нахождения направляющих векторов прямых:

- 1)  $5x + 7y - 1 = 0 \Rightarrow \vec{P}(-7; 5)$
- 2)  $2y + 3 = 0$  ( $0 \cdot x + 2y + 3 = 0$ )  $\Rightarrow \vec{P}(-2; 0)$
- 3)  $5x - 2 = 0$  ( $5x + 0 \cdot y - 2 = 0$ )  $\Rightarrow \vec{P}(0; 5)$

*Пример.* Составить уравнение прямой по точке  $M(1; 2)$  и направляющему вектору

$$\frac{x - x_0}{P_1} = \frac{y - y_0}{P_2}$$

*Решение:* Уравнение прямой составим по формуле  $\vec{P}_1$   $\vec{P}_2$  . В данном случае:

$$\frac{x - 1}{2} = \frac{y - 2}{1}$$

1) С помощью свойств пропорции избавляемся от дробей:  $1 \cdot (x - 1) = 2 \cdot (y - 2)$

$$x - 1 = 2y - 4$$

2) И приводим уравнение к общему виду:  $x - 2y + 3 = 0$

Ответ:  $x - 2y + 3 = 0$

### Нормальное уравнение прямой.

Пусть на плоскости зафиксирована прямоугольная декартова система координат  $Oxy$ . Зададим прямую в этой системе координат, указав точку, через которую она проходит, и нормальный вектор прямой. В качестве нормального вектора нашей прямой возьмем

вектор единичной длины  $\vec{n}$ , с началом в точке  $O$ . Его координаты равны соответственно  $\cos\alpha$  и  $\cos\beta$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  - углы между вектором  $\vec{n}$  и положительными направлениями координатных осей  $Ox$  и  $Oy$  соответственно, то

есть,  $\vec{n} = (\cos\alpha, \cos\beta)$ . В качестве точки, через которую проходит прямая, возьмем

точку  $A$  и будем считать, что она находится на расстоянии  $p$  единиц ( $p \geq 0$ ) от точки  $O$  в положительном направлении вектора  $\vec{n}$  (при  $p = 0$  точка  $A$  совпадает с началом координат), то есть,  $|OA| = p$ .

уравнение вида  $\cos\alpha \cdot x + \cos\beta \cdot y - p = 0$  называют **нормальным уравнением** прямой или **нормированным уравнением** прямой. Уравнение  $\cos\alpha \cdot x + \cos\beta \cdot y - p = 0$  также называют **уравнением прямой в нормальном виде**.

Очевидно, нормальное уравнение прямой представляет собой общее уравнение прямой вида  $Ax + Bx + C = 0$ , в котором числа  $A$  и  $B$  таковы, что длина вектора  $\vec{n} = (A, B)$  равна единице, а число  $C$  неотрицательно.

*Пример.* Приведите уравнение прямой  $3x - 4y - 16 = 0$  к нормальному виду.

*Решение.* Нам дано общее уравнение прямой, в котором  $A = 3$ ,  $B = -4$ ,  $C = -16$ . Таким образом, нормирующий множитель следует брать со знаком «+», так как  $C$  - отрицательное число. Вычислим значение нормирующего

множителя:  $\frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2}} = \frac{1}{\sqrt{3^2 + (-4)^2}} = \frac{1}{5}$ . Умножаем на одну пятую обе части

исходного уравнения:  $\frac{1}{5} \cdot (3x - 4y - 16) = 0 \Leftrightarrow \frac{3}{5} \cdot x - \frac{4}{5} \cdot y - \frac{16}{5} = 0$ . Последнее равенство является нормальным уравнением заданной прямой.

Ответ:  $\frac{3}{5} \cdot x - \frac{4}{5} \cdot y - \frac{16}{5} = 0$

## Уравнение прямой по двум точкам

Если известны две точки  $M_1(x_1; y_1), M_2(x_2; y_2)$ , то уравнение прямой, проходящей через данные точки, можно составить по формуле:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

*Замечание:* точки можно «поменять ролями» и использовать формулу  $\frac{x - x_2}{x_1 - x_2} = \frac{y - y_2}{y_1 - y_2}$ .  
Такое решение будет равноценным.

*Пример.* Составить уравнение прямой по двум точкам  $A\left(\frac{3}{2}; \frac{7}{3}\right), B(-1; 7)$ .

*Решение:* Используем формулу:

$$\begin{aligned}\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} &= \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \\ \frac{x - \frac{3}{2}}{-1 - \frac{3}{2}} &= \frac{y - \frac{7}{3}}{7 - \frac{7}{3}}\end{aligned}$$

Причём сываем знаменатели:

$$\frac{x - \frac{3}{2}}{-\frac{5}{2}} = \frac{y - \frac{7}{3}}{\frac{14}{3}}$$

И перетасовываем колоду:

$$\frac{14}{3} \cdot \left(x - \frac{3}{2}\right) = -\frac{5}{2} \cdot \left(y - \frac{7}{3}\right)$$

Именно сейчас удобно избавиться от дробных чисел. В данном случае нужно умножить обе части на 6:

$$\begin{aligned}6 \cdot \frac{14}{3} \cdot \left(x - \frac{3}{2}\right) &= -\frac{5}{2} \cdot 6 \cdot \left(y - \frac{7}{3}\right) \\ 28 \cdot \left(x - \frac{3}{2}\right) &= -15 \cdot \left(y - \frac{7}{3}\right)\end{aligned}$$

Раскрываем скобки и доводим уравнение до ума:

$$\begin{aligned}28x - 42 &= -15y + 35 \\ 28x - 42 + 15y - 35 &= 0\end{aligned}$$

Ответ:  $AB: 28x + 15y - 77 = 0$

### Уравнение прямой по точке и вектору нормали

Если известна некоторая точка  $M(x_0; y_0)$ , принадлежащая прямой, и вектор нормали  $\vec{n}(n_1; n_2)$  этой прямой, то уравнение данной прямой выражается формулой:

$$n_1 \cdot (x - x_0) + n_2 \cdot (y - y_0) = 0$$

*Пример.* Составить уравнение прямой по точке  $M(-1; -3)$  и вектору нормали  $\vec{n}(3; -1)$ .  
Найти направляющий вектор прямой.

*Решение:* Используем формулу:

$$\begin{aligned}n_1 \cdot (x - x_0) + n_2 \cdot (y - y_0) &= 0 \\3 \cdot (x - (-1)) - 1 \cdot (y - (-3)) &= 0 \\3 \cdot (x + 1) - (y + 3) &= 0 \\3x + 3 - y - 3 &= 0 \\3x - y &= 0\end{aligned}$$

### Уравнение плоскости

**Общее уравнение плоскости.** Общее уравнение плоскости имеет вид  $Ax + By + Cz + D = 0$ , где коэффициенты  $A, B, C$  одновременно не равны нулю.

### Уравнение плоскости по точке и двум неколлинеарным векторам.

Рассмотрим точку  $M_0(x_0; y_0; z_0)$  и два неколлинеарных вектора  $\vec{v}(v_1; v_2; v_3), \vec{w}(w_1; w_2; w_3)$ .  
Уравнение плоскости, которая проходит через точку  $M_0$  параллельно векторам  $\vec{v}, \vec{w}$ , выражается формулой:

$$\begin{vmatrix} x - x_0 & v_1 & w_1 \\ y - y_0 & v_2 & w_2 \\ z - z_0 & v_3 & w_3 \end{vmatrix} = 0$$

### Уравнение плоскости по точке и вектору нормали

Уравнение плоскости, проходящей через точку  $M_0(x_0; y_0; z_0)$  перпендикулярно вектору  $\vec{n}(n_1; n_2; n_3)$ , выражается формулой:

$$n_1 \cdot (x - x_0) + n_2 \cdot (y - y_0) + n_3 \cdot (z - z_0) = 0$$

*Пример.* Составить уравнение плоскости по точке  $M_0(4; -2; 3)$  и вектору нормали  $\vec{n}(-1; 4; 0)$ .

*Решение:* Используем формулу:

$$\begin{aligned}
& n_1 \cdot (x - x_0) + n_2 \cdot (y - y_0) + n_3 \cdot (z - z_0) = 0 \\
& -1 \cdot (x - 4) + 4 \cdot (y - (-2)) + 0 \cdot (z - 3) = 0 \\
& -(x - 4) + 4(y + 2) = 0 \\
& (x - 4) - 4(y + 2) = 0 \\
& x - 4 - 4y - 8 = 0 \\
& x - 4y - 12 = 0
\end{aligned}$$

Ответ:  $x - 4y - 12 = 0$

### 3. Содержание работы.

<u>I вариант</u>		<u>II вариант</u>						
1. Контрольные вопросы								
а) что такое вектор, длина вектора?								
б) что такое нормальный вектор прямой, направляющий вектор прямой?								
в) записать общее уравнение прямой?								
2. Написать общее уравнение прямой при заданных условиях:								
1) $M(3; 5)$ , $\vec{p}(4; 1)$ ;		6) $M(-2; 1)$ , $\vec{p}(4; 3)$ ;						
2) $M(-2; 1)$ , $\vec{p}(-3; 2)$ ;		7) $M(7; 3)$ , $\vec{p}(-1; 6)$ ;						
3) $M(3; 2)$ , $\vec{n}(1; 0)$ ;		8) $M(-1; 2)$ , $\vec{n}(0; 2)$ ;						
4) $M(4; 4)$ , $\vec{n}(-2; -3)$ ;		9) $M(1; 0)$ , $\vec{n}(4; -1)$ ;						
5) $M(-6; 0)$ , $\vec{n}(3; 2)$ ;		10) $M(4; -3)$ , $\vec{n}(2; 5)$ .						
3. Даны точки $A$ и $B$ . Найти $\vec{AB}$ , $ \vec{AB} $ :								
$A(3; 8; 1)$ , $B(0; 4; -2)$		$A(3; 2; -2)$ , $B(4; 0; 1)$						
4. Выполнить индивидуальное задание: Написать уравнения прямых по следующим данным:								
	№1		№2		№3		№4	
№	$A(x; y)$	$\vec{n}(x; y)$	$C(x; y)$	$\vec{p}(x; y)$	$M(x; y)$	$\vec{n}(x; y)$	$B(x; y)$	$\vec{p}(x; y)$
1	5; 4	0; -1	5; 1	-3; 5	-3; 0	-1; -6	3; 2	-5; 6
2	7; 0	1; -2	-4; -2	0; 6	2; 1	-2; 5	4; -1	-1; 4
3	-8; 5	3; 2	2; 0	-1; -1	0; 2	-5; -3	1; 3	5; 1
4	-1; 8	3; 2	0; 3	-4; -5	-7; -4	1; -2	1; 5	5; -1
5	-5; 3	-1; -5	2; 1	1; -3	0; 2	-4; -2	3; 5	0; -7
6	0; -3	-4; 1	3; 0	-3; -3	1; 2	-3; 3	5; 1	-7; 4
7	0; -7	-3; 2	7; 0	3; -2	-7; 7	2; 1	5; -1	-4; 5
8	-4; 0	2; -3	5; -1	3; 7	-3; 3	0; 5	3; 7	-6; 1
8	3; 0	-3; -3	0; -5	-3; 4	2; 3	8; -1	5; 1	-4; 7
10	-1; -5	3; 3	1; -6	-2; 3	0; 3	3; 0	2; 1	-3; 6
11	0; 5	-4; -1	2; -1	-6; 5	3; 5	5; -1	2; 8	6; -4
12	-4; -5	-2; 7	1; 3	7; -5	0; -3	6; 0	4; -1	-2; 7
13	0; 6	4; -2	2; -3	-7; 0	2; 5	-2; 1	1; 4	5; -4
14	4; 2	0; -2	-3; 0	1; -6	-5; 3	7; 0	3; 1	-5; 3

15	0; 2	4; 0	-4; 2	2; -7	4; -2	-2; -5	6; -1	0; -4
16	1; 7	5; 1	3; -3	-1; -4	-4; -3	0; 5	1; 7	7; -2
17	-2; -5	5; 2	6; 3	-2; 5	0; -6	-5; 4	6; 3	-6; 6
18	-3; 3	-5; -3	-3; -5	3; -3	4; 0	0; 4	6; -2	-2; 6
19	-5; 2	3; -2	4; -1	0; 7	-3; 4	5; 6	1; 5	5; -3
20	-6; -2	2; 6	-1; 7	2; -2	-7; 0	1; -4	0; 4	3; -5
21	0; 7	6; -5	-4; 1	5; 4	-3; -1	5; -3	2; 3	5; -3
22	0; -3	5; 2	-2; 5	7; -1	-2; -5	-4; 3	4; 1	-5; 7
23	-2; 7	-5; -2	-2; -4	2; -3	3; 0	-6; 6	6; -2	-3; 4
24	-2; 4	-8; -5	1; 5	5; -3	-2; -3	2; -4	0; 7	6; -5
25	-5; 3	-3; -3	0; -2	3; 4	-4; 5	6; 0	2; 2	-6; 6
26	5; 2	2; -7	1; -3	-5; 0	-6; -3	0; 1	6; 5	3; -4
27	0; -6	5; 4	2; 5	-2; 4	-4; 1	2; -5	6; 6	1; -4
28	-2; 7	-5; -2	-6; 6	3; 0	2; -3	-2; -4	6; -2	-3; 4

5. Запишите координатное уравнение плоскости по следующим данным:

Вариант 1. а) плоскость проходит через точку  $P(-1, 3, 2)$  и параллельна плоскости  $x + y + z = 1$

б) плоскость проходит через точку  $P(-1, 3, 2)$  и перпендикулярна оси  $Oz$

Вариант 2. а) плоскость проходит через три точки  $O(0,0,0)$ ,  $P(-2,-1,5)$ ,  $Q(1,2,3)$

б) плоскость проходит через точки  $P(-4,3,2)$ ,  $Q(1,-2,7)$  и перпендикулярна плоскости  $xOy$

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

4.1 Название работы

4.2 Цель работы

4.3 Задание

4.4 Формулы расчета

4.5 Результат

#### 5. Литература

1. *Башмаков М. И.* Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.

2. *Башмаков М. И.* Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.

3. *Алимов Ш. А. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

4. *Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

### Практическое занятие №11

**Тема:** «Преобразование тригонометрических выражений»

**Цель:** рассмотреть основные тригонометрические тождества и формулы тригонометрии, формировать у обучающихся навык преобразования тригонометрических выражений

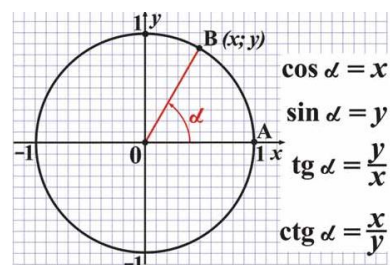
#### 1. Пояснения к работе



**Определение. Единичная окружность** – это окружность с центром в начале прямоугольной декартовой системы координат и радиусом, равным единице.

**Замечание.** В тригонометрии мы имеем дело с углами поворота. Углы поворота в свою очередь связаны с вращением по окружности. Величины углов поворота не зависят от радиуса окружности, по которой происходит вращение, поэтому удобно работать именно с окружностью единичного радиуса, что позволяет избавиться от коэффициентов при математическом описании.

**Определение 1:** Синус угла  $\alpha$  (обозначается  $\sin \alpha$ ) - ордината точки  $B_\alpha$ , полученной поворотом точки  $A(1,0)$  вокруг начала координат на угол  $\alpha$ . **Определение 2:** Косинус угла  $\alpha$  (обозначается  $\cos \alpha$ ) - абсцисса точки  $B_\alpha$ , полученной поворотом точки  $A(1,0)$  вокруг начала координат на угол  $\alpha$ .



**Определение 3:** Тангенс угла  $\alpha$  (обозначается  $\operatorname{tg} \alpha$ ) - отношение синуса угла  $\alpha$  к его косинусу, т. е.  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$ ,

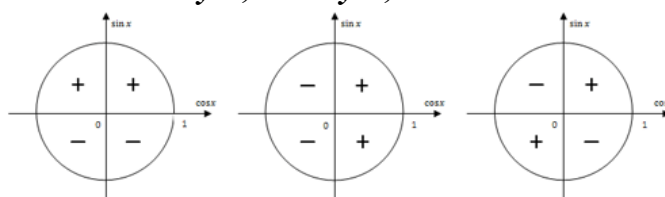
$\cos \alpha \neq 0$ .

**Определение 4:** Котангенс угла  $\alpha$  (обозначается  $\operatorname{ctg} \alpha$ ) - отношение косинуса угла  $\alpha$  к его синусу, т. е.  $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$ ,  $\sin \alpha \neq 0$ .

**Таблица значений тригонометрических функций**

$\alpha$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{5\pi}{6}$	$\pi$	$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{4\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{5\pi}{3}$	$\frac{7\pi}{4}$	$\frac{11\pi}{6}$
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{1}{2}$
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	нет	$-\sqrt{3}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	нет	$-\sqrt{3}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$
$\operatorname{ctg} \alpha$	нет	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	-1	$-\sqrt{3}$	нет	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	-1	$-\sqrt{3}$

**Знаки синуса, косинуса, тангенса и котангенса**



*sincostg(ctg)*

**Четность (нечетность) тригонометрических функций**

Косинус - четная функция, а синус, тангенс и котангенс - нечетные функции аргумента:

- $\cos(-\alpha) = \cos \alpha$



*Пример 1:* Найти значения других трех основных тригонометрических функций, если  $\sin \alpha = \frac{3}{5}$ ,  $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$

*Решение:*  $|\cos \alpha| = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}}$ , т.к.  $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$   $\cos \alpha = \frac{4}{5}$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{3}{5} \cdot \frac{5}{4} = \frac{3}{4}, \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{4}{3}.$$

*Ответ:*  $\cos \alpha = \frac{4}{5}$ ,  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$ ,  $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{4}{3}$ .

*Пример 2:* Упростить выражение  $\sin^4 \alpha - \cos^4 \alpha + \cos^2 \alpha$ :

*Решение:*

$$\sin^4 \alpha - \cos^4 \alpha + \cos^2 \alpha = (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha) \cdot (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) + \cos^2 \alpha = (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha) + \cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha$$

*Ответ:*  $\sin^2 \alpha$

### Формулы приведения

Функция	$-\alpha$	$\frac{\pi}{2} - \alpha$	$\frac{\pi}{2} + \alpha$	$\pi - \alpha$	$\pi + \alpha$	$\frac{3\pi}{2} - \alpha$	$\frac{3\pi}{2} + \alpha$	$2\pi - \alpha$	$2\pi + \alpha$
<i>Sin</i>	$-\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$\sin \alpha$
<i>Cos</i>	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\cos \alpha$
<i>Tg</i>	$-\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$
<i>Ctg</i>	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$

*Пример 1:* Найти  $\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$ ,  $\cos 315^\circ$ .

*Решение:*

а)  $\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \cos \alpha$ .

б)  $\cos 315^\circ = \cos(270^\circ + 45^\circ) = \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ .

### Формулы сложения

1.  $\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$

2.  $\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$

3.  $\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta$

4.  $\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$

5.  $\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$

6.  $\operatorname{tg}(\alpha - \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$

*Пример 2:* Найти  $\cos 15^\circ$ .

*Решение:*

$$\cos 15^\circ = \cos(60^\circ - 45^\circ) = \cos 60^\circ \cos 45^\circ + \sin 60^\circ \sin 45^\circ = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2} + \sqrt{6}}{4}.$$

### Формулы двойного угла

1.  $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$
2.  $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$
3.  $\cos 2\alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha$
4.  $\cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$
5.  $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$
6.  $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha}$

Пример 3: Упростить выражение  $\frac{\cos 2\alpha}{\cos \alpha - \sin \alpha} - \sin \alpha$ :

Решение:

$$\frac{\cos 2\alpha}{\cos \alpha - \sin \alpha} - \sin \alpha = \frac{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\cos \alpha - \sin \alpha} - \sin \alpha = \cos \alpha + \sin \alpha - \sin \alpha = \cos \alpha.$$

### Формулы половинного аргумента

1.  $\sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 - \cos \alpha}{2}$
2.  $\cos^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 + \cos \alpha}{2}$
3.  $\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}$
4.  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

Пример 4: Найти  $\sin \frac{\pi}{12}$ .

Решение:  $\sin^2 \frac{\pi}{12} = \frac{1 - \cos \frac{\pi}{6}}{2} = \frac{1 - \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{2 - \sqrt{3}}{4}$ . Так как  $0 < \frac{\pi}{12} < \frac{\pi}{2}$ , то

$$\sin \frac{\pi}{12} = \sqrt{\frac{2 - \sqrt{3}}{4}} = \frac{\sqrt{2 - \sqrt{3}}}{2}.$$

### Формулы преобразования сумм тригонометрических функций в произведение

1.  $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$
2.  $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha - \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha + \beta}{2}$
3.  $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$
4.  $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha - \beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2}$
5.  $\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$
6.  $\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$

$$7. \operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$$

$$8. \operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta = \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$$

Пример 1: Представить в виде произведения  $\cos \frac{\pi}{8} + \cos \frac{3\pi}{8}$  :

Решение:

$$\cos \frac{\pi}{8} + \cos \frac{3\pi}{8} = 2 \cos \frac{\frac{\pi}{8} + \frac{3\pi}{8}}{2} \cdot \cos \frac{\frac{\pi}{8} - \frac{3\pi}{8}}{2} = 2 \cos \frac{\pi}{4} \cdot \cos \left( -\frac{\pi}{8} \right) = \sqrt{2} \cdot \cos \frac{\pi}{8}.$$

### Формулы преобразования произведений тригонометрических функций в сумму

$$1. \sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta))$$

$$2. \cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta))$$

$$3. \sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2}(\sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta))$$

$$4. \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}$$

$$5. \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}$$

$$6. \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}$$

Пример 2: Преобразуйте произведение в сумму  $\sin(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha - \beta)$  :

Решение:

$$\sin(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha - \beta) = \frac{1}{2}(\cos(\alpha + \beta - \alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta + \alpha - \beta)) = \frac{1}{2} \cos 2\beta - \frac{1}{2} \cos 2\alpha.$$

### 3. Содержание работы

Вариант 1

Вариант 2

1. По известным данным найти значения других тригонометрических функций угла $\alpha$	
$\sin \alpha = 0,8 \quad 0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$	$\cos \alpha = 0,6 \quad 0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$
2. Вычислите	
$\sin 300$ $\cos 62 \cos 28 - \sin 62 \sin 28$	$\cos 210$ $\sin 112 \cos 22 - \sin 22 \cos 112$

$2 \sin \frac{\pi}{12} \cos \frac{\pi}{12}$ $\left( \sin \frac{\pi}{12} - \cos \frac{\pi}{12} \right)^2$	$\cos^2 \frac{\pi}{12} - \sin^2 \frac{\pi}{12}$ $\left( \sin \frac{\pi}{8} + \cos \frac{\pi}{8} \right)^2$
3. Упростите выражения	
$\frac{\cos\left(\frac{3\pi}{2} + \alpha\right)}{\sin(\pi - \alpha)}$ $\frac{\operatorname{tg}(\pi + \alpha) \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}{\cos\left(\frac{3\pi}{2} + \alpha\right)}$ $\sin(\alpha - 30) + \cos(60 + \alpha)$	$\frac{\sin(2\pi - \alpha)}{\cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)}$ $\frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \sin(2\pi - \alpha)}{\cos(\pi + \alpha)}$ $\cos(60 - \alpha) - \sin(\alpha + 30)$
4. Преобразуйте выражение а) в произведение б) в сумму	
$\sin 6\alpha - \sin 4\alpha$ Б) $\cos 3\alpha \cos 2\alpha$	А) $\cos 7\alpha - \cos 3\alpha$ Б) $\sin 5\alpha \cos 2\alpha$
5. Докажите тождество	
$1 - \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{\cos 2\alpha}{\cos^2 \alpha}$	$\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1 = \frac{\cos 2\alpha}{\sin^2 \alpha}$

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. *Башмаков М. И.* Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. *Башмаков М. И.* Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. *Алимов Ш. А. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. *Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №12

**Тема:** «Решение простейших тригонометрических уравнений»

**Цель:** Ввести определение тригонометрических уравнений, рассмотреть основные формулы и уметь их применять при решении простейших тригонометрических уравнений

**Определение 1:** Тригонометрическими называются уравнения, содержащие неизвестное под знаками тригонометрических функций.

**Определение 2:** Простейшими тригонометрическими уравнениями называются уравнения вида  $\sin x = a$ ,  $\cos x = a$ ,  $\operatorname{tg} x = a$ ,  $\operatorname{ctg} x = a$ , где  $x$  – переменная,  $a \in \mathbb{R}$ .

**Определение 3:** Корнем тригонометрического уравнения называется такое значение входящего в него неизвестного, которое удовлетворяет этому уравнению.

$$\sin x = a \Rightarrow x = (-1)^n \arcsin a + \pi n, n \in Z$$

Частные формулы:

$$\sin x = 0 \Rightarrow x = \pi n$$

$$\sin x = 1 \Rightarrow x = \frac{\pi}{2} + 2\pi n$$

$$\sin x = -1 \Rightarrow x = -\frac{\pi}{2} + 2\pi n$$

*Пример 1:* Решить уравнение  $\sin x = \frac{\sqrt{2}}{2}$  :

$$\sin x = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$x = (-1)^n \arcsin \frac{\sqrt{2}}{2} + \pi n, n \in Z$$

$$x = (-1)^n \frac{\pi}{4} + \pi n, n \in Z$$

$$\cos x = a \Rightarrow x = \pm \arccos a + 2\pi n, n \in Z$$

$$\cos x = 0 \Rightarrow x = \frac{\pi}{2} + \pi n$$

$$\cos x = 1 \Rightarrow x = 2\pi n$$

$$\cos x = -1 \Rightarrow x = \pi + 2\pi n$$

$$\cos x = a \Rightarrow x = \pm \arccos a + 2\pi n, n \in Z$$

*Пример 2:* Решить уравнение  $\cos\left(2x - \frac{\pi}{4}\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2}$  :

$$\cos\left(2x - \frac{\pi}{4}\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$2x - \frac{\pi}{4} = \pm \arccos\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + 2\pi n, n \in Z$$

$$2x - \frac{\pi}{4} = \pm \frac{5\pi}{6} + 2\pi n, n \in Z$$

$$2x = \frac{\pi}{4} \pm \frac{5\pi}{6} + 2\pi n, n \in Z$$

$$x = \frac{\pi}{8} \pm \frac{5\pi}{12} + \pi n, n \in Z$$

$$\operatorname{tg} x = a \Rightarrow$$

$$x = \operatorname{arctg} a + \pi n, n \in \mathbb{Z}$$

$$\operatorname{ctg} x = a \Rightarrow$$

$$x = \operatorname{arccctg} a + \pi n, n \in \mathbb{Z}$$

Пример 3: Решить уравнение  $\sqrt{3}\operatorname{ctg} x - 1 = 0$ :

$$\operatorname{ctg} x = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$x = \operatorname{arccctg} \frac{1}{\sqrt{3}} + \pi n, n \in \mathbb{Z}$$

$$x = \frac{\pi}{3} + \pi n, n \in \mathbb{Z}$$

### Методы решения тригонометрических уравнений:

1. Алгебраический метод (метод замены переменной и подстановки)

Пример 1: Решить уравнение  $2\sin^2 x + \sin x - 1 = 0$ :

Решение: Введем новую переменную  $\sin x = y$ . Тогда данное уравнение можно записать в виде  $2y^2 + y - 1 = 0$ . Мы получили квадратное уравнение, его корнями являются  $y_1 = \frac{1}{2}$  и

$$y_2 = -1. \text{ Следовательно, } \sin x = \frac{1}{2}, \sin x = -1.$$

$$\sin x = \frac{1}{2} \Rightarrow x = (-1)^n \frac{\pi}{6} + \pi n, n \in \mathbb{Z};$$

$$\sin x = -1 \Rightarrow x = -\frac{\pi}{2} + 2\pi n, n \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Ответ: } x_1 = (-1)^n \frac{\pi}{6} + \pi n, x_2 = -\frac{\pi}{2} + 2\pi n, n \in \mathbb{Z}.$$

2. Метод разложения на множители

Пример 2: Решить уравнение  $\cos^2 x + \sin x \cdot \cos x = 1$ :

Решение: Перенесем все в левую часть, потом заменим  $1 = \cos^2 x + \sin^2 x$  и вынесем за скобки  $\sin x$ . Получим  $\cos^2 x + \sin x \cdot \cos x = 1$ . Следовательно  $\sin x = 0$  и  $\cos x - \sin x = 0$ .

$$\sin x = 0 \Rightarrow x = \pi n, n \in \mathbb{Z}$$

$$\cos x - \sin x = 0 \Rightarrow \operatorname{tg} x = 1 \Rightarrow x = \frac{\pi}{4} + \pi n, n \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Ответ: } x_1 = \pi n, x_2 = \frac{\pi}{4} + \pi n, n \in \mathbb{Z}.$$

3. Приведение к однородному уравнению

Чтобы решить однородное уравнение, надо:

- 1) перенести все его члены в левую часть;
- 2) вынести все общие множители за скобки;
- 3) приравнять все множители и скобки нулю;
- 4) скобки, приравненные нулю, дают однородное уравнение меньшей степени, которое следует разделить на cos (или sin) в старшей степени;
- 5) решить полученное алгебраическое уравнение относительно tan.

Пример 3: Решить уравнение  $3\sin^2 x + 4\sin x \cdot \cos x + 5\cos^2 x = 2$ :

$$\text{Решение: } 3\sin^2 x + 4\sin x \cdot \cos x + 5\cos^2 x = 2(\sin^2 x + \cos^2 x)$$

$$\sin^2 x + 4\sin x \cdot \cos x + 3\cos^2 x = 0 \text{ Разделим обе части уравнения на } \cos^2 x.$$



$tg^2 x + 4tgx + 3 = 0$ , используя алгебраический метод, получаем  $y^2 + 4y + 3 = 0$

Корни уравнения  $y_1 = -1$  и  $y_2 = -3$ . Следовательно,  $tgx = -1, tgx = -3$ .

$$tgx = -1 \Rightarrow x = -\frac{\pi}{4} + \pi, n \in Z$$

$$tgx = -3 \Rightarrow x = -arctg 3 + \pi, n \in Z.$$

Ответ:  $x_1 = -\frac{\pi}{4} + \pi, x_2 = -arctg 3 + \pi, n \in Z$

#### 4. Переход к половинному углу

**Пример 4:** Решить уравнение  $\sin^2 x - \sin 2x = 0$ :

**Решение:** Заменяем  $\sin 2x = 2\sin x \cdot \cos x$  и получим  $\sin^2 x - 2\sin x \cdot \cos x = 0$ . Далее воспользуемся методом приведения к однородному уравнению

$$\sin x(\sin x - 2\cos x) = 0$$

$$\sin x = 0 \Rightarrow x = \pi, n \in Z$$

$$\sin x - 2\cos x = 0 \Rightarrow tgx = 2 \Rightarrow x = arctg 2 + \pi, n \in z$$

Ответ:  $x_1 = \pi, x_2 = arctg 2 + \pi, n \in z$ .

#### 5. Преобразование произведения в сумму

**Пример 5:** Решить уравнение  $\cos 6x + \cos 2x = 0$ :

**Решение:** Преобразовав сумму косинусов в произведение, получим  $2\cos 4x \cdot \cos 2x = 0$ . Это уравнение обращается в верное равенство, при

$$\cos 4x = 0 \Rightarrow x = \frac{\pi}{8} + \frac{\pi n}{4}, n \in Z$$

$$\cos 2x = 0 \Rightarrow x = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi n}{2}, n \in Z$$

Ответ:  $x_1 = \frac{\pi}{8} + \frac{\pi n}{4}, x_2 = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi n}{2}, n \in Z$ .

### 3. Содержание работы

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1. $\cos^2 2x - \sin^2 2x = 0$	1. $4\sin 2x \cos 2x = 1$	1. $2\sin 2x \cos 2x = 1$
2. $3\sin^2 x + \sin x - 2 = 0$	2. $5\cos^2 x - 6\cos x + 1 = 0$	2. $\cos^2 \frac{x}{2} - \sin^2 \frac{x}{2} = 0$
3. $\sin 3x \sin 2x - \cos 3x \cos 2x = 1$	3. $\cos^2 2x - \sin^2 2x = -1$	3. $3\cos^2 x + 2\cos x - 5 = 0$
4. $1 - \cos x = \sin \frac{x}{2}$	4. $1 + \cos x = 2\cos \frac{x}{2}$	4. $1 + \cos 2x = 2\cos x$
5. $2\cos^2 x + \sin x + 1 = 0$	5. $2\sin^2 x + 3\cos x = 0$	5. $6\cos^2 x - \sin x + 1 = 0$
Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
1. $\sin^2 x - \cos^2 x = -1$	1. $4\sin x \cos x = \sqrt{2}$	1. $\cos^2 3x - \sin^2 3x = 1$
2. $4\sin 2x \cos 2x = \sqrt{3}$	2. $4\sin^2 x - \sin x - 3 = 0$	2. $6\sin^2 x + 5\sin x - 1 = 0$
3. $\sin^2 x + 5\sin x - 6 = 0$	3. $\cos^2 x - \sin^2 x = 1$	3. $\sin x \cos x = \frac{1}{4}$
4. $\sin 4x + \sin 6x = 0$	4. $1 + \cos x = \cos \frac{x}{2}$	4. $1 - \cos x = 2\sin \frac{x}{2}$
5. $3\cos^2 x - 4\sin x + 4 = 0$	5. $4\cos x = 4 - \sin^2 x$	5. $\cos^2 x + 3\sin x = 3$

Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9
1. $\sin 3x \cos 3x = -\frac{\sqrt{3}}{4}$ 2. $\sin^2 x - \cos^2 x = 0$ 3. $4\sin^2 x + 5\sin x - 9 = 0$ 4. $\sin 3x - \sin x = 0$ $3\sin^2 x - 5\cos x + 5 = 0$	1. $\cos^2 3x - \sin^2 3x = 0$ 2. $\sin x \cos x = \frac{\sqrt{3}}{4}$ 3. $5\sin^2 x + \sin x - 6 = 0$ 4. $1 - \cos 2x = 2\sin x$ $5\sin^2 x + 6\cos x - 6 = 0$	1. $4\sin x \cos x = \sqrt{2}$ 2. $\sin^2 x - \cos^2 x = 1$ 3. $2\cos^2 x + 5\cos x - 7 = 0$ 4. $\cos 6x - \cos 2x = 0$ $2\cos^2 x + 3\sin x - 3 = 0$
Вариант 10		
1. $\sin^2 2x - \cos^2 2x = \frac{1}{2}$ 2. $\sin 2x \cos 2x = \frac{1}{4}$ 3. $2\sin^2 x + 7\sin x = 9$ 4. $\cos x + \cos 5x = 0$ 5. $3\sin^2 x - 4\cos x + 4 = 0$		

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. *Башмаков М. И.* Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. *Башмаков М. И.* Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. *Алимов Ш. А. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. *Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №13

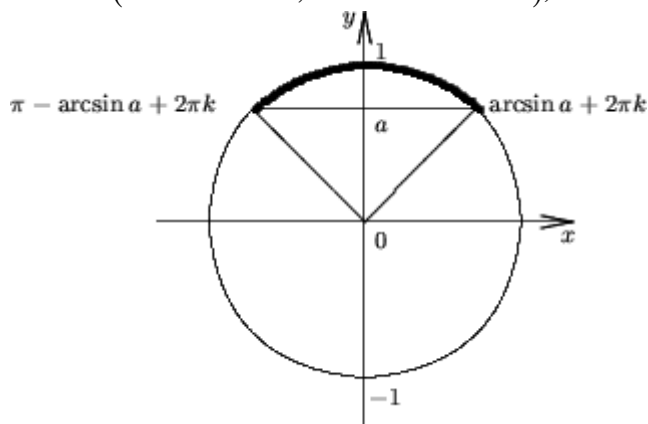
**Тема:** «Решение простейших тригонометрических неравенств»

**Цель:** Рассмотреть основные приемы решения тригонометрических неравенств и уметь их применять на практике

##### 1. Пояснения к работе

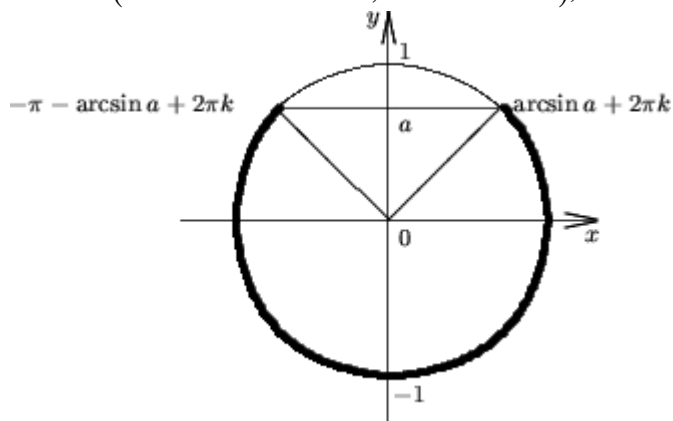
**Утверждение 1.** Множество решений неравенства  $\sin x > a$

1.  $\mathbb{R}$ , если  $a < -1$ ;
2. Пустое множество, если  $a \geq 1$ ;
3.  $(\arcsin a + 2\pi k; \pi - \arcsin a + 2\pi k)$ , если  $-1 \leq a < 1$ .



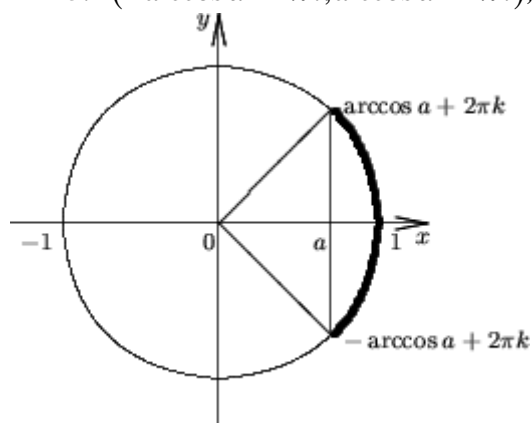
**Утверждение 2.** Множество решений неравенства  $\sin x < a$

1.  $\mathbb{R}$ , если  $a > 1$ ;
2. Пустое множество, если  $a \leq -1$ ;
3.  $(-\pi - \arcsin a + 2\pi k; \arcsin a + 2\pi k)$ , если  $-1 < a \leq 1$ .



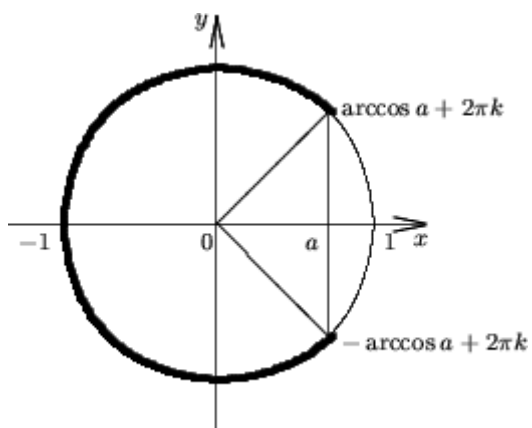
**Утверждение 3.** Множество решений неравенства  $\cos x > a$

1.  $\mathbb{R}$ , если  $a < -1$ ;
2. Пустое множество, если  $a \geq 1$ ;
3.  $(-\arccos a + 2\pi k; \arccos a + 2\pi k)$ , если  $-1 \leq a < 1$ .



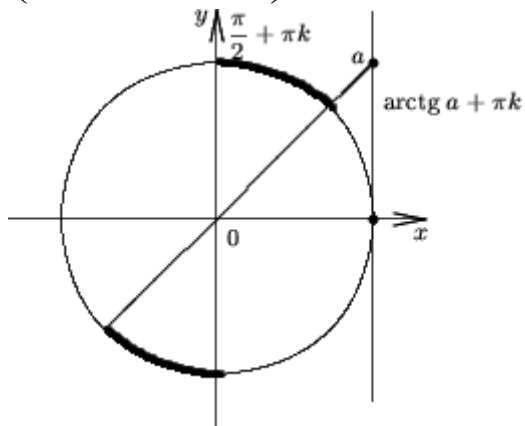
**Утверждение 4.** Множество решений неравенства  $\cos x < a$

1.  $\mathbb{R}$ , если  $a > 1$ ;
2. Пустое множество, если  $a \leq -1$ ;
3.  $(\arccos a + 2\pi k; -\arccos a + 2\pi k)$ , если  $-1 < a \leq 1$ .



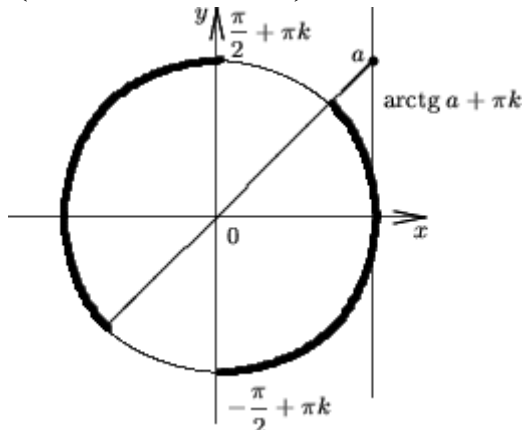
Утверждение 5. Множество решений неравенства  $tgx > a$

$$\left( arctga + \pi k; \frac{\pi}{2} + \pi k \right)$$



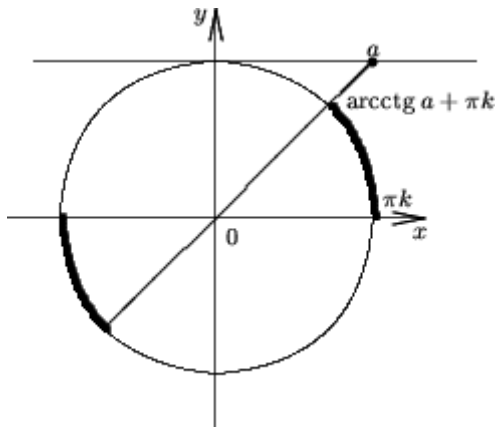
Утверждение 6. Множество решений неравенства  $tgx < a$

$$\left( -\frac{\pi}{2} + \pi k; arctga + \pi k \right)$$

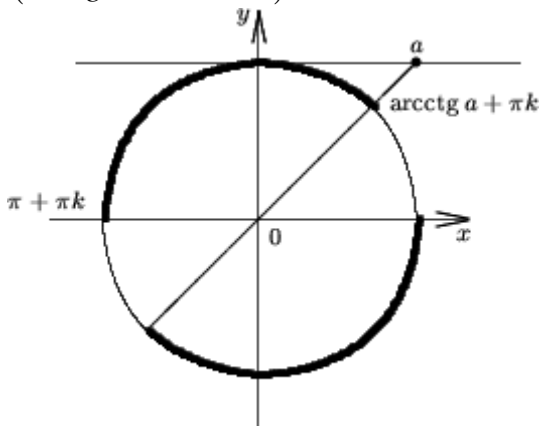


Утверждение 7. Множество решений неравенства  $ctgx > a$

$$\left( \pi k; arccotga + \pi k \right)$$

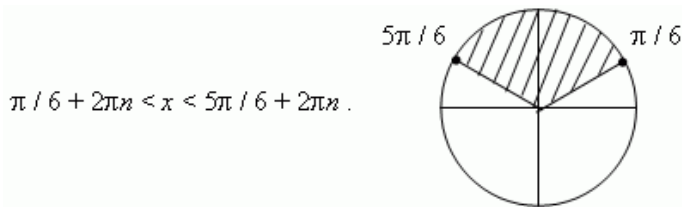


Утверждение 8. Множество решений неравенства  $\text{ctg} x < a$   
 $(\text{arcctg} a + \pi k; \pi + \pi k)$



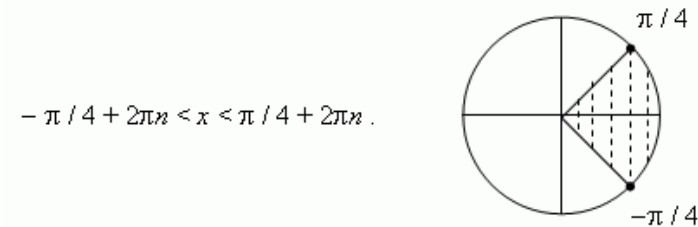
Пример 1: Решить неравенство  $\sin x > \frac{1}{2}$ :

Решение:



Пример 2: Решить неравенство  $\cos x > \frac{\sqrt{2}}{2}$ :

Решение:



### 3. Содержание работы

Вариант 1

Вариант 2

1. Решите неравенства

$2\sin x > 1$ $\cos\left(x + \frac{\pi}{4}\right) \leq -\frac{\sqrt{2}}{2}$ $\operatorname{tg} 2x \leq \operatorname{tg} \frac{\pi}{3}$	$\sqrt{2}\cos x < 1$ $\sin\left(x - \frac{\pi}{6}\right) \geq -\frac{1}{2}$ $\operatorname{tg} \frac{x}{3} \geq \operatorname{tg} \frac{\pi}{6}$
2. Решите неравенство	
$\cos\left(\frac{x}{3} + \frac{\pi}{3}\right) \leq \cos \frac{5\pi}{3}$ $\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{6} - x\right) - \sqrt{3} \geq 0$	$\sin\left(2x + \frac{\pi}{4}\right) \geq \sin \frac{3\pi}{4}$ $\sqrt{3}\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{3} - x\right) - 1 \leq 0$
3. Решите неравенство	
$\cos\left(\frac{\pi}{4} - 3x\right) + \cos\left(\frac{\pi}{4} + 3x\right) < 1$	$\sin\left(\frac{\pi}{3} + 2x\right) - \sin\left(\frac{\pi}{3} - 2x\right) < \frac{1}{2}$
4. Найдите значения $x$ , при которых график функции	
$y = \sin\left(\frac{x}{2} - \frac{\pi}{4}\right) + \frac{\sqrt{2}}{2}$ лежит ниже оси $x$	$y = \cos\left(3x - \frac{\pi}{6}\right) + \frac{\sqrt{3}}{2}$ лежит выше оси $x$

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

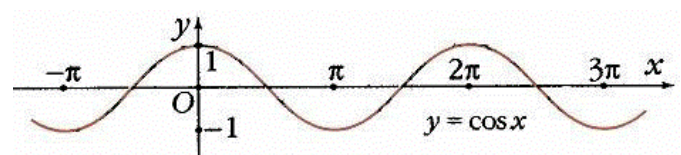
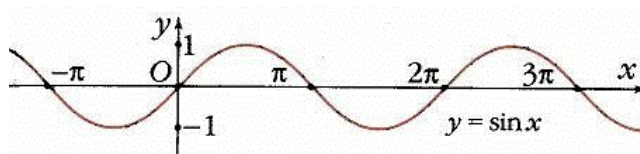
1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №14

**Тема:** «Построение графиков синуса, косинуса, тангенса и котангенса»

**Цель:** Сформировать умения строить графики функций и научиться выявлять их свойства, отработать навык построения тригонометрических функций путем преобразований.

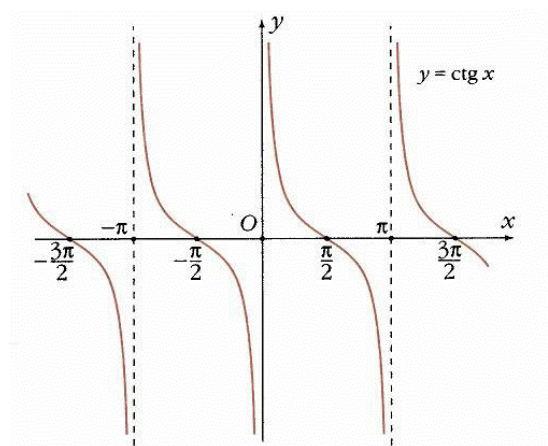
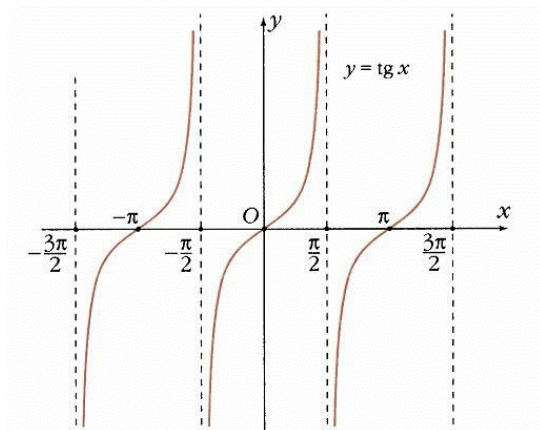
#### Графики функций



#### Свойства функций

Свойства	$y = \sin x$	$y = \cos x$
$D(f)$ Область определения функции	$D(\sin) = R$ (множество всех действительных чисел)	$D(\cos) = R$ (множество всех действительных чисел)
$E(f)$ Множество значений функции	$E(\sin) = [-1; 1]$	$E(\cos) = [-1; 1]$
Четность (нечетность) функции	нечетная $\sin(-x) = -\sin x$	четная $\cos(-x) = \cos x$
Наименьший положительный период	$T = 2\pi$ $\sin(x + 2\pi n) = \sin x, n \in Z$	$T = 2\pi$ $\cos(x + 2\pi n) = \cos x, n \in Z$
Нули функции	$\sin x = 0$ при $x = \pi n, n \in Z$	$\cos x = 0$ при $x = \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in Z$
Промежутки знакопостоянства $f(x) > 0$	$\sin x > 0$ для всех $x \in (2\pi n; \pi + 2\pi n), n \in Z$	$\cos x > 0$ для всех $x \in \left(-\frac{\pi}{2} + 2\pi n; \frac{\pi}{2} + 2\pi n\right), n \in Z$
Промежутки знакопостоянства $f(x) < 0$	$\sin x < 0$ для всех $x \in (-\pi + 2\pi n; 2\pi n), n \in Z$	$\cos x < 0$ для всех $x \in \left(\frac{\pi}{2} + 2\pi n; \frac{3\pi}{2} + 2\pi n\right), n \in Z$
Наибольшее значение функции	$\max(\sin) = 1$	$\max(\cos) = 1$
Наименьшее значение функции	$\min(\sin) = -1$	$\min(\cos) = -1$
Промежутки возрастания функции	$\left[-\frac{\pi}{2} + 2\pi n; \frac{\pi}{2} + 2\pi n\right], n \in Z$	$[-\pi + 2\pi n; 2\pi n], n \in Z$
Промежутки убывания функции	$\left[\frac{\pi}{2} + 2\pi n; \frac{3\pi}{2} + 2\pi n\right], n \in Z$	$[2\pi n; \pi + 2\pi n], n \in Z$

## Графики функций



### Свойства функций

Свойства	$y = tg x$	$y = ctg x$
$D(f)$ Область определения функции	$D(tg)=R, x \neq \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in Z$	$D(ctg)=R, x \neq \pi + \pi n, n \in Z$
$E(f)$ Множество значений функции	$E(tg)=R$	$E(ctg)=R$
Четность (нечетность) функции	нечетная $tg(-x)=tgx$	нечетная $ctg(-x)=ctgx$
Наименьший положительный период	$T=\pi$ $tg(x+\pi n)=tgx, n \in Z$	$T=\pi$ $ctg(x+\pi n)=ctgx, n \in Z$
Нули функции	$tgx=0$ при $x = \pi n, n \in Z$	$ctgx=0$ при $x = \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in Z$
Промежутки знакопостоянства $f(x)>0$	$tgx>0$ для всех $x \in \left( \pi n; \frac{\pi}{2} + \pi n \right), n \in Z$	$ctgx>0$ для всех $x \in \left( \pi n; \frac{\pi}{2} + \pi n \right), n \in Z$
Промежутки знакопостоянства $f(x)<0$	$tgx<0$ для всех $x \in \left( -\frac{\pi}{2} + \pi n; \pi n \right), n \in Z$	$ctgx<0$ для всех $x \in \left( -\frac{\pi}{2} + \pi n; \pi n \right), n \in Z$
Наибольшее значение функции	нет	нет
Наименьшее значение функции	нет	нет
Промежутки возрастания функции	$\left( -\frac{\pi}{2} + \pi n; \frac{\pi}{2} + \pi n \right), n \in Z$	нет
Промежутки убывания функции	нет	$(\pi n; \pi + \pi n), n \in Z$

### Построение графиков функций, путем преобразования

- Для построения графика функции  $y=f(x)+a$ , где  $a$  - постоянное число, надо перенести график  $y=f(x)$  вдоль оси ординат. Если  $a>0$ , то график переносим параллельно самому себе вверх, если  $a < 0$ , то – вниз.
- Для построения графика функции  $y=kf(x)$  надо растянуть график функции  $y=f(x)$  в  $k$  раз вдоль оси ординат. Если  $|k|>1$ , то происходит растяжение графика вдоль оси  $OY$ , если  $0<|k|<1$ , то – сжатие.

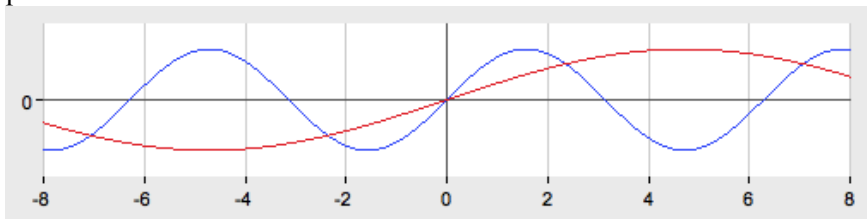


3. График функции  $y=f(x+b)$  получается из графика  $y=f(x)$  путем параллельного переноса вдоль оси абсцисс. Если  $b>0$ , то график перемещается влево, если  $b<0$ , то – вправо.
4. Для построения графика функции  $y=f(kx)$  надо растянуть график  $y=f(x)$  вдоль оси абсцисс. Если  $|k|>1$ , то происходит сжатие графика вдоль оси  $Ox$ , если  $0<|k|<1$ , то – растяжение.

*Пример.* постройте графики функций, выполнив преобразования.

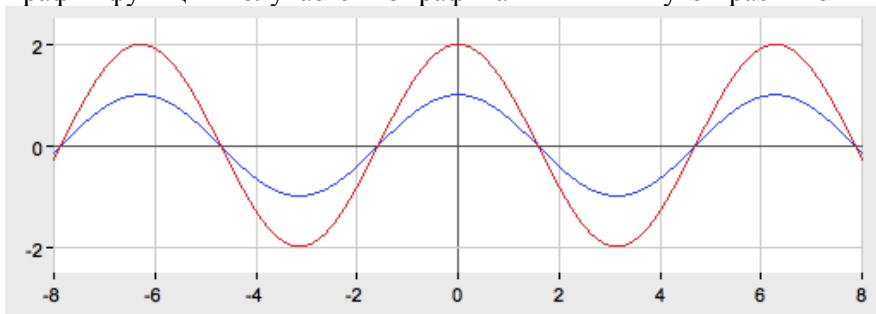
1.  $y = \sin \frac{x}{3}$

График функции  $y = \sin \frac{x}{3}$  получается из графика  $y = \sin x$  путем растяжения вдоль оси  $Ox$  в 3 раза.



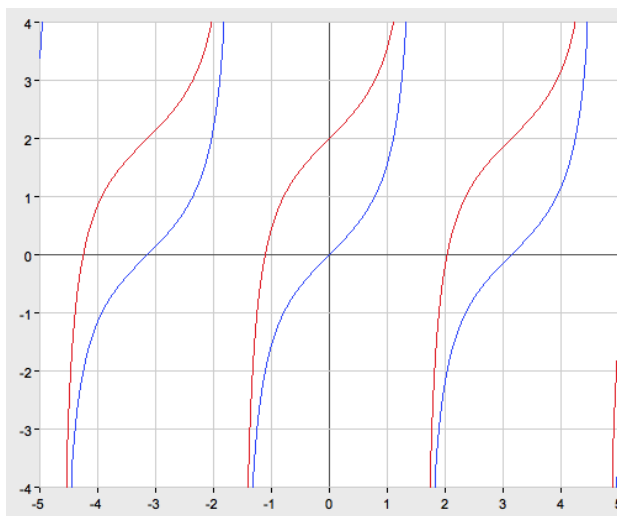
2.  $y = 2 \cos x$

График функции получается из графика  $y = \cos x$  путем растяжения вдоль оси  $Oy$  в 2 раза.

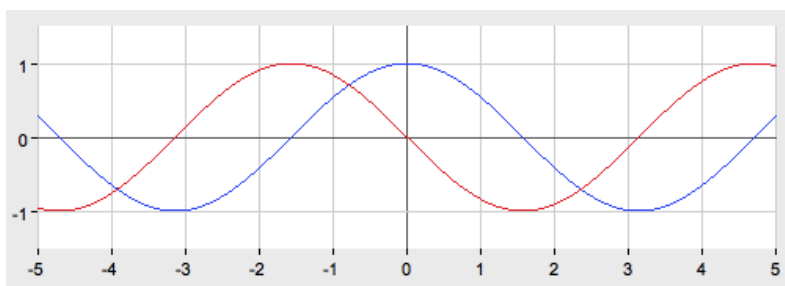


3.  $y = \operatorname{tg}x + 2$

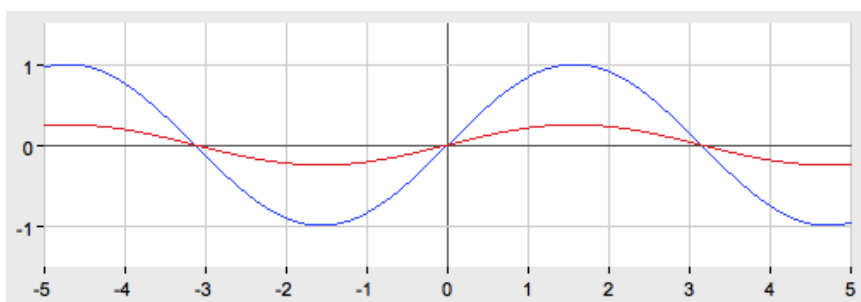
График функции  $y = \operatorname{tg}x + 2$  получается из графика  $y = \operatorname{tg}x$  путем параллельного переноса на 2 единицы вверх вдоль оси  $Oy$ .



4.  $y = \cos\left(x + \frac{\pi}{2}\right)$   
 График функции получается из графика  $y = \cos\left(x + \frac{\pi}{2}\right)$  путем параллельного переноса вдоль оси абсцисс на  $\frac{\pi}{2}$  единиц влево.



5.  $y = \frac{1}{4} \sin x$   
 График функции  $y = \frac{1}{4} \sin x$  получается из графика  $y = \sin x$  путем сжатия вдоль оси  $Oy$  в 4 раза.



### 3. Содержание работы

Вариант 1

Вариант 2

Построить графики следующих функций, применяя простейшие преобразования графиков функций	
$y = \sin x + 1$	$y = \cos x - 1$
$y = 2\cos x$	$y = 0,5\sin x$
$y =  0,5 \sin x $	$y =  2 \cos x $
$y = \sin\left(x - \frac{\pi}{4}\right)$	$y = \cos\left(x + \frac{\pi}{6}\right)$
$y = \operatorname{tg}\left(x + \frac{\pi}{3}\right)$	$y = \operatorname{ctg}\left(x - \frac{\pi}{3}\right)$

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

#### Практическое занятие №15

**Тема:** «Вычисление вероятностей»

**Цель:** Ввести понятие события. Ввести понятие вероятности события, рассмотреть классическое и статистическое определение вероятности .

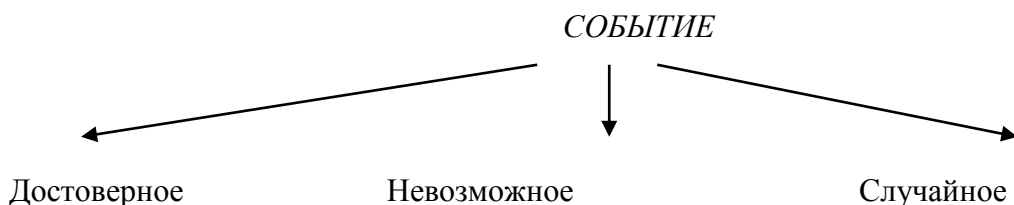
##### 1. Пояснения к работе

*Определение 1:* Теория вероятностей – это раздел математики, изучающий закономерности массовых случайных событий.

*Определение 2:* Событие – это факт, который при осуществлении определенных условий может произойти или нет.

*Обозначение:*  $A, B, C$

*Пример 1:* Событие  $A$  – рождение ребенка, событие  $B$  – выигрыш в лотерее



*Определение 3:* Достоверное событие – это событие, которое в результате испытания непременно должно произойти. (Если на игральной кости на всех 6 гранях нанести цифру 1, тогда выпадение цифры 1, при бросании кости, есть событие достоверное)

*Определение 4:* Невозможное событие – это событие, которое в результате испытания не может произойти. (Если на игральной кости на всех 6 гранях нанести цифру 1, тогда выпадение любой цифры, кроме 1 – есть событие невозможное)

*Определение 5:* Случайное событие – это событие, которое при испытаниях может произойти или не произойти. (Завтра днем ожидается дождь. В этом примере наступление дня является испытанием, а выпадение дождя – случайное событие)

*Определение 1:* Вероятность события – это число, характеризующее степень возможности появления событий при многократном повторении событий.

*Обозначение:*  $P$

*Классическое определение вероятности:*

Вероятностью  $P(A)$  события  $A$  называется отношение числа благоприятствующих исходов  $m$  к общему числу равновозможных несовместных исходов  $n$ : 
$$P(A) = \frac{m}{n}$$

*Свойства вероятности:*

1. Вероятность случайного события находится между  $0 \leq P(A) \leq 1$ .
2. Вероятность достоверного события  $P(A) = 1$ .
3. Вероятность невозможного события  $P(A) = 0$ .

*Пример 1:* Найти вероятность выпадения числа кратного 3 при одном бросании игрального кубика.

*Решение:* Событие  $A$  – выпадение числа кратного 3.

$m=2$  (числа 3 и 6)

$n=6$  (1, 2, 3, 4, 5, 6)

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

*Ответ:*  $P(A) = \frac{1}{3}$

### Теоремы сложения и умножения

*Определение 1:* События называются несовместными, если в результате данного испытания появление одного из них исключает появление другого.

(При бросании монеты выпадение одновременно орла и решки есть события несовместные)

*Определение 2:* События называются совместными, если в результате данного испытания появление одного из них не исключает появления другого. (При игре в карты появление валета и масти пик – события совместные)

*Теорема 1:* Вероятность суммы двух несовместных событий  $A$  и  $B$  равна сумме вероятностей

$$P(A + B) = P(A) + P(B)$$

*Теорема 2:* Вероятность появления хотя бы одного из двух совместных событий равна сумме вероятностей этих событий без вероятности их совместного наступления, т.е.

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A \times B)$$

*Пример 1:* Найти вероятность выпадения цифры 2 или 3 при бросании игральной кости.

*Решение:* Событие  $A$  – выпадение цифры 2, событие  $B$  – выпадение цифры 3

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{1}{6}, P(B) = \frac{m}{n} = \frac{1}{6}.$$

$$P(A+B) = P(A) + P(B) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}.$$

Ответ:  $P(A+B) = \frac{1}{3}$ .

*Пример 2:* Вероятность попадания в мишень одного стрелка равна 0,65; а второго – 0,6. Определить вероятность поражения мишени при одновременных выстрелах двух стрелков.

*Решение:* Так как при стрельбе возможно попадание в мишень двумя стрелками, то эти события совместные, следовательно:

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A \times B) = 0,65 + 0,6 - 0,39 = 0,86.$$

Ответ:  $P(A+B) = 0,86$ .

*Определение 3:* Событие  $A$  называется независимым от события  $B$ , если вероятность осуществления события  $A$  не зависит от того произошло событие  $B$  или нет. (При повторении бросания игральной кости вероятность выпадения цифры 1 (событие  $A$ ) не зависит от появления или не появления цифры 1 при первом бросании кости (событие  $B$ ))

*Определение 4:* Событие  $A$  называется зависимым от события  $B$ , если его вероятность меняется в зависимости от того, произошло событие  $B$  или нет. (Если в урне находятся черные и белые шары, то вероятность повторного появления черного шара (событие  $A$ ) будет зависеть от того, какой шар вынули в первый раз)

*Теорема 3:* Вероятность произведения двух независимых событий  $A$  и  $B$  равна произведению вероятностей этих событий:  $P(A \times B) = P(A) \cdot P(B)$

*Теорема 4:* Вероятность произведения двух зависимых событий  $A$  и  $B$  равна произведению одного из них на условную вероятность второго, вычисленную при условии, что первое событие осуществилось:  $P(A \times B) = P(A) \cdot P(B/A)$

*Пример 3:* В билете 3 раздела. Из 40 вопросов первого раздела студент знает 30 вопросов, из 30 вопросов второго – 15, из 30 вопросов третьего – 10. Определить вероятность правильного ответа студента по билету.

*Решение:* Учитывая, что ответ на каждые разделы есть независимое события  $A, B, C$ , а их вероятности соответственно равны:

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4}, \quad P(B) = \frac{m}{n} = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}, \quad P(C) = \frac{m}{n} = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}.$$

$$P(A \times B \times C) = P(A) \times P(B) \times P(C) = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{8}.$$

*Ответ:*  $\frac{1}{8}$ .

*Пример 4:* В группе из 20 человек, 5 студентов не подготовили задание. Какова вероятность того, что два первых студента, вызванные наугад, будут не готовы к ответу.

*Решение:* Вероятность того, что первый студент не готов к ответу  $P(A) = \frac{m}{n} = \frac{5}{20}$ .

Вероятность того, что и второй студент так же не готов к ответу  $P(A/B) = \frac{m}{n} = \frac{4}{19}$ .

$$P(A \times B) = P(A) \times P(B/A) = \frac{5}{20} \cdot \frac{4}{19} = 0,05.$$

*Ответ:* 0,05.

*Следствие 1:* Вероятность суммы событий  $A_1, A_2, \dots, A_n$  равна сумме вероятностей этих событий, т.е.  $P(A_1 + A_2 + \dots + A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n)$

*Следствие 2:* Сумма вероятностей противоположных событий равна 1, т.е.  $P(A) + P(\bar{A}) = 1$

*Пример 1:* Найти вероятность выпадения цифры 2 или 3 при бросании игральной кости.

*Решение:* Событие  $A$  – выпадение цифры 2, событие  $B$  – выпадение цифры 3

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{1}{6}, \quad P(B) = \frac{m}{n} = \frac{1}{6}.$$

$$P(A + B) = P(A) + P(B) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}.$$

*Ответ:*  $P(A + B) = \frac{1}{3}$ .

*Пример 1:* Найти вероятность выпадения цифры 2 или 3 при бросании игральной кости.

*Решение:* Событие  $A$  – выпадение цифры 2, событие  $B$  – выпадение цифры 3

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{1}{6}, \quad P(B) = \frac{m}{n} = \frac{1}{6}.$$

$$P(A + B) = P(A) + P(B) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}.$$

*Ответ:*  $P(A + B) = \frac{1}{3}$ .

### 3. Содержание работы

Вариант 1	Вариант 2
<p>Задача 1. Найдите вероятность выпадения цифры 2 или 3 при бросании игральной кости.</p> <p>Задача 2. Вероятность попадания в мишень одного стрелка равна 0,65, а второго -0,6. Определить вероятность поражения мишени при одновременных выстрелах двух стрелков.</p> <p>Задача 3. В билете 3 раздела. Из 40 вопросов первого раздела студент знает 30 вопросов, из 30 вопросов второго – 15, из 30 вопросов третьего -10. Определить вероятность правильного ответа студента по билету.</p> <p>Задача 4. В группе из 20 человек, 5 студентов не подготовили задание. Какова вероятность того, что два первых студента, вызванные наугад, будут не готовы к ответу</p>	<p>Задача 1. Из 25 экзаменационных билетов по геометрии ученик успел подготовить 11 первых и 8 последних билетов. Какова вероятность того, что на экзамене ему достанется билет, который он не подготовил</p> <p>Задача 2. Бросают два игральных кубика. Какова вероятность того, что сумма очков, выпавших на двух кубиках, меньше 11.</p> <p>Задача 3. В непрозрачном пакете лежат 9 жетонов с номерами 1,2,...9. Из пакета наугад вынимают один жетон, записывают его номер и жетон возвращают в пакет. Затем опять вынимают жетон и записывают его номер. Какова вероятность того, что оба раза будут вынуты жетоны, номера которых являются простыми числами</p>

### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

### 5. Литература

1. Башмаков М. И. Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. Башмаков М. И. Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. Алимов Ш. А. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др. Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.

### Практическое занятие №16

**Тема:** «Решение показательных, логарифмических уравнений и неравенств»

**Цель:** Проверить уровень знаний, умений и навыков учащихся по теме

#### 1. Пояснения к работе.

#### Показательные уравнения

**Определение 1:** Показательное уравнение – это уравнение вида  $a^x = b$ , где  $a > 0$ ,  $a \neq 1$ . Область значения функции  $y = a^x$  – множество положительных чисел, поэтому в случае  $b < 0$  или  $b = 0$  уравнение не имеет решений.

*Пример 1:*  $2^x = 32$ ,  $2^5 = 32 \Rightarrow x = 5$ .

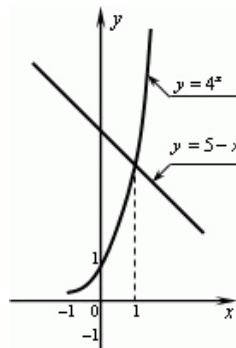
**Методы решения показательных уравнений:**

**1. Графический метод.**

*Пример 2:* Решить уравнение  $4^x = 5 - x$ .

*Решение:* В одной координатной плоскости строят графики функций  $y = 4^x$  и  $y = 5 - x$ . Решением уравнения является абсцисса точки пересечения графиков данных функций

*Ответ:*  $x = 1$ .



**2. Приведение к одному и тому же основанию.**

*Пример 3:* Решить уравнение:

а)  $2^{x-5} = 16$ .

*Решение:* Приведем обе части уравнения к общему основанию  $2^{x-5} = 2^4$ . Данное уравнение равносильно уравнению  $x - 5 = 4 \Rightarrow x = 9$ .

*Ответ:* 9.

б)  $3^x = -9$ . Так как показательная функция принимает только положительные значения, то данное уравнение не имеет решений.

*Ответ:* нет решений.

**3. Вынесение общего множителя за скобки.**

*Пример 4:* Решить уравнение  $7^x + 7^{x+2} = 350$ .

*Решение:*

$$7^x + 7^{x+2} = 350$$

$$7^x + 7^x \cdot 7^2 = 350$$

$$7^x(1 + 49) = 350$$

$$7^x = 350 \div 50$$

$$7^x = 7$$

$$x = 1$$

*Ответ:*  $x = 1$ .

**4. Введение новой переменной.**

*Пример 4:* Решить уравнение  $16^x - 17 \cdot 4^x + 16 = 0$ .

*Решение:* Пусть  $4^x = t$ , где  $t > 0$ , тогда уравнение примет вид  $t^2 - 17t + 16 = 0$

Данное квадратное уравнение имеет корни:  $t_1 = 1$  и  $t_2 = 16$ .

Если  $t_1 = 1$ , то  $4^x = 1 \Rightarrow x_1 = 0$ .

Если  $t_2 = 16$ , то  $4^x = 16 \Rightarrow x_2 = 2$ .

*Ответ:*  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 2$ .

**Показательные неравенства**

**Определение 1:** Показательное неравенство – это неравенство вида  $a^{f(x)} > a^{g(x)}$

Если  $a > 1$ , то  $a^{f(x)} > a^{g(x)}$  равносильно  $f(x) > g(x)$ ;

Если  $0 < a < 1$ , то  $a^{f(x)} > a^{g(x)}$  равносильно  $f(x) < g(x)$ .

*Пример 1:* Решить неравенство:  $\left(\frac{1}{3}\right)^x \geq 27$ ,  $2^5 = 32 \Rightarrow x = 5$ .



$$\text{a) } \left(\frac{1}{3}\right)^x \geq \left(\frac{1}{3}\right)^{-3} \Leftrightarrow x \leq -3 \quad \text{б) } 3^{-x} \geq 3^3 \Leftrightarrow -x \geq 3, \quad x \leq -3$$

Ответ:  $x \leq -3$ .

**Методы решения показательных неравенств:**

1. Приведение к одному и тому же основанию.

Пример 2: Решить неравенство  $0,5^{7-3x} < 4$ .

Решение: Приведем обе части неравенства к общему основанию  $0,5^{7-3x} < 0,5^{-2}$ . Данное неравенство равносильно  $7-3x > -2$ , (т.к.  $0 < 0,5 < 1$ ), откуда  $x < 3$ .

Ответ:  $x < 3$ .

2. Введение новой переменной.

Пример 3: Решить неравенство  $\left(\frac{1}{9}\right)^x - \frac{28}{3^{x+1}} + 3 < 0$ .

Решение: Пусть  $\left(\frac{1}{3}\right)^x = t$ , тогда  $\left(\frac{1}{9}\right)^x = t^2$  и неравенство переписывается в вид  $t^2 - \frac{28}{3}t + 3 < 0$

, откуда  $\frac{1}{3} < t < 9$ . Следовательно, решением данного неравенства являются числа  $x$ ,

удовлетворяющие неравенствам  $\frac{1}{3} < \left(\frac{1}{3}\right)^x < 9$ , и только такие числа. Функция  $y = \left(\frac{1}{3}\right)^x$

убывает, поэтому решением неравенств  $\frac{1}{3} < \left(\frac{1}{3}\right)^x < 9$  будут числа  $x$ , удовлетворяющие

неравенствам  $-2 < x < 1$ .

Ответ:  $(-2, 1)$ .

**Системы показательных уравнений и неравенств:**

При решении систем показательных уравнений и неравенств, применяются те же приемы, что при решении систем алгебраических уравнений и неравенств (метод подстановки, метод сложения, метод введения новых переменных). Во многих случаях, прежде чем применить тот или иной метод решения, следует преобразовать каждое уравнение (неравенство) системы к возможно более простому виду.

Пример 4: Решить систему уравнений 
$$\begin{cases} x + 2y = -1, \\ 4^{x+y^2} = 16. \end{cases}$$

Решение: Решим эту систему способом подстановки. 
$$\begin{cases} x = -2y - 1, \\ 4^{-2y-1+y^2} = 4^2. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = -2y - 1, \\ y^2 - 2y - 1 = 2. \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} x = -2y - 1, \\ y^2 - 2y - 3 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y_1 = 3, \\ x_1 = -4. \end{cases} \text{ или } \begin{cases} y_2 = -1, \\ x_2 = 1. \end{cases}$$

Ответ:  $(-7; 3); (1; -1)$

## Логарифмические уравнения и неравенства

**Методы решения логарифмических уравнений:**

1. Решение уравнений по определению логарифма

Пример 1: Решить уравнение  $\log_2(x^2 + 4x + 3) = 3$ .

Решение: По определению логарифма получаем  $x^2 + 4x + 3 = 2^3$ . Далее получили квадратное уравнение  $x^2 + 4x - 5 = 0$ , корни которого равны 1 и -5. Следовательно, числа 1 и -5 – корни уравнения.

Ответ: 1 и -5.

2. Метод потенцирования, т.е. переход от уравнения  $\log_a f(x) = \log_a g(x)$  к уравнению  $f(x) = g(x)$ .

Пример 2: Решить уравнение  $\log_5(2x+3) = \log_5(x+1)$ .

Решение: Это уравнение определено для  $\forall x \in \begin{cases} 2x+3 > 0 \\ x+1 > 0 \end{cases}$ . Для данных  $x$  уравнение

равносильно уравнению  $2x+3 = x+1$ , где  $x=-2$ , но число  $-2$  не удовлетворяет области определения, значит уравнение не имеет корней.

Ответ: нет решения.

3. Метод введения новых переменных

Пример 3: Решить уравнение  $\lg^2 x - \lg x^2 + 1 = 0$ .

Решение: Это уравнение определено для  $\forall x > 0$ . Пусть  $\lg x = t$ , тогда  $t^2 - 2t + 1 = 0$ , где  $t=1$  - корень уравнения. Если  $t=1$ , то  $\lg x = 1 \Rightarrow x = 10$ .

Ответ:  $x = 10$ .

3. Метод логарифмирования, т.е. переход от уравнения  $f(x) = g(x)$  к уравнению вида

$$\log_a f(x) = \log_a g(x)$$

Пример 4: Решить уравнение  $5^{1-3x} = 7$ .

Решение: По определению логарифма  $1-3x = \log_5 7$ , откуда  $x = \frac{1}{3} - \frac{1}{3} \log_5 7$ .

Ответ:  $x = \frac{1}{3} - \frac{1}{3} \log_5 7$ .

**Определение 2:** Логарифмическое неравенство – это неравенство, содержащее неизвестное под знаком логарифма и (или) в его основании.

**Методы решения логарифмических неравенств:**

Логарифмическое уравнение вида  $\log_a f(x) > \log_a g(x)$ , (где  $\forall a > 0$  ( $a \neq 1$ ),  $\forall f(x), g(x) > 0$ ) равносильно уравнению:

а). Если  $a > 1$ , то  $f(x) > g(x)$

б). Если  $0 < a < 1$ , то  $f(x) < g(x)$

Пример 5: Решить неравенство  $\log_{\frac{1}{3}}(5-2x) > -2$ .

Решение: Данное неравенство можно переписать в виде  $\log_{\frac{1}{3}}(5-2x) > \log_{\frac{1}{3}} 9$ , т.к.

$\log_{\frac{1}{3}} 9 = -2$ . Множество решений данного неравенства удовлетворяет множеству решений

системы  $\begin{cases} 5-2x > 0 \\ 5-2x < 9 \end{cases}$ , откуда получаем  $x \in (-2; 2,5)$ .

Ответ:  $x \in (-2; 2,5)$ .

### 3. Содержание работы

#### Вариант I

1. Решите уравнение:

а) [1]  $\lg x - \lg 12 = \log_{0,1}(x+1) - \log_{100} 4$ ;

б) [2]  $\log_3^2(x-1) - 2\log_{\frac{1}{3}} \frac{9}{x-1} = 2^{\log_2 7}$ ;

в) [1]  $4^x + 7 \cdot 2^{x-1} = 4,5$ ;

г) [2]  $27^{\frac{\sqrt{7-x}}{3}} = 4\sqrt{\left(\frac{1}{81}\right)^{1-x}}$ .

2. Решите неравенство:

а) [1]  $\log_{\frac{1}{3}}(x-2) > -3\log_{\frac{1}{5}} \sqrt[3]{\frac{1}{5}}$ ;

б) [2]  $\left(1\frac{11}{25}\right)^{\log_9 x} > \left(\frac{5}{6}\right)^{\log_1(6-5x)}$ ;

в) [1]  $\left(\frac{3}{5}\right)^{8-2x} < \left(\frac{9}{25}\right)^{x+3}$ ;

г) [2]  $\left(\frac{1}{3}\right)^{\frac{|x+2|}{3-x}} \cdot 3 \leq \sqrt{27}$ .

3. [3] Решите систему неравенств: 
$$\begin{cases} \frac{9^{x+2}}{27^{x-3}} \geq \left(\frac{1}{3}\right)^{7-6x}, \\ \log_2^2(3-x) + \log_2(3-x) - 6 < 0. \end{cases}$$

#### Вариант II

1. Решите уравнение:

а) [1]  $\log_7 x + \log_{49} 36 = \log_{\frac{1}{7}}(2x+6) + \log_7 48$ ;

б) [2]  $\log_2^2(4-x) + \log_{\frac{1}{2}} \frac{8}{4-x} = 2^{\log_4 9}$ ;

в) [1]  $3 \cdot 5^{2x-1} - 2 \cdot 5^x = 5$ ;

г) [2]  $4 \cdot 4\sqrt{(0,0625)^{-x}} = 32^{\frac{\sqrt{4-x}}{5}}$ .

2. Решите неравенство:

а) [1]  $\log_{\frac{1}{2}}(x-5) > -4\log_{\frac{1}{3}} \sqrt[4]{\frac{1}{3}}$ ;

б) [2]  $\left(5\frac{4}{9}\right)^{\log_5 x} > \left(\frac{3}{7}\right)^{\log_1(5x-6)}$ ;

в) [1]  $\left(\frac{7}{11}\right)^{-0,5-3x} < \left(\frac{7}{11}\right)^{x+1,5}$ ;

$$\text{г) [2]} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{|2x-1|}{x-3}} \cdot \sqrt{8} \geq \sqrt{2}.$$

$$[3] \text{ Решите систему неравенств: } \begin{cases} \left(\frac{1}{4}\right)^{x-4} \\ \left(\frac{1}{8}\right)^{x+2} \geq 2^{21-3x}, \\ \log_2^2(3x-5) + 2\log_2(3x-5) - 8 < 0. \end{cases}$$

#### 4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 4.1 Название работы
- 4.2 Цель работы
- 4.3 Задание
- 4.4 Формулы расчета
- 4.5 Результат

#### 5. Литература

1. *Башмаков М. И.* Математика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
2. *Башмаков М. И.* Математика сборник задач (базовый уровень). 10 класс. — М., 2014.
3. *Алимов Ш. А. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.
4. *Атанасян Л. С., Бутузов В. Ф., Кадомцев С. Б. и др.* Математика: алгебра и начала математического анализа. Геометрия. Геометрия (базовый и углубленный уровни). 10—11 классы. — М., 2014.





Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Самарской области  
«Чapaевский химико-технологический техникум»

**Методические рекомендации для выполнения практических работ по**

**МДК 0102 Организация ремонтных работ промышленного оборудования и контроль  
за ними**

**по ПМ 01. «Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного  
оборудования»**

Составил преподаватель Акимова Е.В.

**Чapaевск, 2016**

Одобрена  
предметной (цикловой) комиссией  
эмеханических дисциплин  
Протокол № 8 от «23» 03.2016 г.  
Председатель \_\_\_\_\_  
Л.И. Карпова

Составлена  
в соответствии с ФГОС по специальности  
151031 Монтаж и техническая эксплуатация  
промышленного оборудования (по отраслям)  
Заместитель директора по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Е.В. Первухина

Согласовано  
с Методическим советом учреждения

Протокол № \_\_ от «\_\_» \_\_ 201\_\_ г.  
Председатель \_\_\_\_\_ Е.В. Первухина

Составители: Акимова Е.В. преподаватель ГБПОУ «ЧХТТ»

Рецензенты: Карпова Л.И, преподаватель ГБПОУ «ЧХТТ»

Аннотация:

Методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой ПМ 01 Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного оборудования. Предназначены для обучающихся очной и заочной формы обучения специальности 151031 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям).

Рекомендации содержат инструкции по выполнению практических работ по МДК 01.02 Организация ремонтных работ промышленного оборудования и контроль за ними

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
1. Методы определения износа трущихся поверхностей	6
2. Выявление дефектов и составление ведомости дефектов	10
3. Составление план-графика ППР оборудования.	13
Приложение А	21



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Данное учебное пособие содержит инструкции к практическим работам по учебным дисциплинам:

- **МДК 0102 Организация ремонтных работ промышленного оборудования и контроль за ними** (специальность 151031 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям),

Практические работы предназначены для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических умений.

В результате выполнения практических работ студенты должны уметь:

- *определять методы износа трущихся поверхностей;*
- *выявлять дефекты и составлять ведомости дефектов;*
- *составлять план-графика ППР оборудования.;*

Перечень практических работ и их количество определено рабочими программами по дисциплине для указанных специальностей.

Практические работы выполняются по варианту, который определяется последней цифрой порядкового номера по списку группы.

Работы оформляются на листах формата А4 (размер 297х210). Все работы сшиваются и оформляется титульный лист (Приложение А).

Согласно ГОСТ листы должны иметь рамку и основную надпись. Рамка выполняется сплошной толстой основной линией на расстоянии 20 мм от левой границы формата и на расстоянии 5мм от трех других сторон.

Основные надписи располагаются в правом нижнем углу учебных документов.

Форма и размеры основной надписи на заглавной (первой) странице указаны на рисунке 1, на последующих страницах – на рисунке 2:



## ИНСТРУКЦИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ №1

### 1. Тема: *Методы определения износа трущихся поверхностей*

Цель работы: изучение различных методов определения износа трущихся поверхностей

#### Ход работы :

1. Изучить теоретический материал
2. Дать подробное описание методов определения износа.
3. Ответить на контрольные вопросы
4. Сделать вывод

#### Контрольные вопросы

1. Назовите погрешности свойственные методу микрометрирования.
2. В каком случае величину износа весовым методом не рекомендуется определять?
3. Что относится к недостаткам радиоактивного метода?
4. Какая точность измерения выше, методом вырезанных лунок или методом отпечатков?

#### Теоретическая часть

##### МЕТОДЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСА

Наиболее распространенным и доступным методом определения величины износа является **метод микрометрических измерений**. Этот метод чаще всего используется при условии больших абсолютных величин износа деталей. Он основан на измерении детали при помощи механических контактных или каких-либо других приборов до и после испытания на изнашивание.

Точность замеров при микрометрировании зависит от применяемого инструмента. Обычно она составляет 0,01 мм. Применение весьма точных, а также социальных инструментов, позволяющих производить измерения с точностью до 1 мкм, обеспечивает определение величины износа с точностью не менее 5 мкм.

Объясняется это тем, что замеры производятся в разное время и при различных температурных условиях, сказывается неточность установки инструмента и т.д.

Наибольшее распространение при оценке величины износа методом микрометрирования получили концевые меры длины, микрометры, индикаторные нутромеры, рычажные скобы, рычажно-механические приборы, рычажно-оптические приборы, инструментальные и универсальные микроскопы.

Методу микрометрирования свойственны погрешности, причина которых в следующем:

1. Если изнашиваются обе стороны, между которыми производится измерение (например, вал или отверстие цилиндра), то в результате микрометража определяется изменение диаметра, а величины линейного износа от начальной поверхности установить не удастся. Этот недостаток частично устраняется при применении специальных индикаторных приборов, позволяющих производить измерение расстояния от стенки детали до постоянной неизнашивающейся базы.
2. Если одновременно с изнашиванием может происходить деформация деталей, то методом микрометража определяется совместное изменение размеров от этих двух причин.
3. Повторные измерения не могут быть сделаны точно по одному и тому же направлению.

**Весовой метод** обычно применяется для определения износа небольших деталей. Их взвешивают до и после испытаний. Перед взвешиванием детали должны быть тщательно промыты, просушены, после проведения испытаний с них необходимо смыть продукты износа, смазки и т.д. Взвешивание позволяет с большой точностью определить малый весовой износ небольших образцов. У аналитических весов ВЛА-200 с предельной нагрузкой 200г допустимая погрешность  $\pm 0,2$  мг.

Определение величины линейного износа по потере веса осуществляется путем вычислений, основанных на предположении, что износ происходит равномерно по

поверхности трения. В этом случае весовой износ пересчитывается в линейный по формуле:

$$I_k = \frac{Q}{S \cdot j \cdot L \cdot 10^{-3}}$$

где, Q - весовой износ, мг; S - площадь поверхности трения, см<sup>2</sup>; j - удельный вес, г/см<sup>3</sup>; L - путь трения, км.

Величину износа весовым методом не рекомендуется определять в тех случаях, когда изменение размеров детали произошло не только вследствие отделения частиц, но и по причине пластического деформирования. Весовой метод оказывается неприемлемым и при определении величины износа деталей из пористых материалов пропитанных маслом. Измерение величины износа методом искусственных баз заключается в определении путем вычисления расстояния от поверхности трения до дна углубления, искусственно сделанного на этой поверхности, не нарушающее служебных свойств детали и имеющее глубину большую, чем ожидаемая величина линейного износа. Определив расстояние от поверхности до дна углубления (служащего искусственной базой) до и после испытаний, по разнице глубины определяют износ. Преимущества метода искусственных баз заключается в том, что в данном случае определяется местный износ поверхности детали; отпадают погрешности метода микрометража, возможна высокая точность определения износа; возможно определение распределения износа по поверхности трения.

Метод искусственных баз в зависимости от способа нанесения углублений подразделяются на метод отпечатков; метод высверленных углублений; метод вырезанных лунок.

Метод отпечатков заключается в следующем. На испытываемой поверхности каким-либо индентором делается отпечаток известной формы. Материалом индентора преимущественно является алмаз, но может быть и твердый сплав и даже закаленная сталь.

Для исследований применяются алмазные инденторы в виде пирамиды с квадратным основанием и углом при вершине между противоположными гранями 136° (рис.1а). По длине диагонали отпечатка на испытываемой поверхности путем вычислений нетрудно определить расстояние от поверхности до дна отпечатка (рис.1б)

Отпечатки могут наноситься с помощью прибора для испытания на твердость по Виккерсу, на приборах ПМТ-2 и ПМТ-3 для испытаний на микротвердость, а также с помощью специальных приборов. Обычно размер диагонали отпечатка не превышает 1мм.

На точность определения величины диагонали значительно влияет вспучивание металла вокруг отпечатка при вдавливании пирамиды. В связи с этим перед первым замером диагонали отпечатка вспучивание сошлифовывается либо удаляется предварительной приработкой, исследуемой поверхности. Кроме того, применение метода отпечатков затруднено и в тех случаях, когда износ сопровождается пластическим деформированием поверхностного слоя. При этом края отпечатка заплывают и теряют отчетливую форму.

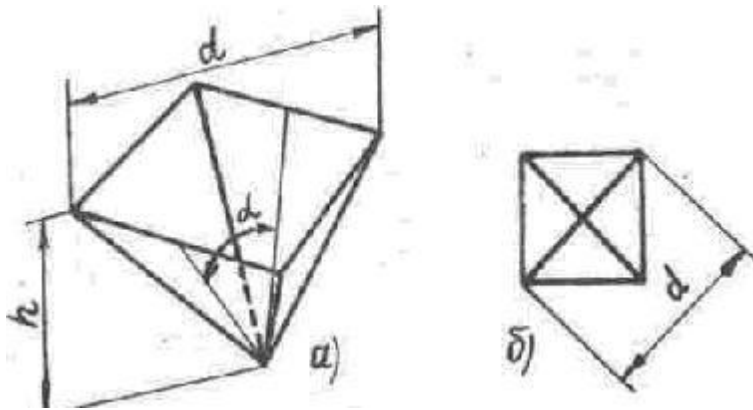


Рис.1.

Иногда применяется метод высверленных углублений. Этот метод аналогичен вышеописанному.

Определение износа методом вырезанных лунок заключается в том, что на исследуемой поверхности вращающимся резцом вырезается углубление (рис.2) определенной формы.

Зная радиус резца, и, измерив длину лунки, легко вычислить ее глубину. Дно углубления в этом случае является постоянной базой. Разность расстояний от исследуемой поверхности трения до дна лунки, определенных до начала и после испытания, представляет величину линейного износа. Длина лунки определяется с помощью микроскопа.

Точность измерения методом вырезанных лунок значительно выше, чем методом отпечатков, так как соотношение между глубиной лунки и длиной ее находится в пределах 1:50 - 1:80 вместо 1:7 при методе отпечатков. Для лунки, расположенной на плоской поверхности величина линейного износа определяется по формуле

$$\Delta h = 0,125(l_1^2 - l_2^2) \frac{1}{r} \quad (2)$$

#### МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ИЗНОСА В ПРОЦЕССЕ ИСПЫТАНИЯ БЕЗ ОСТАНОВКИ МАШИНЫ

Метод определения железа в масле используемый для оценки скорости изнашивания сводится к следующему. Смазочное масло, находящееся в картере машины, в результате износа чугунных или стальных поверхностей трения деталей постепенно обогащается железом. Определяя периодически при помощи анализа содержание железа во взятой пробе масла и учитывая общее содержание масла при взятии каждой пробы, его утечку, угар или добавление, устанавливают по времени суммарный приход железа. Если поверхностей трения несколько, то этот метод дает суммарный износ металла со всех поверхностей трения. Метод позволяет точно отмечать различие в содержании железа за малые периоды работы машины, например, при испытании автомобильного двигателя линия износа может строиться по периодам в 20 мин. Метод позволяет также определять содержание в масле других металлов – свинца, меди и т.д. Метод применим также к случаю износа малых поверхностей трения, например, лабораторных испытаний. Особенно выгодно применение этого метода для оценки зависимости износа цилиндропоршневой группы деталей двигателей внутреннего сгорания во время работы без разборки машины.

Метод определения износа при помощи радиоактивных изотопов основан на том, что в исследуемый образец вводят радиоактивный изотоп. В процессе изнашивания образец омывается смазкой, которая уносит продукты износа вместе с радиоактивными изотопами. Находящийся в масле радиоактивный изотоп, проходит через счетчик элементарных частиц, который измеряет нарастающую по мере износа радиоактивность смазки.

Для определения износа с помощью радиоактивных изотопов исследуемую деталь или образец необходимо активировать, т.е. ввести в нее определенный изотоп. В настоящее время наибольшее распространение получили следующие способы активирования детали:

1. Введением радиоактивных изотопов некоторых элементов в сплав при изготовлении детали;
2. Запрессованием в тело детали, нормально к ее поверхности трения, проволоки из материала, содержащего радиоактивный изотоп;
3. Специальным облучением детали.

При радиоактивном методе, чувствительность которого в сотни раз выше, чем у метода "железо в масле", возможно непрерывное наблюдение или запись хода изнашивания; данные об износе относятся не ко всем трущимся деталям, с которых продукты износа попадают в масло, а к одной излучаемой детали.

К недостаткам радиоактивного метода относятся:

- 1) необходимость специального изготовления или обработки деталей;
- 2) необходимость применения специальной аппаратуры;
- 3) необходимость особых мер предосторожности по охране труда.

Кроме описанных методов для измерения износа в процессе, работы машины могут также применяться методы, основанные на использовании пневматических, индуктивных, емкостных и других первичных преобразователей.

## ИНСТРУКЦИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ №2

### 1. Тема: *Выявление дефектов и составление ведомости дефектов*

Цель: Закрепить полученные знания по способам выявления дефектов, дефектации деталей и составлении ведомости дефектов

#### Ход работы :

1. Изучить теоретический материал
2. Выбрать задание по таблице в соответствии с вариантом
3. Дать подробное описание заданных способов выявления дефектов.
4. Заполнить ведомость дефектов в соответствии с задачей
5. Сделать вывод

Таблица 1 – Задание

Вариант	Способы выявления дефектов				
1	Внешний осмотр	Люминесцентный способ	Гидравлическое	Керосиновая проба	Ультразвуковой способ
2	Проверка твердости	Проверка на ощупь	Измерение.	Простукивание	Керосиновая проба
3	Керосиновая проба	Гидравлическое	Простукивание	Измерение.	Люминесцентный способ
4	Ультразвуковой способ	Люминесцентный способ	Магнитный способ	Керосиновая проба	Проверка твердости
5	Люминесцентный способ	Керосиновая проба	Проверка твердости	Ультразвуковой способ	Измерение.

#### Задача

При разборке станка выявлены следующие дефекты: изогнут винт подачи каретки, большой люфт на лимбе подачи, изношены направляющие бабки, сломана шестерня в коробке скоростей.

#### Теоретическая часть

Очищенные детали подвергают дефектации с целью оценки их технического состояния, выявления дефектов и установления возможности дальнейшего использования, необходимости ремонта или замены. При дефектации выявляют: износы рабочих поверхностей в виде изменений размеров и геометрической формы детали; наличие выкрошиваний, трещин, сколов, пробоин, царапин, рисок, задиров и т. п.; остаточные деформации в виде изгиба, скручивания, коробления; изменение физико-механических свойств в результате воздействия теплоты или среды.

Дефектацию промытых и просушенных деталей производят после их комплектования по узлам, которую необходимо выполнять аккуратно и внимательно. Каждую деталь сначала осматривают, затем соответствующим поверочным и измерительным инструментом проверяют ее размеры. В отдельных случаях проверяют взаимодействие данной детали с другими, сопряженными с ней.

Способы выявления дефектов:

1. Внешний осмотр. Позволяет определить значительную часть дефектов: пробоины, вмятины, явные трещины, сколы, выкрошивания в подшипниках и зубчатых колесах, коррозию и др.
2. Проверка на ощупь. Определяется износ и смятие резьбы на деталях, легкость проворота подшипников качения и цапф вала в подшипниках скольжения, легкость перемещения шестерен по шлицам вала, наличие и относительная величина зазоров сопряженных деталей, плотность неподвижных соединений и др.



3. Простукивание. Деталь легко остукивают мягким молотком или рукояткой молотка с целью обнаружения трещин, о наличии которых свидетельствует дребезжащий звук.
  4. Керосиновая проба. Проводится с целью обнаружения трещины и ее концов. Деталь либо погружают на 15—20 мин в керосин, либо предполагаемое дефектное место смазывают керосином. Затем тщательно протирают и покрывают мелом. Выступающий из трещины керосин - увлажнит мел и четко проявит границы трещины.
  5. Измерение. С помощью измерительных инструментов и средств определяется величина износа и зазора в сопряженных деталях, отклонение от заданного размера, погрешности формы и расположения поверхностей.
  6. Проверка твердости. По результатам замера твердости поверхности детали обнаруживаются изменения, произошедшие в материале детали в процессе ее эксплуатации.
  7. Гидравлическое (пневматическое) испытание. Служит для обнаружения трещин и раковин в корпусных деталях. С этой целью в корпусе заглушают все отверстия, кроме одного, через которое нагнетают жидкость под давлением 0,2— 0,3 МПа. Течь или запотевание стенок укажет на наличие трещины. Возможно также нагнетание воздуха в корпус, погруженный в воду. Наличие пузырьков воздуха укажет на имеющуюся неплотность.
  8. Магнитный способ. Основан на изменении величины и направления магнитного потока, проходящего через деталь, в местах с дефектами. Это изменение регистрируется нанесением на испытываемую деталь ферромагнитного порошка в сухом или взвешенном в керосине (трансформаторном масле) виде: порошок оседает по кромкам трещины. Способ используется для обнаружения скрытых трещин и раковин в стальных и чугунных деталях. Применяются стационарные и переносные (для крупных деталей) магнитные дефектоскопы.
  9. Ультразвуковой способ. Основан на свойстве ультразвуковых волн отражаться от границы двух сред (металла и пустоты в виде трещины, раковины, непровара). Импульс, отраженный от дефектной полости, регистрируется на экране установки, определяя место дефекта и его размеры. Применяется ряд моделей ультразвуковых дефектоскопов.
  10. Люминесцентный способ. Основан на свойстве некоторых веществ светиться в ультрафиолетовых лучах. На поверхность детали кисточкой или погружением в ванну наносят флюоресцирующий раствор. Через 10—15 мин поверхность протирают, просушивают сжатым воздухом и наносят на нее тонкий слой порошка (углекислого магния, талька, силикагеля), впитывающего жидкость из трещин или пор. После этого деталь осматривают в затемненном помещении в ультрафиолетовых лучах. Свечение люминофора укажет расположение трещины. Используются стационарные и переносные дефектоскопы. Способ применяется в основном для деталей из цветных металлов и неметаллических материалов, так как их контроль другим способом невозможен.
- В ведомости дефектов подробно перечисляются дефекты станка в целом, каждого узла в отдельности и каждой детали, подлежащей восстановлению и упрочнению. Правильно составленная и достаточно подробная ведомость дефектов является существенным дополнением к технологическим процессам ремонта.
- Дефектацию промытых и просушенных деталей производят после их комплектования по узлам. Эта операция требует большого внимания. Каждую деталь сначала осматривают, затем соответствующим поверочным и измерительным инструментом проверяют его размеры. В отдельных случаях проверяют взаимодействие данной детали с другими, сопряженными с ней.
- В ведомости дефектов подробно перечисляются дефекты оборудования в целом, каждого узла в отдельности и каждой детали, подлежащей восстановлению и упрочнению.
- При дефектации важно знать и уметь назначать величины предельных износов для различных деталей оборудования.



При разборке подлежащего ремонту оборудования на узлы и детали производятся контроль и сортировка его деталей на следующие группы:

- 1) годные для дальнейшей эксплуатации;
- 2) требующие ремонта или восстановления;
- 3) негодные, подлежащие замене.

Годные не имеющие повреждений, влияющих на их работу в оборудовании, сохранившие свои первоначальные размеры или имеющие износ в пределах поля допуска по чертежу.

Требующие ремонта имеющие износ или повреждения, устранение которых технически возможно и экономически целесообразно. Ремонту подвергают трудоемкие в изготовлении детали, восстановление которых обходится значительно дешевле вновь изготавливаемых. Ремонтируемая деталь должна обладать значительным запасом прочности, позволяющим восстанавливать или заменять размеры сопрягаемых поверхностей (по системе ремонтных размеров), не снижая (а в ряде случаев повышая) их долговечность, сохраняя или улучшая эксплуатационные качества узла и агрегата в целом. Негодные подлежащие замене, имеющие износ и повреждения, устранение которых либо невозможно по техническим причинам, либо экономически нецелесообразно.

Детали подлежащие замене, если уменьшение их размеров в результате износа нарушает нормальную работу механизма или вызывает дальнейший интенсивный износ, который приводит к выходу механизма из строя.

При ремонте оборудования замене подлежат детали с предельным износом, а также с износом больше допустимого, если они по расчету не дослужат до очередного ремонта. Расчет срока службы деталей производится с учетом предельного износа интенсивности их изнашивания в фактических условиях эксплуатации.

С целью повышения качества дефектации, сокращения времени на составление ведомости на ремонт рационально пользоваться заготовленными типовыми ведомостями дефектов. Эти ведомости отличаются от известных тем, что в них внесены все изнашиваемые детали станка определенной модели, определены различные возможные виды дефектов деталей и узлов и перечислены операции или даны краткие описания конкретных работ, подлежащих выполнению при ремонте.

Готовая ведомость на ремонт резко упрощает процесс дефектации, сокращает время на ее оформление, при этом сохраняются порядковые номера пунктов ведомости и деталей, что позволяет производить маркировку последних до их разбраковки, уменьшаются ошибки при решении метода ремонта.

Таким образом, процесс дефектации в основном сводится к сверке ремонтируемых деталей с типовой ведомостью дефектов, в которой подчеркивают соответствующий порядковый номер, операцию, группу операций и ремонтных работ. Когда (в редких случаях) в ведомости отсутствует нужная деталь или не предусмотрен возможный дефект, тогда делают соответствующую дополнительную запись.

После составления ведомости дефектов начинается ее конструкторская проработка и выдача чертежей для проведения капитального или среднего ремонта и изготовления деталей, оформляется технологическая документация. Эта ведомость является исходным техническим и финансовым документом, по которому контролируют ход изготовления, ремонта, сборки и сдачи станка после ремонта.

## ИНСТРУКЦИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ №3

### 1.Тема: Составление план-графика ППР оборудования.

**Цель:** научиться рассчитывать периодичность работ по плановому ТО и ремонту.  
Составлять годовой план – график ППР оборудования.

#### Ход работы :

1. Выбрать номер оборудование по варианту(см. в приложении 1)
2. Вносим в пустую форму графика ППР наше оборудование.
3. На этом этапе определяем нормативы ресурса между ремонтами и простоя:
4. Смотрим приложение №1 «Нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости ремонта» выбираем значения периодичности ремонта и простоя при капитальном и текущем ремонтах, и записываем их в свой график.
5. Для выбранного оборудования нам необходимо определиться с количеством и видом ремонтов в предстоящем году. Для этого нам необходимо определить количество отработанных часов оборудования ( расчет условно ведется с января месяца) ( см. приложение 2)
6. 4. Определяем годовой простой в ремонте
7. В графе годового фонда рабочего времени указываем количество часов, которое данное оборудование будет находиться в работе за вычетом простоев в ремонте.
8. Сделать вывод

Таблица 1 – Задание

Вариант	Номер оборудования				
1	1	6	10	13	15
2	16	2	7	11	14
3	20	17	3	8	12
4	23	21	18	4	9
5	25	24	22	19	5

#### Теоретическая часть

**Планово-предупредительный ремонт (ППР)** – это комплекс организационно-технических мероприятий по надзору, уходу и всем видам ремонта, которые проводятся периодически по заранее составленному плану.

Благодаря этому предупреждается преждевременный износ оборудования, устраняются и предупреждаются аварии, системы противопожарной защиты поддерживаются в постоянной эксплуатационной готовности.

Система планово-предупредительного ремонта включает в себя следующие виды технического ремонта и обслуживания:

- еженедельное техническое обслуживание,
- ежемесячный текущий ремонт,
- ежегодный планово-предупредительный ремонт,

Ежегодный планово-предупредительный ремонт проводится в соответствии с годовым план-графиком ППР оборудования.

#### Составление графика ППР

Годовой график планово-предупредительного ремонта, на основе которого, определяется потребность в ремонтном персонале, в материалах, запасных частях, комплектующих изделиях. В него включается каждая единица, подлежащая капитальному и текущему ремонту.

Для составления годового графика планово-предупредительного ремонта (графика ППР) нам понадобятся нормативы периодичности ремонта оборудования. Эти данные можно найти в паспортных данных завода-изготовителя, если завод это специально

регламентирует, либо использовать справочник «Система технического обслуживания и ремонта».

Имеется некоторое количество оборудования. Все это оборудование необходимо внести в график ППР.

В графе 1 указывается наименование оборудования, как правило, краткая и понятная информация об оборудовании.

В графе 2 – кол-во оборудования

В графе 3-4 – указываются нормативы ресурса между капитальными ремонтами и текущими.(см приложение 2)

Графах 5-6 – трудоемкость одного ремонта ( см табл 2 приложение 3) на основании ведомости дефектов.

В графах 7-8 – указываются даты последних капитальных и текущих ремонтов (условно принимаем январь месяц текущего года)

В графах 9-20 каждая из которых соответствует одному месяцу, условным обозначением указывают вид планируемого ремонта: К – капитальный, Т – текущий.

В графах 21 и 22 соответственно записываются годовой простой оборудования в ремонте и годовой фонд рабочего времени.

Приложение 1

## НОРМАТИВЫ ПЕРИОДИЧНОСТИ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ И ТРУДОЕМКОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

№ п/п	Наименование оборудования	Нормативы ресурса между ремонтами		Время простоя оборудования	
		Т	К	Т	К
1	2	3	4	5	6
1	Кран мостовой Q=3.2т	6000	24000	16	32
2	Токарно - винторезный станок 1М63	6720	40320	8	40
3	Токарно - винторезный станок 16К20	6720	40320	8	40
4	Наждак	12500	37500	2	4
5	Машина листогибочная ИВ 2144	3000	9000	2	6
6	Пресс ножницы комбинированные НБ 5221Б	3500	10500	4	8
7	Зигмашина ИВ 2716	20000	40000	1	2
8	Ножницы кривошипные НЗ118	1500	6000	4	8
9	Трансформатор сварочный	1200	2400	16	32
10	Машина листогибочная трехволковая ИБ 2216	4000	12000	16	32
11	Отделочно-расточной вертикальный станок 2733П	2800	11200	4	8
12	Зигмашина ВМ С76В	20000	40000	1	2
13	Трансформатор сварочный ТДМ 401-У2	1200	2400	16	32



1	Кран мостовой Q=3.2т	28	32	37	29	34	28	35	27	36	30	28	32
2	Токарно - винторезный станок 1М63	128	157	161	168	152	165	158	160	162	155	164	165
3	Токарно - винторезный станок 16К20	128	157	165	168	152	165	158	160	162	155	164	165
4	Наждак	35	38	50	57	44	56	48	45	40	35	44	48
5	Машина листогибочная ИВ 2144	68	70	84	80	70	80	75	82	68	74	78	76
6	Пресс ножницы комбинированные НБ 5221Б	95	90	109	115	90	120	105	98	110	96	103	96
7	Зигмашина ИВ 2716	58	60	62	64	60	50	59	65	63	54	66	63
8	Ножницы кривошипные НЗ118	8	10	6	4	10	7	8	5	6	4	3	8
9	Трансформатор сварочный	120	125	140	140	125	120	130	140	135	123	125	120
10	Машина листогибочная трехволковая ИВ 2216	68	70	84	80	70	80	75	78	82	76	80	74

11	Отделочно-расточной вертикальный станок 2733П	28	30	32	34	32	30	28	32	30	32	28	31
12	Зигмашина ВМ С76В	39	48	38	52	56	35	33	44	28	27	35	42
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13	Трансформатор сварочный ТДМ 401-У2	110	120	140	120	140	130	125	135	140	120	130	125
14	Выпрямитель для дуговой сварки ВДУ - 506С	155	160	168	162	168	180	182	170	174	182	180	160
15	Кран мостовой Q=1т	10	15	14	15	12	13	15	12	14	10	9	12
16	Вертикально - фрезерный станок 6М13П	120	125	161	168	152	165	158	160	162	158	164	165
17	Выпрямитель для дуговой сварки ВДУ - 506С	155	160	168	162	168	180	182	170	174	182	180	160
18	Вертикально - сверлильный станок ГС2112	68	77	75	67	72	65	70	74	85	98	68	35

19	Вертикально-фрезерный станок 6М13П	120	125	161	168	152	165	158	160	162	158	164	165
20	Полуавтомат сварочный	142	140	164	164	142	164	160	154	162	148	166	160
21	Кран мостовой Q=3.2т	28	32	37	29	34	28	35	27	36	30	28	32
22	Токарно - винторезный станок 1М63	128	157	161	168	152	165	158	160	162	155	164	165
23	Токарно - винторезный станок 16К20	128	157	165	168	152	165	158	160	162	155	164	165
24	Наждак	35	38	50	57	44	56	48	45	40	35	44	48
25	Вертикально - фрезерный станок 6М13П	120	125	161	168	152	165	158	160	162	158	164	165

Приложение 3



### Трудоемкости ремонта и полного планового осмотра

Виды работ	Наименование работ	Капитальный ремонт	Текущий ремонт	Осмотр	Осмотр перед капитальным ремонтом	
		Норма времени на единицу ремонтосложности, ч				
При ремонте механической части	Станочные	Изготовление заменяемых деталей	10,7	2,0	0,1	0,1
		Восстановление деталей	3,0	—	—	—
		Пригонка при сборке	0,3	—	—	—
		Итого	14,0	2,0	0,1	0,1
	Слесарные и др.	На изготовление заменяемых деталей	1,1	0,2	—	—
		На восстановление деталей	0,8	—	—	—

Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Самарской области  
«Чапаевский химико-технологический техникум»

Отчет защищен с оценкой \_\_\_\_\_

**Преподаватель:**

\_\_\_\_\_  
Подпись                      Фамилия, инициалы  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ - г.

**ОТЧЕТ  
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ**

**ПР** \_\_\_\_\_  
(Обозначение документа)

**ПМ01 МДК0102** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Разработал:**

\_\_\_\_\_  
Подпись                      Фамилия, инициалы  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

20\_\_



Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Самарской области  
«Чапаевский химико-технологический техникум»

УТВЕРЖДАЮ  
И.о.Директора ГБПОУ «ЧХТТ»  
\_\_\_\_\_ Е.В. Первухина  
«12» января 2016 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
**«Процессы формообразования и инструменты»**

для студентов очного обучения

по специальности: 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного  
оборудования в химической промышленности

СОГЛАСОВАНО  
Предметной методической комиссией  
механических дисциплин  
Протокол № 6  
«11» января 2016 г.

Председатель \_\_\_\_\_ *Л.И.Карпова*

Составитель: *В.Л. Велигорская, преподаватель ГБПОУ «ЧХТТ»*

**Эксперты:**

Внутренняя экспертиза

Техническая экспертиза: *Л.И. Карпова, Председатель ПЦК механических дисциплин ГБПОУ «ЧХТТ»*

Внешняя экспертиза:

Содержательная экспертиза: *Е.В. Первухина. Зам. директора по УР ГБПОУ «ЧХТТ»*

Методические указания по выполнению практических работ учебной дисциплины «Процессы формообразования и инструменты» предназначен для закрепления и углубления теоретических знаний студентов и оценки результатов освоения программы учебной дисциплины «Процессы формообразования и инструменты» по специальности 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования в химической промышленности базовый уровень.

## **Пояснительная записка**

Методические указания по выполнению практических работ учебной дисциплины «Процессы формообразования и инструменты» разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования в химической промышленности (базовый уровень).

Программой дисциплины «Процессы формообразования и инструменты» предусмотрено изучение выбора исходных материалов для готовой продукции по её назначению и условиям эксплуатации; составление маршрута обработки отдельных поверхностей детали; определение припуска на обработку; режимов обработки; работа с нормативными документами с целью обеспечения требуемых характеристик изделия.

Преподавание дисциплины направлено и проводится в тесной взаимосвязи с общепрофессиональными и специальными дисциплинами.

Принцип постоянной связи теории с практикой получает непосредственное осуществление на практических занятиях. Они активизируют познавательную деятельность студентов, так как требуют личного участия в проведении различного рода исследований и анализов, студенты получают необходимые знания, умения и навыки по расчетам припуска, режимов резания.

Практические работы дисциплины «Процессы формообразования и инструменты» проводятся параллельно с изучением теоретического материала. Рабочей программой предусмотрено 40 часов практических занятий.

Каждая работа содержит: номер и название работы, её цель, основные теоретические сведения, используемое оборудование, пояснения к работе, задания, оформление отчета.

### ***Цели и задачи практических занятий***

Основная задача практических занятий – закрепление и углубление теоретических знаний студентов.

#### **Основная цель практических работ:**

1. Проверить уровень понимания вопросов, пройденных на уроках теоретического обучения;

2. Проверить расчетные навыки, необходимые для работы на производстве.

В процессе выполнения работы студент должен:

- а) Стремиться к самостоятельности в решении всех вопросов;
- б) Показать способность правильного применения теоретических положений и практических методов расчета;
- в) Организовать свою работу так, чтобы с наименьшей затратой времени и труда найти наилучшее техническое решение.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

- Вы правильно выполнили все (100%) задания. Работа оформлена чисто, без исправлений - 5(отлично).
- Вы смогли выполнить (80 %) . Работа оформлена аккуратно - 4 (хорошо).
- Вы смогли выполнить (70 %) . Работа оформлена аккуратно - 3 (удовлетворительно).
- Половина заданий не выполнено (50%) или у Вас вызвала затруднения - 2 (неудовлетворительно)

## Практическая работа № 1

### Тема: Описание разработки чертежа опоки литниковой системы

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

По чертежу детали разработать технологию изготовления отливки в песчано-глинистой форме.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Наиболее широкое распространение для изготовления отливок получили песчано-глинистые литейные формы. Это объясняется их универсальностью по конфигурациям отливок, видам применяемых сплавов, масштабам производства. Полость литейной формы образуется отпечатком модели в формовочной смеси. Внутренняя поверхность отливки образуется с помощью стержней, устанавливаемых в форму. Между внутренней полостью формы и поверхностью стержня образуется пространство, в которое заливают жидкий металл, после затвердевания образующий отливку. Для поступления металла в полость формы служат специальные каналы - литниковая система.

Для облегчения извлечения модели при изготовлении литейной формы вертикальные стенки модели выполняют с уклонами. Разработка технологий получения отливки состоит из следующих основных этапов: 1) разработка литейного чертежа отливки; 2) определение внешнего контура и размеров стержня; 3) выбор конструкции и размеров стержня; 4) Основные виды дефектов отливок

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

##### 1 Разработка литейного чертежа отливки

Рассмотрим последовательность разработки литейного чертежа на двух примерах (рис. 1 и 2).

##### *1.1 Выбор положения отливки при заливке и выбор плоскости разъема.*

Разработку технологий литейной формы для получения отливки начинают с выбора плоскости разъема модели, формы и положения отливки в форме.

Плоскости разъема модели и формы выбирают с учетом конфигурации детали, особенно таких элементов, которые могут препятствовать свободному извлечению модели из полуформы. Положение плоскости разъема модели и формы указывают на чертеже: рядом с проекцией детали проводят сплошную толстую линию с буквенным обозначением **МФ** (разъем модели, формы) (рис. 3 и 4).

Положение отливки в форме показывают стрелками и обозначают буквами **В** (верх) и **Н** (низ) (рис. 3 и 4).



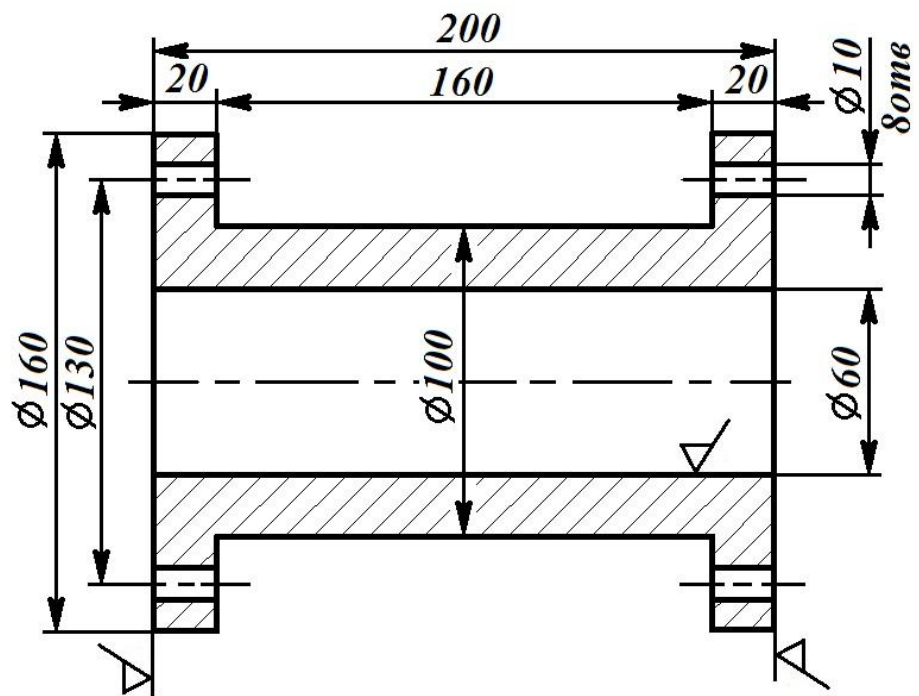


Рис. 1. Втулка стальная

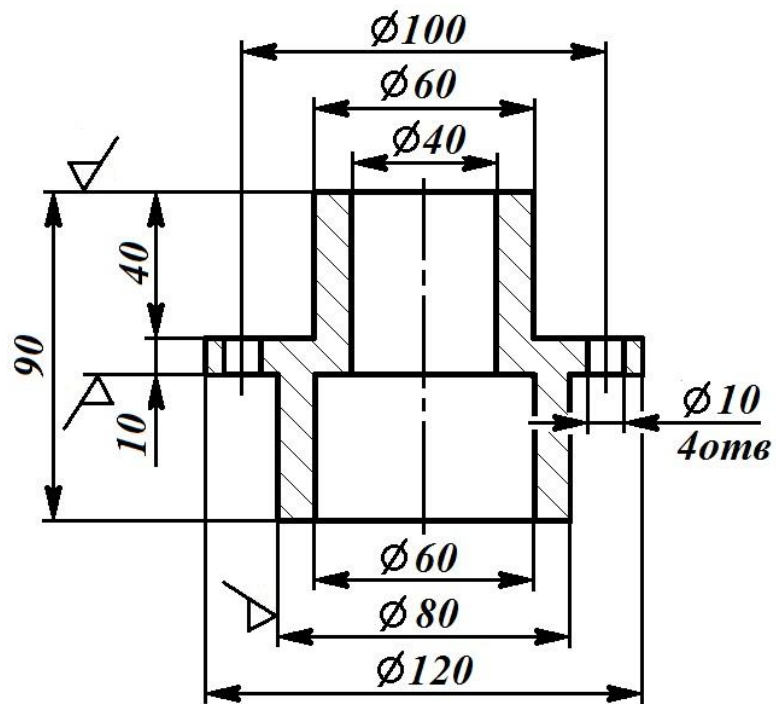


Рис. 2. Фланец чугунный



## Припуски на механическую обработку отливок

Габаритный размер, мм	Положение при заливке	Величина припуска $c$ , мм для отливок из		
		чугуна	стали	цветных сплавов
до 120	верх	2,5	3,5	3
	низ, бок	2	3	2
121-260	верх	3	5	4
	низ, бок	2,5	3,5	3
261-500	верх	4	6	5
	низ, бок	3,5	4	4
501-800	верх	5,5	7	6
	низ, бок	4,5	5	5

Припуск  $c$  на механическую обработку на чертеже обозначают красным карандашом или крестообразной штриховкой (рис. 5).

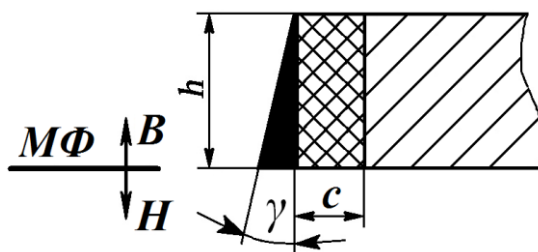


Рис. 5. Схема определения формовочных уклонов и припусков

Мелкие отверстия в отливке (диаметром менее 20 мм), небольшие выемки и пазы при литье можно не предусматривать, поэтому они на чертеже обозначаются штриховкой и при изготовлении модели не учитываются.

В соответствии с табл. 1 величины припусков составят:

- для втулки стальной (рис. 1 и 3) - по 3,5 мм на боковые поверхности диаметром 160 мм и 3,5 мм на отверстие диаметром 60 мм;
- для фланца чугунного (рис. 2 и 4) - 2 мм на боковую поверхность диаметром 80 мм, 2,5 мм на верхний торец диаметром 60 мм и 2 мм на нижнюю поверхность центрального пояса диаметром 120 мм.

**1.3 Формовочные уклоны** выполняют на вертикальных стенках моделей, на углублениях и выступах элементов модельного комплекта для удобства извлечения моделей (стержней) из формы (стержневого ящика) без нарушения целостности. Уклоны выполняют как на поверхностях не подвергаемых механической обработке, так и сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рис. 5, 3 и 4).

Величина литейных уклонов  $\gamma$  зависит от способа изготовления отливки, материала модели и высоты боковой поверхности (табл. 2).

Величина литейных уклонов  $\gamma$  по ГОСТ 3212-95

Высота боковой	Угол уклона $\gamma$ для модели
----------------	---------------------------------

поверхности, мм	деревянной	металлической или пластмассовой
до 20	3°	1°30'
21 - 50	1°30'	1°
51 – 100	1°	0°45'
101 – 200	0°45'	0°30'
201 - 300	0°30'	0°30'
301 - 800	0°30'	0°20'

Углы наклона  $\gamma$  наносят на литейный чертеж детали, указывают в градусах и закрашивают на чертежах черным цветом (рис. 5).

Модель изготавливаем деревянную:

а) для стальной втулки при высоте наружной боковой поверхности 80мм (отсчет от плоскости разъема)  $\gamma = 1^\circ$ , высота внутренней боковой поверхности составляет 30 мм, поэтому  $\gamma = 1^\circ 30'$ ;

б) для фланца чугуна литейный уклон верхней и нижней боковой поверхностей высотой 40 мм составит  $\gamma = 1^\circ 30'$ , литейный уклон центрального пояса высотой 10 мм составит  $\gamma = 3^\circ$ .

**1.4 Галтели** (скругления внутренних углов) назначают для получения плавного перехода в сопрягаемых стенках. Они предупреждают осыпание формовочной смеси при извлечении модели и способствуют предупреждению дополнительных напряжений в отливке.

Радиус галтели  $R$  рассчитывают по соотношению:

$$R = \left( \frac{a + b}{2} \right) \cdot c$$

где  $a$  и  $b$  - толщина сопрягаемых стенок отливки;

$c$  – коэффициент, принимаемый равным  $c=1/3$  при  $(a+b)/2 < 50$  мм, и  $c=1/5$  при  $(a+b)/2 > 50$ .

Для наших примеров, радиусы галтелей равны:

а) для втулки стальной  $R = \frac{(20 + 3,5) + (20 + 3,5)}{2} \cdot \frac{1}{3} \approx 8 \text{ мм}$

б) для фланца чугуна  $R = \frac{(10 + 2) + (10 + 2,5)}{2} \cdot \frac{1}{3} \approx 4 \text{ мм}$

## 2 Определение внешнего контура и размеров стержня

Внутренние полости в отливках получают с помощью стержней (рис. 3 и 4). В зависимости от положения в литейной форме стержни бывают горизонтальные (рис. 3 и 6, а) и вертикальные (рис. 4 и 6, б).

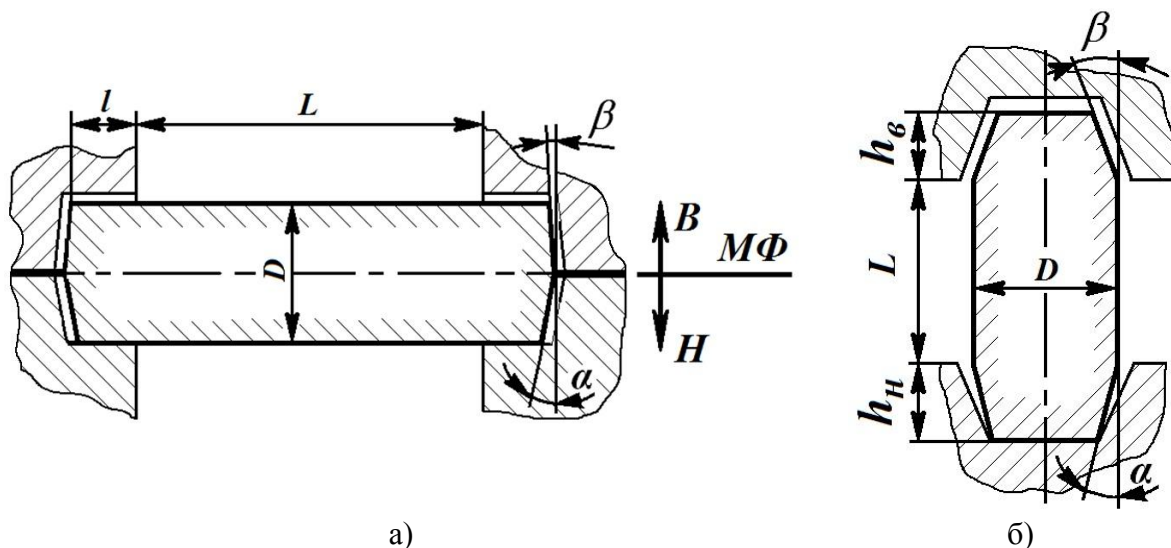


Рис. 6. Знаковые части стержня и их размеры:  
а) горизонтальный стержень; б) вертикальный стержень

У стержней имеется знаковая часть, которая служит для установки и точной фиксации стержня в полости литейной формы. В литейной форме имеются специальные углубления, образуемые стержневыми знаками модели (рис. 6).

Конфигурацию знаковых частей стержня и их размеры определяют в соответствии с ГОСТ 3212 - 92. Знаки горизонтальных стержней выполняют цилиндрическими (рис. 6, а и табл. 4), знаки вертикальных стержней - коническими (рис. 6, табл. 5).

Высоту верхних стержневых знаков  $h_B$  вертикальных стержней выбирают в зависимости от высоты нижних знаков  $h_H$  в соответствии с рядом:

$h_H, \text{мм}$	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$h_B, \text{мм}$	15	15	20	20	25	30	35	40	50	55	60	65	70

Таблица 4

Длина горизонтальных знаков

$D, \text{мм}$	Длина знака $l$ , мм (не более) при длине стержня $L$ (см. рис. 6, а)					
	<50	50-150	150-300	300-500	500-700	>700
$\leq 25$	15	25	40	-	-	-
26 - 50	20	30	45	60	-	-
51 - 100	25	35	50	70	90	110
101 - 200	30	40	55	80	100	120
201 - 300	-	50	60	90	110	130

Таблица 5

### Высота нижних вертикальных знаков

$D$ , мм	Высота знака $h_H$ , мм (не более) при длине стержня $L$ (см. рис. 6, б)					
	<50	50-150	150-300	300-500	500-700	>700
$\leq 25$	20	25	-	-	-	-
26 - 50	20	40	60	70	-	-
51 - 100	25	35	50	70	100	120
101 - 200	30	30	40	60	90	110
201 - 300	35	35	40	50	80	100

С целью облегчения сборки формы и повышения ее точности стержневые знаки делают с уклонами (рис. 6, табл. 6).

Таблица 6

### Уклоны стержневых знаков

Высота знака $h_H$ или $h_B$ , мм или длина знака $l$ , мм	Уклон $\alpha$ или $\beta$ , град. (рис. 6) для знаков			
	вертикальных		горизонтальных	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
$\leq 20$	10°	15°	10°	3°
21 - 50	7°	10°	7°	1°30'
51 - 100	6°	8°	6°	1°
101 - 200	5°	6°	5°	0°45'

Знаковые части стержня, выступающие за контуры отливки, показывают сплошной линией на чертеже. Сам стержень вместе со знаковыми частями обозначают каймой штриховки по всему контуру (рис. 3, 4 и 6).

Для наших примеров:

а) для втулки стальной при длине стержня  $L=200$  мм и диаметре  $D=53$  мм длина знака  $l=50$  мм (табл. 4);

уклоны стержневых знаков при длине горизонтального знака  $l=50$  мм назначаем  $\alpha=7^\circ$ ,  $\beta=1^\circ 30'$  (табл. 6).

б) для фланца чугунного при общей длине стержня  $L=200$  мм и диаметре нижней части стержня  $D=60$  мм высота нижнего вертикального знака  $h_H=35$  мм (табл. 5), высота верхнего знака  $h_B=20$  мм;

при высоте  $h_H=35$  мм назначаем уклоны вертикального нижнего знака  $\alpha=7^\circ$ , при высоте  $h_B=20$  мм назначаем уклоны вертикального верхнего знака  $\beta=15^\circ$  (табл. 6).

### 3 Определение конструкции и размеров модели

По литейным чертежам (рис. 3 и 4) изготавливают модели. Размеры моделей должны быть больше размеров отливок на величину линейной усадки сплава, из которого изготавливают отливки. Припуски на усадку зависят от материала сплава и выражаются в процентах (табл. 3).

Таблица 3

#### Линейная усадка

Сплав	Линейная усадка
Чугун серый	0,5 - 1,0
Сталь углеродистая	1,5 - 2,2
Медные сплавы	1,0 - 1,8
Алюминиевые и магниевые сплавы	0,75 - 1,2

При изготовлении модельных комплектов, размеры их увеличивают на величину линейной усадки. Эскизы моделей для наших примеров приведены на рис. 7 и 8.

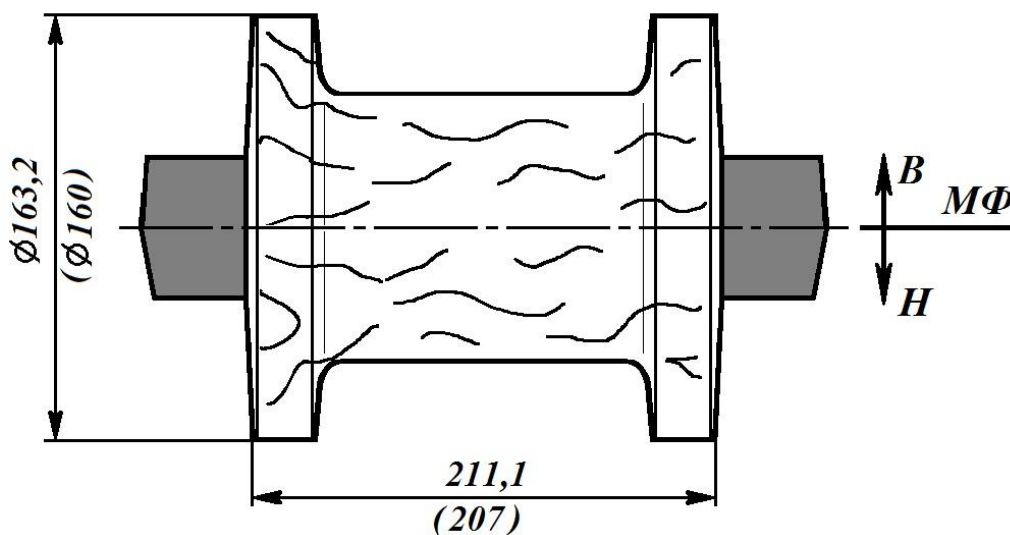


Рис. 7. Эскиз модели стальной втулки

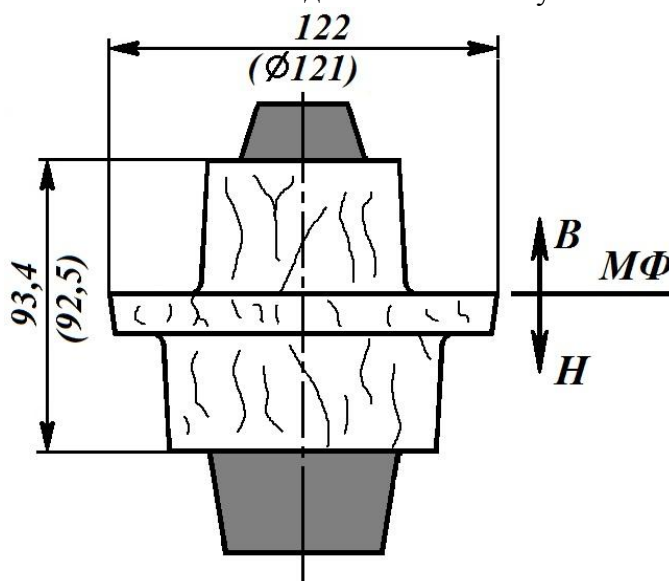


Рис. 8. Эскиз модели чугунного фланца

Модели для формовки чугунных отливок окрашивают в красный цвет, стальных - в синий, цветных сплавов - в желтый. Знаки всех моделей в черный цвет.

#### 4 Основные виды дефектов отливок

6.1. **Газовые раковины** образуются при повышенной влажности формовочной смеси, из-за недостаточной газопроницаемости формы и стержней, а также при высокой температуре заливаемого металла.

6.2. **Песчаные раковины** – полости в теле отливки, частично или целиком заполненные формовочной смесью. Образуются в результате обвалов отдельных частей формы при недостаточной прочности формовочной смеси и при небрежной сборке формы.

6.3. **Шлаковые раковины** - открытые или закрытые полости в теле отливки, заполненные шлаком. Образуются при попадании шлака в форму вследствие неправильного устройства литниковой системы или в результате небрежной заливки.

6.4. **Усадочные раковины** - открытые или закрытые полости в теле отливки, имеющие рваную внутреннюю поверхность. Образуются в утолщенных местах отливки из-за недостаточного питания, а также при слишком высокой температуре заливки металла.

6.5. **Холодные трещины** - разрывы тела отливки, они отличаются значительной длиной и небольшой шириной. Причина их появления - усадка металла, механические повреждения при выбивке формы, а также при очистке и обрубке литья.

6.6. **Горячие трещины** - разрывы тела отливок, они характеризуются значительной шириной и небольшой протяженностью. Возникают при высоких температурах в момент начала кристаллизации в местах резких переходов сечения, имеют темную окисленную поверхность. Причина образования горячих трещин - недостаточная податливость отдельных частей литейной формы и стержня.

6.7. **Заливы** - непредусмотренные чертежом выступы на отливке на месте разъема формы и вдоль стержневых знаков. Образуются они в результате недостаточного прижима полуформ друг к другу.

6.8. **Перекося** в отливках образуется в результате смещения полуформ относительно друг друга.

## Практическое занятие № 2.

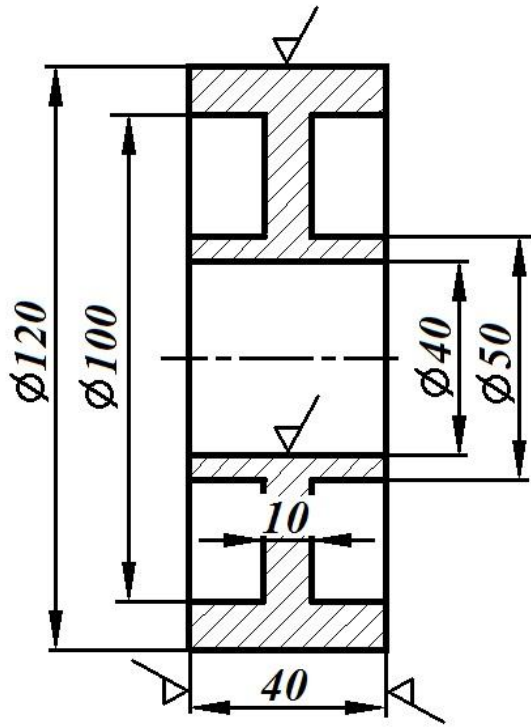
**Тема: Описание разработки технологии получения отливок в песчано-глинистых формах**

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

По чертежу детали разработать технологию изготовления отливки в песчано-глинистой форме (варианты заданий выдает преподаватель по приложению 1).

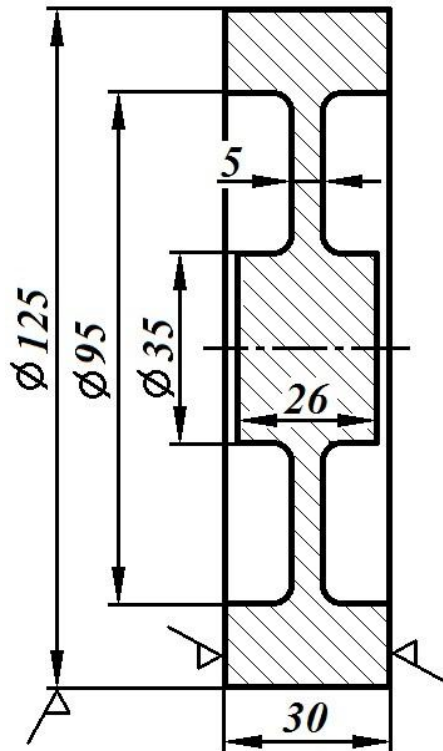


ЗАДАНИЯ К РАБОТЕ



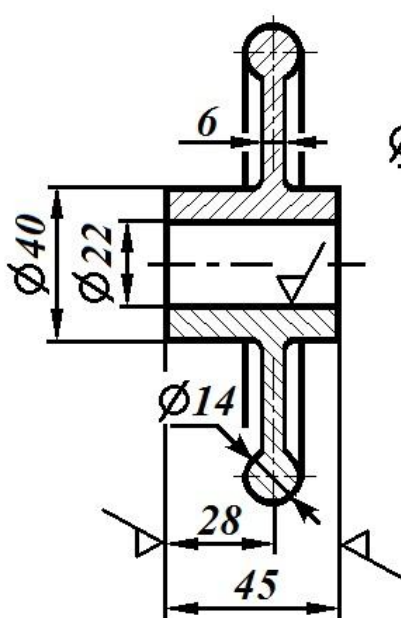
Вариант № 1  
Наим.: Ступица

Материал:  
сталь 35Л



Вариант № 2  
Наим.: Шкив

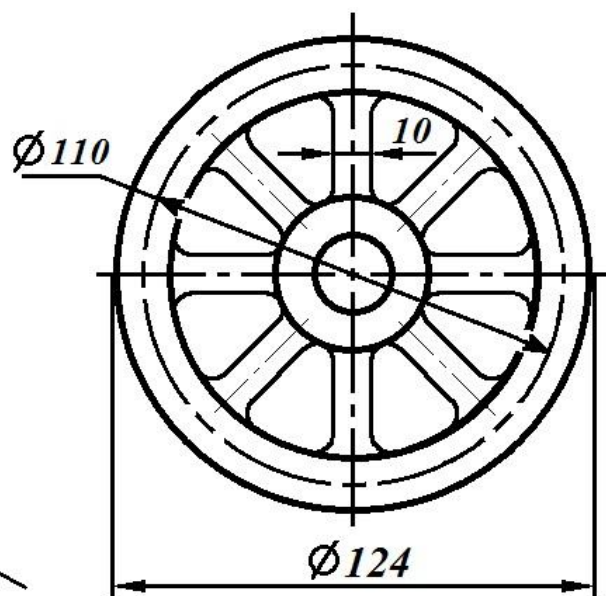
Материал:  
Ал4

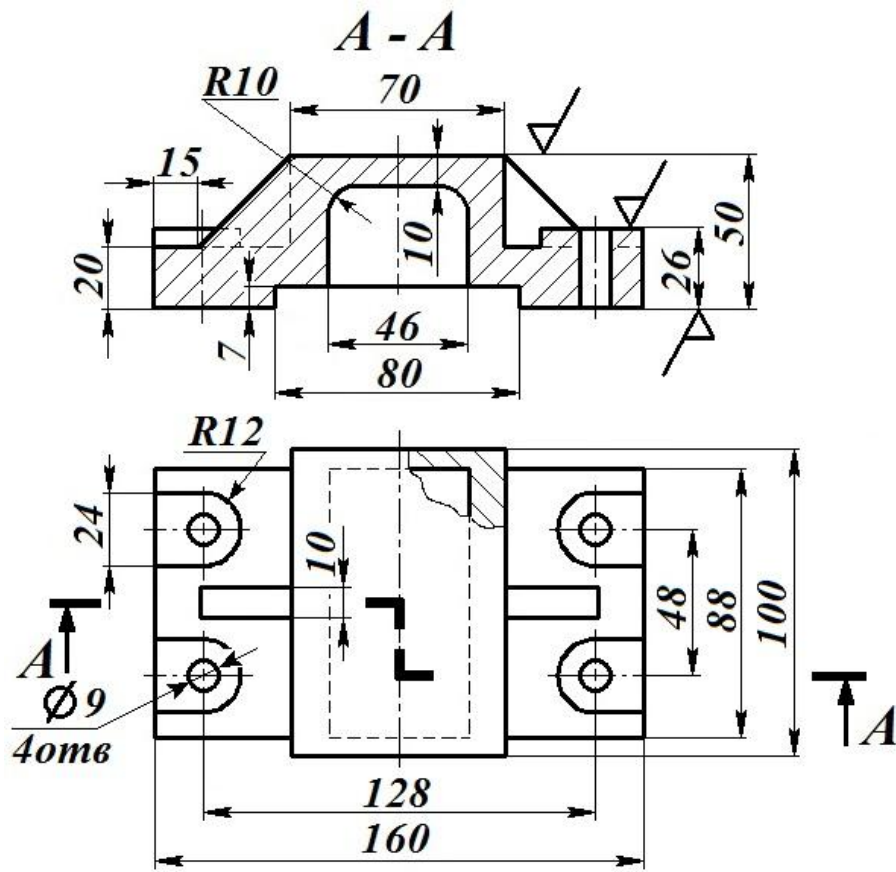


Вариант № 3

Наим.: Штурвал

Материал: Ал9

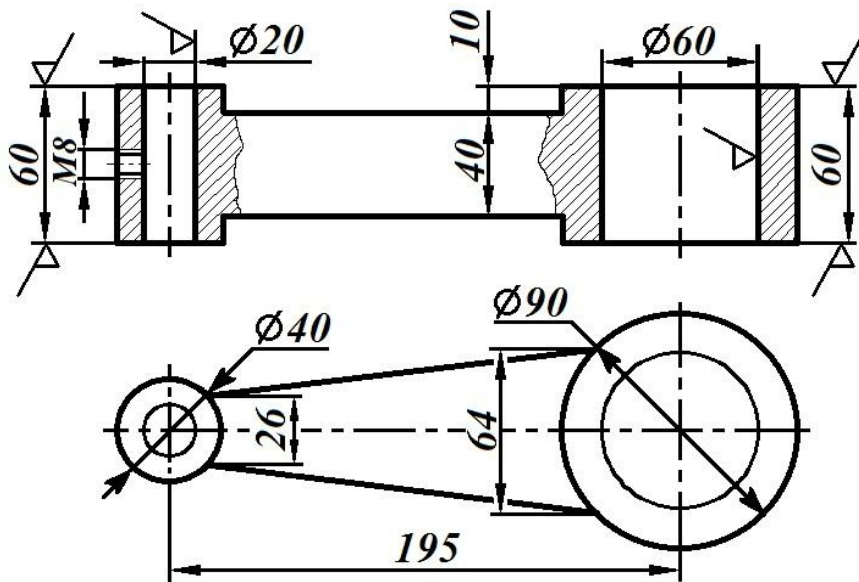




Вариант № 4

Наим.: Корпус

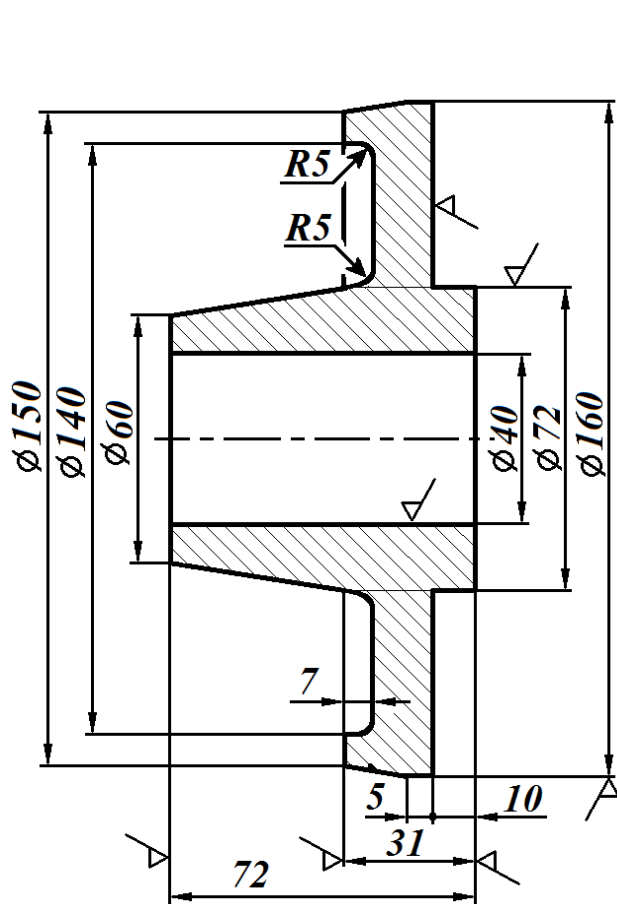
Материал: Ал9



Вариант № 5

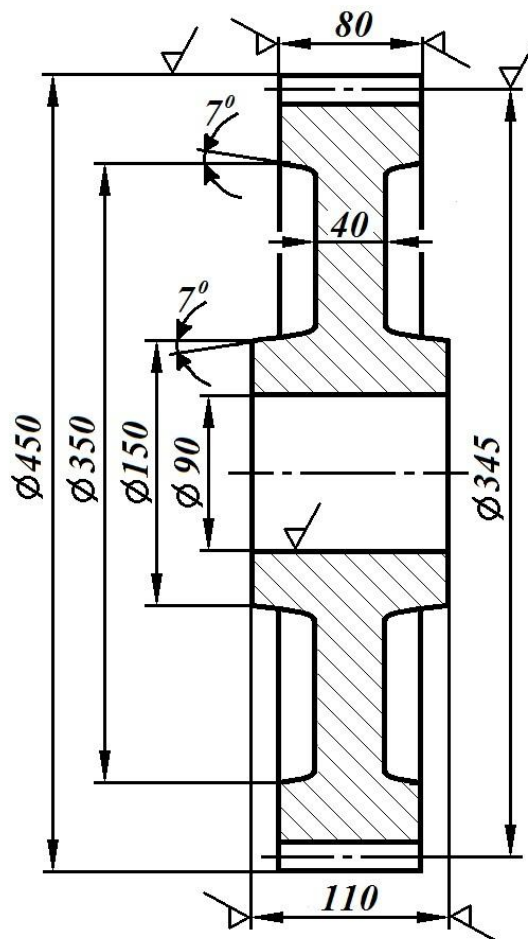
Наим.: Серьга

Материал: сталь 30Л



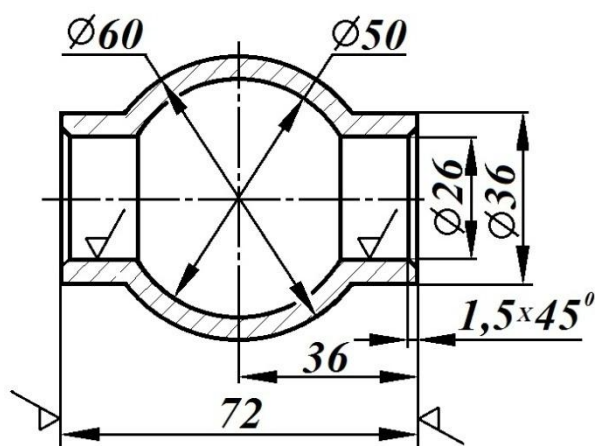
Вариант № 6  
Наим.: Фланец

Материал: сталь 25Л



Вариант № 7  
Наим.: Зубчатое колесо

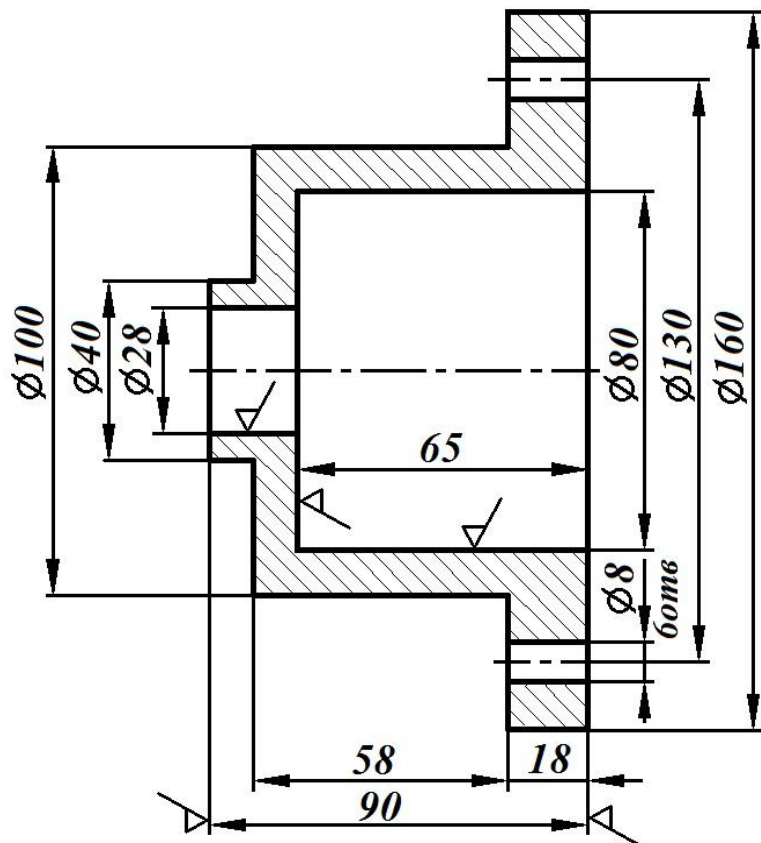
Материал: сталь 35Л



Вариант № 8

Наим.: Корпус

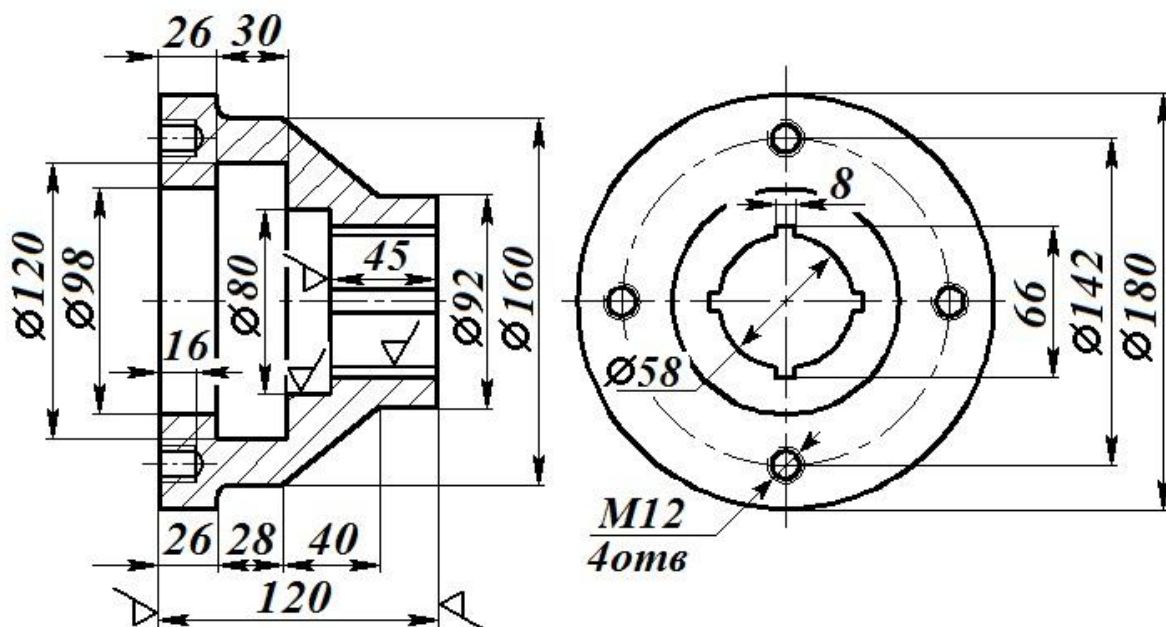
Материал: Ал4



Вариант № 9

Наим.: Корпус подшипника

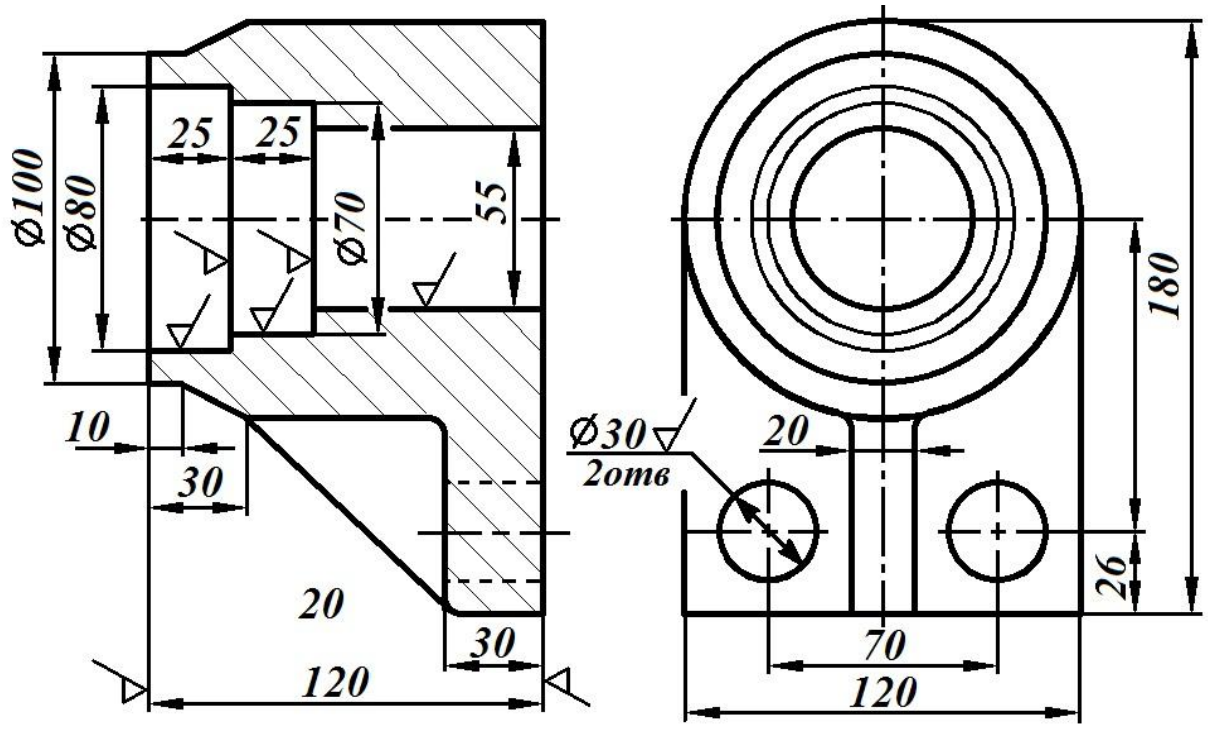
Материал: СЧ18



Вариант № 10

Наим.: Полумуфта

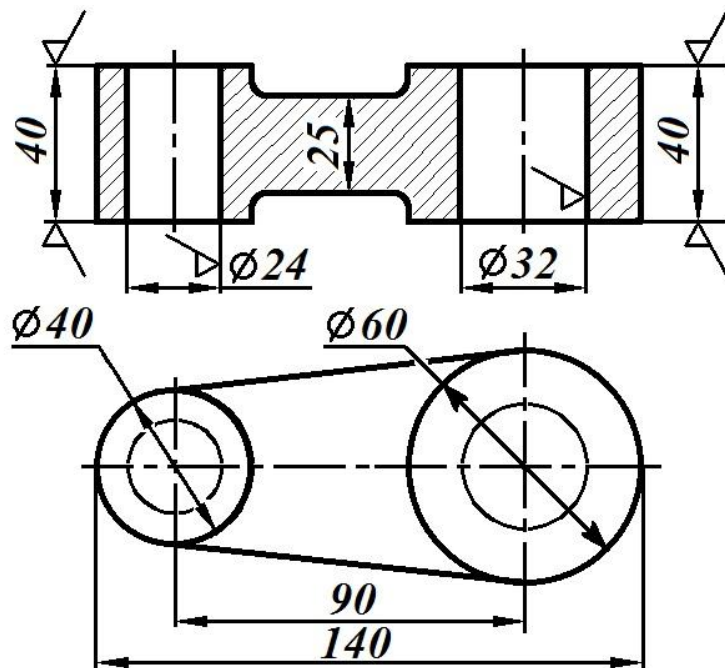
Материал: СЧ21



Вариант № 11

Наим.: Корпус подшипника

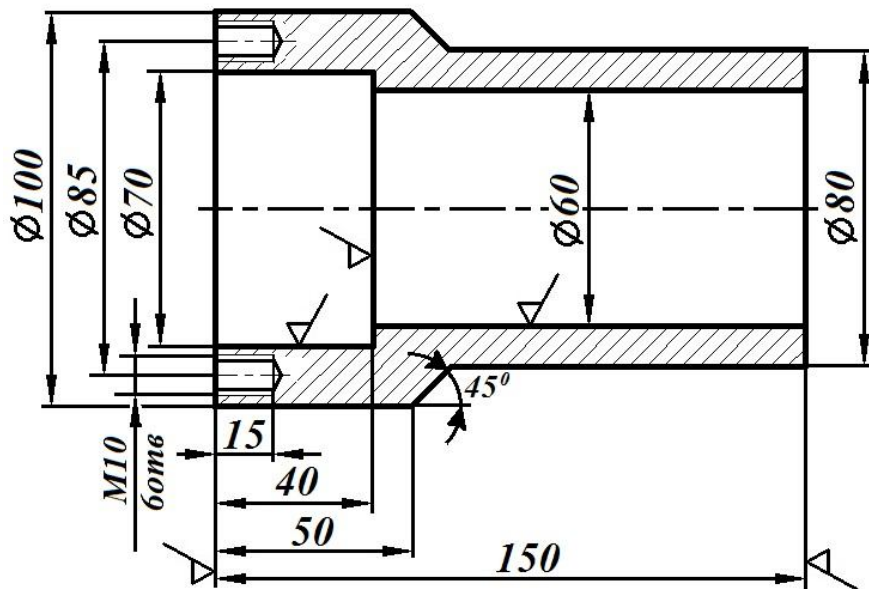
Материал: СЧ18



Вариант № 12

Наим.: Серьга

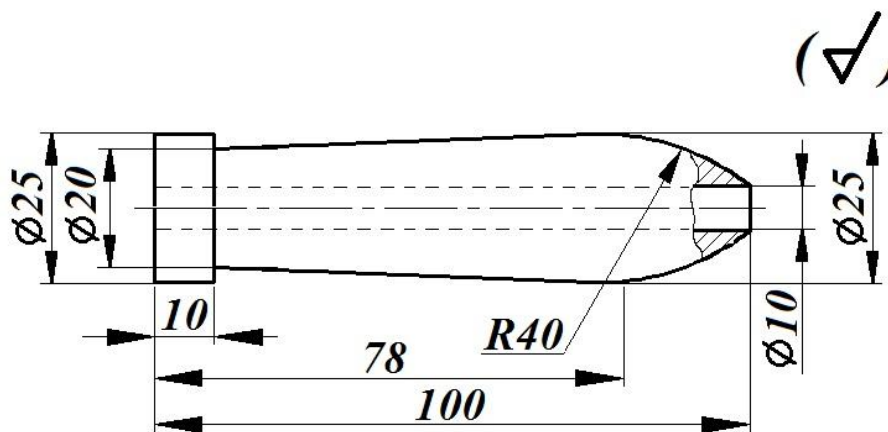
Материал: СЧ15



Вариант № 13

Наим.: Втулка

Материал: СЧ21



Вариант № 14

Наим.: Ручка

Материал: АЛ4

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Кукуй, Д.М.** Теория и технология литейного производства: В 2-х ч. / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Адрианов. – Минск : Новое знание; Москва: ИНФА-М, 2011.
2. **Титов, Н.Д.** Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов - М., Машиностроение, 1974. - 432 с.
3. **Абрамов, Г.Г.** Справочник молодого литейщика. Литье в песчано-глинистые формы / Г.Г. Абрамов - М.: Высш. школа, 1978. – 199 с.
4. **ГОСТ 3212 - 92.** Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. – Введ. 1993-07-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. - 15 с.
5. **ГОСТ 26645 - 85.** ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 1990-01-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. - 34 с.



### Практическая работа № 3

**Тема:** Выполнение расчета элементов литниковой системы

**Цель работы:** Произвести расчет элементов литниковой системы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Записать номер работы, тему и цель.
2. Дать определение литниковой системы.
3. Зарисовать рис. 9 и выписать основные её элементы.
4. Зарисовать рис. 10 и произвести расчет по площади наименьшего сечения  $F_{нс}$  и напора  $H_p$  (см. приложение 2).

Литниковой системой называется система каналов, по которым металл заполняет форму. Основными элементами литниковой системы являются (см. рис. 9): 1 – литниковая чаша, 2 – стояк, 3 – шлакоуловитель, 4 - питатель, 5 - выпор.

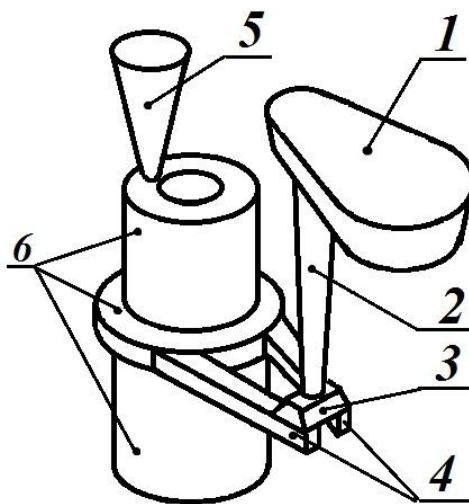


Рис. 9. Элементы литниковой системы (на примере фланца чугунного):

1 - литниковая чаша, 2 – стояк, 3 – шлакоуловитель, 4 - питатель, 5 – выпор; 6 - отливка

У отливок значительной массы к литниковой системе может относиться также и **прибыль** – дополнительная полость, устраиваемая над массивными частями отливки для их питания. Прибыль позволяет избежать усадочных раковин.

Расчет литниковой системы сводится к определению площади наименьшего сечения литниковой системы (стояка или питателя) с последующим определением (по соотношениям) площадей сечения остальных элементов литниковой системы.

Площадь наименьшего сечения  $F_{нс}$  находят по формуле:

$$F_{нс} = \frac{Q}{\tau \cdot \mu \cdot \rho \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}},$$

где  $Q$  – масса металла, прошедшего через минимальное сечение;

$\tau$  – продолжительность заливки, с;

$\rho$  – плотность металла (см. табл. П1, приложение 2), кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода литниковой системы, учитывающий потери на трение, для тонкостенного сложного литья  $\mu = 0,35$ ;

$H_p$  – расчетный напор, м;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Для расчета массы металла  $Q$ , необходимо вычислить объем полости литейной формы  $V_n$ , который, в первом приближении, можно принять равным объему модели отливки  $V_o$ .



Рассчитать объем модели можно с помощью табл. П2 справочного приложения 2. Массу металла  $Q$  определяют по формуле:

$$Q = \rho \cdot V_o,$$

Продолжительность заливки формы  $\tau$  определяют по формуле:

$$\tau = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot Q},$$

где  $\delta$  – преобладающая толщина стенок отливки, мм;

$S$  – коэффициент, зависящий от толщины стенки и конфигурации отливки: для чугуна  $S=1,8$ ; для стали –  $S=1,5$ ; для медных сплавов –  $S=2,0$ ; для алюминиевых сплавов –  $S=2,5$ .

Напор  $H_p$  зависит от способа заливки литниковой системы, положения отливки в форме и других факторов. В наших случаях при подводе металла по разьему  $H_p$  рассчитывают по формуле:

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2C},$$

где  $H_0$  – первоначальный максимальный напор (см. рис. 10), м;

$P$  – расстояние от самой верхней точки отливки до уровня подвода, м;

$C$  – высота отливки (по положению при заливке), м;

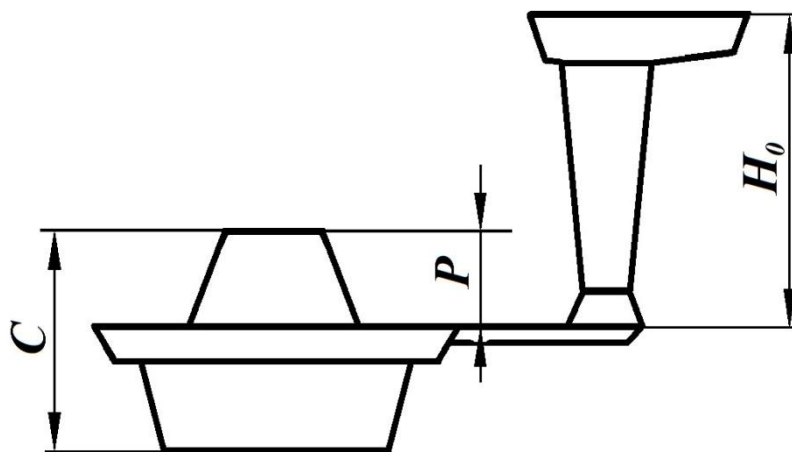


Рис. 10. Схема расчета литниковой системы:

$H_0$  – первоначальный максимальный напор, м;

$P$  – расстояние от самой верхней точки отливки до уровня подвода, м;

$C$  – высота отливки, м

По площади наименьшего сечения  $F_{нс}$  рассчитывают площади сечения остальных элементов литниковой системы по соотношениям:

1) для чугунных отливок

$$F_{лит.} : F_{шл.} : F_{ст.} = 1,0 : 1,1 : 1,2;$$

2) для отливок из медных сплавов

$$F_{лит.} : F_{шл.} : F_{ст.} = 4,0 : 2,0 : 1,0;$$

3) для отливок из алюминиевых сплавов

$$F_{лит.} : F_{шл.} : F_{ст.} = 5,0 : 2,5 : 1,0.$$

4) для остальных отливок

$$F_{лит.} : F_{шл.} : F_{ст.} = 1,0 : 1,2 : 1,4;$$

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

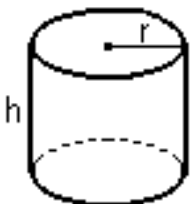

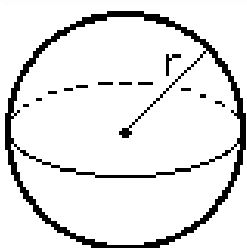
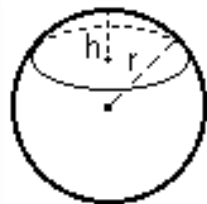
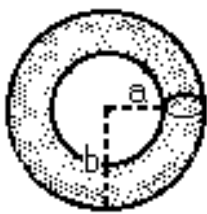
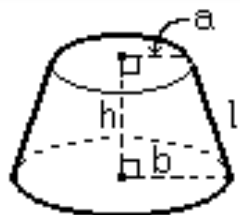
Таблица П1

Плотность литейных сплавов

Материал	сталь литейная			чугун серый			алюминиевый сплав			
	25Л	30Л	35Л	СЧ15	СЧ20	СЧ25	Ал2	Ал4	Ал7	Ал9
Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	7,83	7,81	7,83	7,0	7,1	7,2	2,65	2,65	2,80	2,66

Таблица П2

Объемы геометрических фигур

<p><b><u>Цилиндр</u></b></p> 	<p>Объем: <math>\pi \cdot r^2 \cdot h</math></p>	<p><b><u>Прямоугольный параллелепипед</u></b></p> 	
<p><b><u>Сфера</u></b></p> 		<p>Объем: <math>\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3</math></p>	<p><b><u>Сферический сегмент</u></b></p> 
<p><b><u>Тор</u></b></p> 		<p><b><u>Усеченный конус</u></b></p> 	
<p>Объем: <math>\frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (a+b) \cdot (b-a)^2</math></p>		<p>Объем: <math>\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (a^2 + a \cdot b + b^2)</math></p>	

## Практическая работа № 4:

**Тема:** Составление таблицы получения машиностроительных профилей – прокатка, прессование.

**Цель работы:** закрепить знания получения машиностроительных профилей – прокатка и прессование.

**Порядок выполнения работы:**

1. Все данные записать в виде таблицы (см. приложение 1 в конце текста).

### Теоретическая часть

#### I. Прокатка

**Прокатка** — процесс пластического деформирования тел на прокатном стане между вращающимися приводными валками (часть валков может быть не приводными). Слова "приводными валками" означают, что энергия, необходимая для осуществления деформации, передается через валки, соединённые с двигателем прокатного стана. Деформируемое тело можно протягивать и через не приводные (холостые) валки, но это будет не процесс прокатки, а процесс волочения.

Прокатка относится к числу основных способов обработки металлов давлением. Прокаткой получают изделия (прокат) разнообразной формы и размеров. Как и любой другой способ обработки металлов давлением прокатка служит не только для получения нужной формы изделия, но и для формирования у него определенной структуры и свойств.

Прокатка вала по всей длине имеет свои *преимущества и недостатки*. **Преимущества:** при прокатке вала по всей длине улучшается качество заготовок валов, уменьшается биение шеек вала относительно средней части и обеспечивается дополнительная экономия металла. Длина средней части валов электродвигателей 4А1005, 4А100Х и 4АП2 соответственно 180, 210 и 220 мм, а каждый миллиметр обжатия по диаметру дает экономию металла соответственно 0,088; 0,103 и 0,121 кг на каждый прокатанный вал. К **недостаткам** прокатки всей длины заготовки вала надо отнести увеличение мощности нагревательного устройства, так как в этом случае необходимо нагревать не отдельные участки прутка, а весь пруток. Но самым большим недостатком является увеличение размеров вала (ширины, диаметра) и массы. Причины образования трещин и других дефектов при нагреве металла.

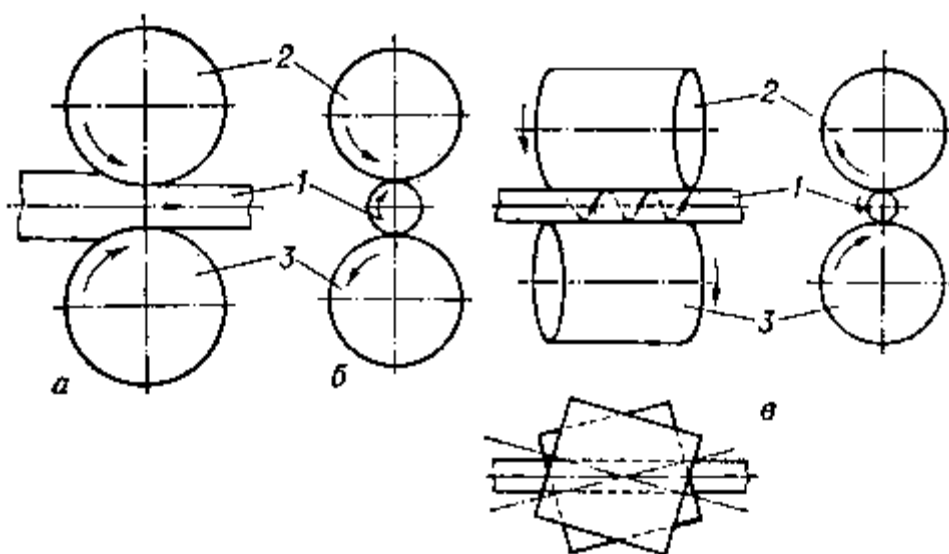


Рис. 1. Схема продольной (а), поперечной (б) и винтовой (в) прокатки: 1 — прокатываемый металл; 2 и 3 — валки.

### ***Продольная прокатка***

Способ продольной прокатки является наиболее распространенным. При продольной прокатке полоса подводится к валкам, вращающимся в разные стороны, и втягивается в зазор между ними за счет сил трения на контактной поверхности. Полоса обжимается по высоте и принимает форму зазора (калибра) между валками. При этом способе прокатки полоса перемещается только вперед, то есть совершает только поступательное движение. В зависимости от калибровки валков форма поперечного и продольного сечения проката может быть разной. Таким способом получают листы, плиты, ленту, фольгу, сортовой прокат, периодические профили, гнутые профили и др.

### ***Поперечная прокатка***

При поперечной прокатке обрабатываемое тело (цилиндрической формы) помещается в зазор между двумя валками вращающимися в одну сторону и получает вращательное движение за счет сил трения на контактной поверхности. Деформация тела происходит при встречном сближении валков. В продольном направлении обрабатываемое тело не перемещается (если нет специальных тянущих устройств). Поперечная прокатка используется для изготовления валов, осей, втулок и других тел вращения.

### ***Поперечно-винтовая прокатка***

Поперечно-винтовая прокатка занимает промежуточное положение между продольной и поперечной. Этот способ широко используется для получения полых трубных заготовок (гильз). Обрабатываемое тело (цилиндрической формы) проходя между валками, вращается и одновременно совершает поступательное движение, то есть каждая точка тела (за исключением расположенных на его оси) движется по винтовой траектории.

## **II. Прессование**

**Прессование** (от лат. *presso* — давлю, жму), процесс обработки давлением разных материалов с целью уплотнения, изменения формы, отделения жидкой фазы от твердой, изменения механических и др. свойств материала. П. применяется в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве и осуществляется обычно при помощи прессов высокого давления (термином "П." не следует называть процесс получения изделий и заготовок ковкой и штамповкой на ковочных прессах).

*Различают* изостатическое П. (порошкообразных материалов в замкнутом объеме жидкостью под высоким давлением), газостатическое П. (порошкообразных материалов газом под высоким давлением при высоких температурах), гидростатическое П. (металлических материалов жидкостью под высоким давлением для изменения их формы; аналогично прессованию металлов), импульсное П. (взрывом, магнитоимпульсной обработкой, высоковольтным разрядом в жидкости) и др. виды П.

При прессовании могут возникать следующие дефекты:

- утяжины;
- трещины;
- ерши и др.

Изготовление изделий из терморепактивных материалов может осуществляться:

- компрессионным (прямым) прессованием;
- литьевым (трансферным) прессованием.

*Прямое (компрессионное)* прессование заключается в том, что пресс-материал в виде порошка или таблеток загружается в пресс-форму (рис. 8.1, а) и подвергается воздействию температуры и давления (рис. 8.1, б). При этом материал размягчается и растекается по внутренней полости пресс-формы, принимая её конфигурацию.

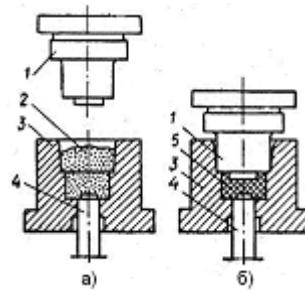


Рис. 8.1. Схема процесса прямого прессования: 1 - пуансон, 2 - пресс-порошок, 3 - матрица, 4 - выталкиватель, 5 - изделие

После отверждения материала изделие извлекается с помощью выталкивателей.

**Преимущество:** при данном виде прессования используется простая по конструкции дешевая пресс-форма. Однако метод имеет и **недостатки:**

- выдержка изделия в пресс-форме занимает значительную часть времени всего цикла прессования;
- некоторые виды арматуры нельзя запрессовать в изделие в связи с тем, что она может деформироваться;
- трудность изготовления тонких изделий с глубокими глухими отверстиями, у которых отношение глубины к диаметру более 3,5 из-за неизбежного искривления деталей пресс-формы, оформляющих эти изделия;
- в изделии с разной толщиной стенок возникают настолько большие напряжения, что они сильно деформируются после извлечения.

**Литьевое (трансферное) прессование** заключается в том, что пресс-материал в необходимом для литья количестве загружают в загрузочную камеру пресс-формы, где он нагревается до вязкотекучего состояния (рис. 8.2, а). Из этой камеры пресс-материал выдавливают через один или несколько литниковых каналов в оформляющую полость, где материал отверждается (рис. 8.2, б).

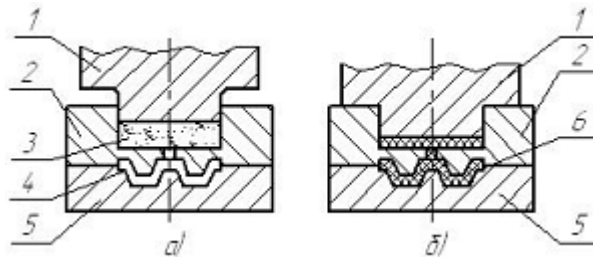


Рис. 8.2. Схема процесса литьевого прессования: 1 - пуансон, 2, 5 - детали пресс-формы, 3 - пресс-материал, 4 - оформляющая полость, 6 - изделие

**Литьевое прессование** по сравнению с прямым имеет существенные **преимущества:**

- в силу высокого давления масса дополнительно равномерно прогревается внутри и снаружи. Проходя через литниковые каналы все частицы массы соприкасаются с горячими стенками пресс-формы и быстро нагревается до необходимой температуры;
- пресс-материал прогревается в литниковых каналах также за счет возникающего внутреннего трения. Благодаря интенсивному и равномерному прогреву пресс-материал в форме отверждается быстро;
- при литьевом прессовании выдержка может сократиться на 50 % и более;
- ввиду хорошего прогрева изделия, изготовленные этим методом, хорошо отверждаются по всему сечению. Поэтому по сравнению с изделиями, полученными другими способами, они обладают лучшими диэлектрическими и физико-механическими свойствами;
- поскольку в оформляющую полость поступает достаточно мягкая пластичная пластмасса, то «нежные» детали пресс-формы и арматура не повреждаются. Это позволяет изготавливать изделия с более тонкой арматурой, чем при обычном прессовании;

- пресс-масса впрыскивается в закрытую пресс-форму, что дает возможность изготавливать изделия такой конфигурации, которые при обычном прессовании получить невозможно, так как подвижные детали пресс-формы могут разойтись под давлением массы. Именно поэтому литьевым прессованием изготавливают изделия с близко расположенными рядами арматуры, а также изделия сложной конфигурации;

- в силу того, что при литьевом прессовании перерабатываемая масса впрыскивается в закрытую форму, то возникающие в месте разъема пресс-формы заусеницы отсутствуют. Кроме того, можно точнее соблюдать размеры изделия.

Литьевому прессованию характерны и некоторые недостатки:

- несколько больший расход материала;  
сложность конструкции пресс-формы по сравнению с обычным прессованием.

## **Недостатки**

Недостатки литьевого прессования можно свести к следующим пунктам:

- литьевые формы для этого технологического процесса относительно дороги и изнашиваются в процессе прессования;
- необходимы дополнительные затраты на модернизацию литьевой машины, а именно, модуль управления стадией прессования;
- экономически технология оправдана только в рамках крупносерийного производства (например, компакт-дисков) или при получении изделий, в которых необходимы минимальные внутренние остаточные напряжения (например, оптических линз).

## **Область применения.**

Технология литьевого прессования лучше всего подходит для производства высококачественных и недорогих компакт-дисков и различных оптических линз. В настоящее время заметен интерес к производству литьевым прессованием тонкостенных изделий.

## **Рекомендуемая литература**

1. Аверченков В.И. Технология машиностроения. – М.: Инфра-М, 2006.
2. Аршинов В.А., Алексеев Т.А. Резание металлов и режущий инструмент- М.:Машиностроение,1976
3. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов-М.:Машиностроение,1975
4. Режимы резания металлов. Справочник/под ред. Ю.В. Барановского – М.: Машиностроение, 1972
5. Гоцеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструменты:-2-е изд.,испр.- М.:Издат.центр «Академия»,2007
6. Краткий справочник металлиста/Под ред. Орлова П.Н., Скороходова Е.А. – М.: Машиностроение, 1987.
7. Обработка материалов резанием. Справочник технолога/Под ред. Г.А. Монахова – М.: Машиностроение, 1974
8. Нефедов Н.А., Осипенко К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту.-М.: Машиностроение,1977
9. Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей резанием.- Издательство: Виш. школа , 1977
10. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Технологическое оборудование машиностроительных производств. – М.: Высш.шк., 2001
11. Серебrenицкий П.П., Схиртладзе А.Г. Программирование для автоматизированного оборудования: Учебник для средн. проф. учебных заведений / Под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высш.шк., 2003
12. Серебrenицкий П.П. краткий справочник станочника – Л.: Лениздат, 1982

Приложение 1

№ п/п	Наименование и определение обработки,		Схема обработки	Устройство обработки	Принцип работы	Область применения	Преимущества	Недостатки
I	1							
	2							
	3							
II	1							
	2							

## Практическая работа № 5

**Тема:** Составить таблицу получения машиностроительных профилей – волочение, гибки

### Цель работы:

1. Закрепить знания получения машиностроительных профилей – волочение и гибка.
2. Сформировать навыки работы со справочной литературой

### Порядок выполнения работы:

1. Все данные записать в виде таблицы (см. приложение 1 в конце текста).
- 

### Теоретическая часть:

**Волочением** называют процесс обжатия металлической заготовки путем ее протягивания через инструмент с отверстием, размеры которого меньше исходных размеров заготовки (рис.50,б). Волочение производится в холодном состоянии на машинах, называемых волочильными станами. Процесс волочения применяют для калибровки горячекатаного сортового проката, для получения проволоки, фасонных профилей, тонкостенных труб и др. В результате калибровки изделие получает точные размеры и качественную поверхность по всей длине. Волочению подвергают стали различных марок, а также цветные металлы и сплавы. При волочении площадь поперечного сечения заготовки уменьшается и за счет этого увеличивается ее длина.

**Инструментом** для волочения служат так называемые волочильные доски (волоки), изготавливаемые из инструментальных сталей марок У8, У9, У10, Х12М и др. В волочильной доске имеются отверстия, называемые глазками, через которые и протягивается заготовка. Широкое распространение получили волочильные доски со вставными (сменными) глазками, называемыми фильерами. В большинстве случаев они изготавливаются из твердых сплавов марок ВК6, ВК8, ВК10 и др. Очень тонкую стальную проволоку (диаметром менее 0,3 мм) тянут через алмазные или рубиновые фильеры.

В результате поперечные размеры изделия уменьшаются, а длина увеличивается. Волочение широко **применяется** в производстве пруткового металла, проволоки, труб и другого. Производится на волочильных станах, основными частями которых являются волоки и устройство, тянущее через них металл.

---

### Способы волочения.

Волочение труб осуществляется пятью способами: без оправки; на неподвижной (короткой) оправке; на подвижной (длинной) оправке; на плавающей (самоустанавливающейся) оправке и с раздачей на оправке.

**Волочение без оправки** применяют в том случае, когда необходимо уменьшить только диаметр трубы. При этом вытяжка за один проход (переход) составляет 1,1—1,5 и она ограничена либо устойчивостью профиля, либо прочностью выходящей трубы.

**Волочением на неподвижной (короткой) оправке** одновременно уменьшают и диаметр, и толщину стенки трубы. Оправка имеет цилиндрическую форму и ее удерживают в определенном положении с помощью стержня, к которому она привинчена. Второй конец стержня при волочении закрепляют в станине. Между оправкой и волокой образуется кольцевая щель. Диаметр этой щели меньше наружного диаметра трубы, подвергаемой волочению. В то же время зазор между оправкой и волокой несколько меньше толщины стенки трубы. Благодаря этому труба при прохождении через кольцевую щель обжимается по диаметру и толщине стенки.

**Волочением на подвижной (длинной) оправке** также одновременно уменьшают и диаметр, и толщину стенки трубы. Длинная оправка, находящаяся внутри трубы, не закреплена в станине и перемещается вместе с трубой в процессе волочения. Для ее извлечения после



окончания волочения применяют специальное оборудование. По сравнению с волочением на короткой оправке напряжение в выходящей трубе меньше в этом случае, так как силы трения между трубой и оправкой сонаправлены с движением трубы, что позволяет осуществлять большие деформации за проход.

**Волочением на плавающей (самоустанавливающейся) оправке** также одновременно уменьшают и диаметр, и толщину стенки трубы. Оправка удерживается в очаге деформации силами, действующими на нее. Такое волочение применяют для изготовления труб большой длины (например, волочением на барабанах) и в тех случаях, когда необходимо разгрузить стержень для крепления оправки и устранить вибрацию длинного стержня.

**Смазки и трение.** Хорошая технологическая смазка резко снижает усилие волочения и повышает стойкость инструмента. Лучшими смазками являются металлические мыла, однако из-за неравномерности покрытия поверхности трубы твердыми смазками используют в основном эмульсии на основе этих смазок.

**Скорость волочения.** Изменение скорости в тех пределах, в которых ведется волочение труб, не оказывает заметного влияния на усилие волочения.

### Дефекты при волочении:

**Обрывы концов труб.** Происходят они в результате неправильно составленного маршрута волочения (чрезмерно большие обжатия), неправильной калибровки профиля инструмента, плохой настройки стана, отсутствия технологической смазки плохих захваток, большой скорости волочения во время захвата трубы и т. д.

**Риски изадеры.** Эти дефекты появляются на поверхности труб при плохой технологической смазке, плохом качестве заготовки, налипании металла на инструмент, попадании твердых частиц в очаг деформации и т. д.

**Пропуски** в виде необжатых мест на трубах, подвергнутых оправочному волочению, свидетельствуют о неправильной настройке оправки в очаге деформации. Они могут происходить, как уже указывалось, вследствие большой кривизны заготовки.

**Брак по размерам** может быть обусловлен значительным износом инструмента и неправильным подбором последнего перед волочением.

В процессе работы иногда трубы не захватываются плашками клещей волочильной тележки, что может быть вызвано недостаточной длиной захватки или неправильной ее формой, а также неправильной формой плашек и т. д. В результате неравномерной смазки, неправильно выбранной скорости волочения и различных условий трения по оправке и матрице появляются дребезжание и рывки труб в процессе волочения, после чего на них остаются кольцевые отпечатки.

**Кольцеватость** на трубах может также появляться из-за упругой деформации стержня, особенно значительной при волочении длинных труб (8—12 м) на короткой оправке.

### Волочение с противонапряжением

Многokrатное волочение проволоки и мелких труб с приложением усилия противонапряжения  $Q$  к заготовке перед очагом деформации. Усилие  $v$  возрастает с приложением противонапряжения, начиная только с некоторого минимального его значения, названного критическим противонапряжением  $Q_{кр}$ , определяемым в основном пределом упругости протягиваемого металла и степенью его нагартовки. Во всех случаях, если  $Q < Q_{кр}$ , сила волочения практически не возрастает, а условия деформации улучшаются

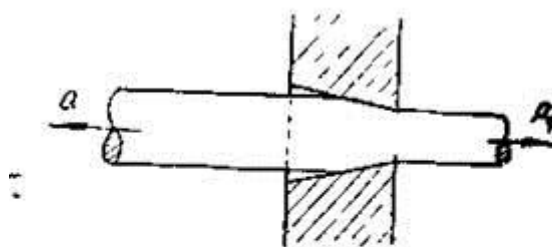
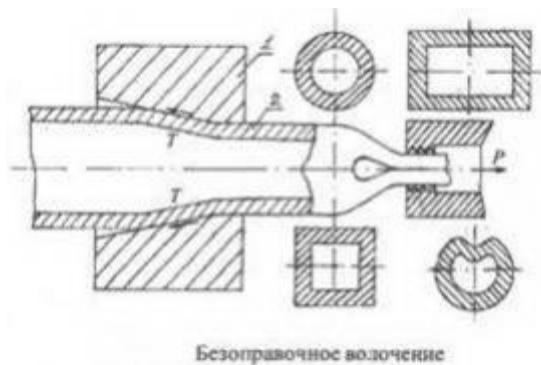


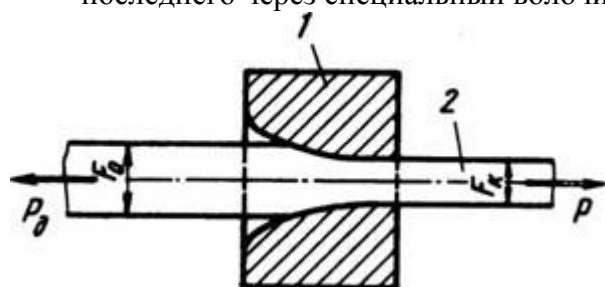
Рис. 2. Схема волочения с противонапряжением

**Безопрямочное волочение** — волочение труб из сталей, цветных металлов и сплавов, при котором внутренняя поверхность заготовки при протягивании не контактирует с технологическим инструментом. Безопрямочное волочение обычно осуществляют в две волоки, первая из которых служит для центровки трубы, а во второй осуществляется основное обжатие трубы по диаметру. Безопрямочное волочение применяют чаще для промежуточных проходов с целью уменьшения диаметра протягиваемых труб. В ряде случаев (трубки малого диаметра) его используют и как отделочную операцию. Недостатки безопрямочного волочения — низкое качество внутренней поверхности труб и большие различия в толщине стенки трубы после волочения



Безопрямочное волочение

**Волочение проволоки** — это процесс обработки металла давлением, характеризующийся постепенным однократным или многократным протягиванием последнего через специальный волочильный инструмент, предназначенный для



постепенного уменьшения поперечного сечения исходной заготовки. Принципиальная схема волочения приведена на рисунке, где 1 — волока; 2 — проволока;  $F_0$  — площадь поперечного сечения на входе в волоку;  $F_k$  — площадь поперечного сечения на выходе из волоки.

Волочение проволоки значительно экономнее других способов т.к. при волочении отсутствуют потери металла в стружку, можно получить проволоку определенного диаметра с заданными свойствами. В качестве заготовки для волочения применяется продукция прокатного производства — катанка, получаемая прокатом литых заготовок определенного сечения. Наиболее распространенный размер катанки, используемый для дальнейшей обработки волочением — 5,5-6,5 мм.

#### Литература:

1. Славин В.С. Роликовые волоки бесстанинного типа: монография / В.С. Славин. — Магнитогорск: МаГУ, 2010. -169 с.
2. Эффективная технология производства шестигранной калиброванной стали из круглого подката / А.Г. Маликов, Ю.А. Демура, Т.В. Зубко и др. // Сталь. — 1992. - №9. — С. 65-67.
3. Освоение производства шестигранных прутков из легированных сталей / В.С. Кольчак, А.В. Рыбкин, Л.А. Никитина и др.// Сталь. — 2002. - №5. — С. 36-37.
4. Славин, В.С. Комбинированная технологическая схема производства калиброванного шестигранного проката / В.С. Славин, С.М. Вершигора, В.С. Пантелеев // Сталь. — 2007. — № 2. — С. 91-93.
5. Ерманок, М.З. Волочение цветных металлов и сплавов / М.З. Ерманок, Л.С. Ватрушин. — М. : Металлургия, 1988. — 288 с.

#### Вопросы для самопроверки

1. Расскажите о значении и сущности обработки металлов давлением.
2. Как влияет обработка давлением на свойства металла?
3. Назовите основные операции обработки металлов давлением. В чем состоит их сущность?
4. Дайте характеристику основной продукции металлопроката.
5. Опишите процессы штамповки и дайте характеристику получаемой при этом продукции.
6. Назовите основную продукцию, которую получают методом волочения.

## Гибка

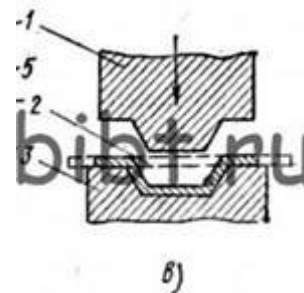


рис 1.Схема для гибки металла

**Гибка металла** – это технологическая операция, в результате которой из заготовки плоской формы получается изделие нужных объемов и формы без сварных и других швов и соединений

### *Применение*

Листогиб применяется в различных отраслях народного хозяйства: машиностроении, авто-, авиа-, приборостроении и строительстве для производства различных замкнутых и незамкнутых профилей, коробов, коробок а также цилиндров, конусов и т. д.

Основное предназначение листогибов — изготовление различных изделий из листовых материалов.

### *Описание*

Листогибочный пресс — станок, представляющий собой машину, развивающую усилие, применяемое для производственных целей, в основном, для гибки изделий из листового металла.

Характеризуется основными параметрами, такими как развиваемое усилие, рабочая длина; так и дополнительными параметрами: амплитуда хода траверсы, скорость работы (процесса гибки), расстояние между стойками станины, наличием устройства компенсации прогиба стола, наличием дополнительных приспособлений, улучшающих производительность и удобство в работе, таких как поддержка заготовки, датчик полученного углагиба, система программирования и пр.

### *Принцип работы*

Суть работы листогибочного пресса — обеспечение необходимого усилия и рабочего хода траверсы — стальной жёсткой балки, на которую устанавливается необходимый инструмент, в зависимости от требуемого изготавливаемого изделия и режима гибки.

Ход балки контролируется датчиками линейного перемещения, как правило их два, контролирующих левую и правую сторону траверсы, для обеспечения равномерности хода и синхронизации движения. В качестве дополнительного оборудования, устанавливаемого на листогибочные прессы, как правило, используется задний упор, с возможностью программирования его позиции, в зависимости от требуемого размера отгибаемой кромки.

Не менее важной частью пресса является система безопасности, которая служит в первую очередь для защиты персонала от получения травмы, и как вспомогательная функция — ограничение рабочего хода при нарушении некоторых технологических операций.

Система безопасности представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, которые обрабатывают сигналы с различных устройств, осуществляющих контроль необходимого технологического процесса. Наиболее важным является устройство лазерного контроля отсутствия постороннего предмета (руки оператора) в рабочей зоне станка.

Для контроля используются лазерные лучи, образующие плоскость под верхним инструментом, на расстоянии около 3-5 мм под ним. Если во время движения траверсы происходит попадание рук оператора в рабочую зону, лазерные лучи или один из них будет пересечен, и система управления даст команду на немедленную остановку движения.

### Способы гибки металлов.

На сегодняшний день существует два основных способа гибки — **свободная гибка** и **калибровка**. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

1. **Свободная гибка** позволяет получать практически любой угол, при этом усилие зависит от уровня раскрытия матрицы — чем он больше, тем меньшее усилие необходимо приложить, благодаря чему можно гнуть листы различной толщины. Основным **недостаток** воздушной или свободной гибки заключается в меньшей точности сгиба. Этот метод не может использоваться для проведения специфических гибочных операций.

2. **Калибровка** отличается меньшей точностьюгиба и сложностью расчета необходимого усилия, которое определяется опытным путем. Основное **преимущество** этого метода — высокая точность угловгиба, а также возможность выполнения самых разных форм, в том числе и сложных. К **недостаткам калибровки** можно отнести необходимость использования значительного усилиягиба, которое в несколько раз превышает аналогичные показатели при свободной (воздушной) гибке. *С помощью гибки можно получать различные декоративные элементы, производственные изделия, например, швеллера, гнутые профили и многое другое.*

**Преимущества:** 1. Уменьшение габаритов.

2. уменьшение массы. 3. Уменьшение времени и стоимости сборки. 4. Уменьшение ошибок сборки. 5. Увеличенная системная надежность. 6. Замена проводного монтажа

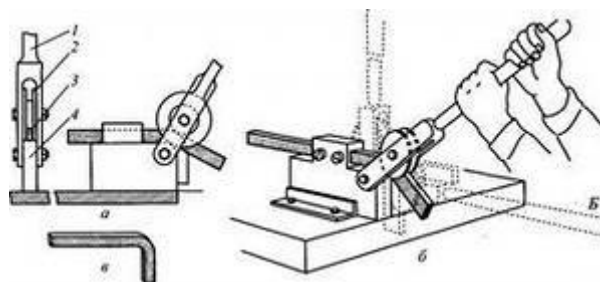


Рис. 3 Гибка листа в горячем состоянии. Рис. 4 Станки и машины для гибки



**Таблица 1**

№ п/п	Определение, виды и дефекты профилей	Схема профиля	устройство и принцип работы профиля	Преимущества профиля	Недостатки профиля	Область применения
1	Волочение- это... Способы волочения..... Дефекты....	1.Волочение с противонатяжением... 2..... 3.....				
2.	Гибка-это... Способы гибки.....	1... 2...				

Расчет длины заготовки, подлежащей гибке, производят по чертежу, ориентируясь на нейтральный слой, который в процессе деформации сохраняет длину неизменной.

Если после гибки внутренний угол должен быть без закругления, длину заготовки

$$L = l_1 + l_2 + 0,6t,$$

где  $l_1$  и  $l_2$  длина участков заготовки по обе стороны изгиба, мм;

$t$  - половина толщины материала, мм.

Если гибку производят с определенным радиусом закругления, длину заготовки  $L$  вычисляют по формуле

$$L = l_1 + l_2 + \pi R H \alpha / 180$$

где  $l_1$  и  $l_2$  - длина участков заготовки по обе стороны изгиба, мм;  $RH$  - радиус изгиба нейтрального слоя, мм;  $\alpha$  - угол гибки, град.

**Пример 1.** Определить длину заготовки, сгибаемой под прямым углом без закругления; длина прямых участков:  $l_1 = 10$  мм;  $l_2 = 20$  мм; толщина заготовки квадратного сечения 4 мм.

Решение.

$$L = 10 + 20 + (0,6 \times 2) = 31,2 \text{ мм} = 32 \text{ мм}.$$

Округление до большего значения необходимо, если после гибки предполагается зашлифовывание краев в размер.

Часто длину заготовки указывают на чертеже; тогда определять ее нет необходимости. Если радиус гибки очень мал, то в металле могут образоваться трещины. Чтобы этого избежать, не следует гнуть по радиусам, меньшим двойной толщины заготовки.

## Практическая работа № 6

### Тема: Составление характеристики оборудования и технологии кузнечнойковки

#### Цель работы

1. Познакомиться с оборудованием и технологическим процессом кузнечнойковки.
2. Изучить основные операции кузнечнойковки.
3. Научиться выбирать оборудование, назначать технологиюковки изделий.

#### Порядок выполнения работы

1. Запишите номер работы, тему и цель.
2. Дать определение кузнечнойковки, назвать её преимущества и недостатки.
3. Описать дефекты и основные операцииковки (осадка, высадка, протяжка).
4. Описать основное оборудованиековки.
5. Зарисовать пневматический молот (рис.9) и описать принцип его работы.

#### Основные положения

**Кузнечнойковкой** называют технологический процесс, при котором металл деформируется с помощью ударов кузнечного молота или нажатия прессы.

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

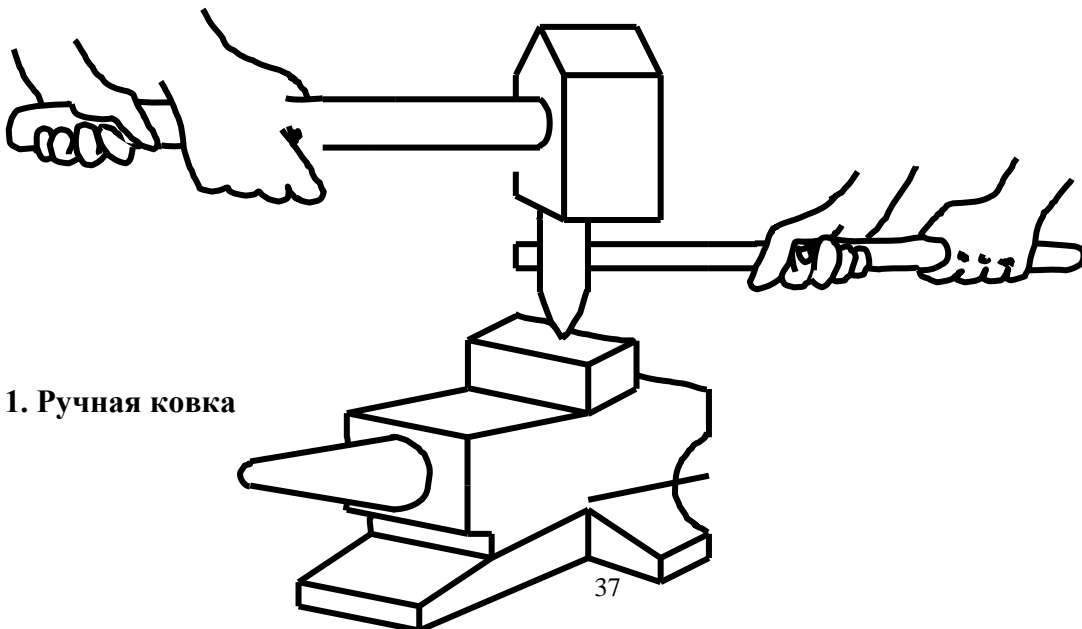


Рис. 1. Ручная ковка



Перед ковкой заготовки подвергаются нагреву с целью повышения пластичности металла и облегчения процессаковки.

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<sup>2</sup>, в знаменателе – относительное удлинение в %.

Температурный интервалковки определяется по табл. 2.

Таблица 2

Наименование металла и сплава	Температура, °С	
	началоковки	окончаниековки
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
Магниеые 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 процессковки представляет собой совокупность определенных операций, основными из которых являются:

1. **Осадка** – операцияувеличения 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: *a* – заготовка; *б* – поковка; *в* – схема операции. Существуют и другие операцииковки.

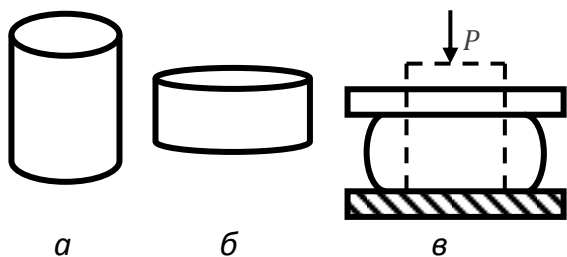


Рис. 2. Осадка

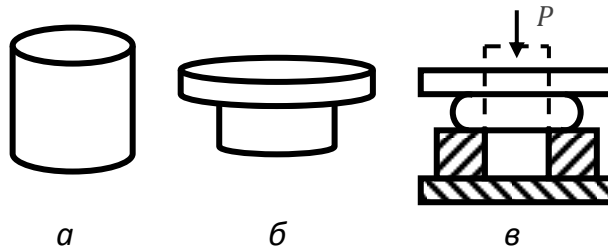


Рис. 3. Высадка

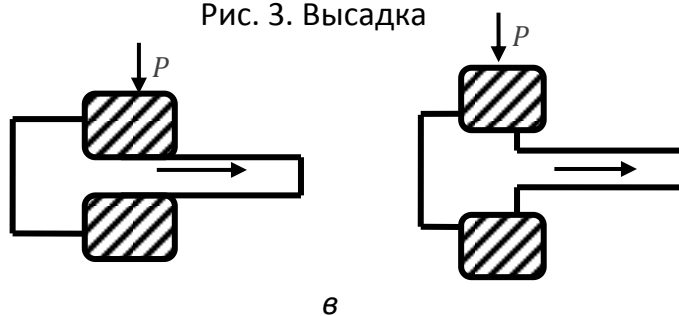
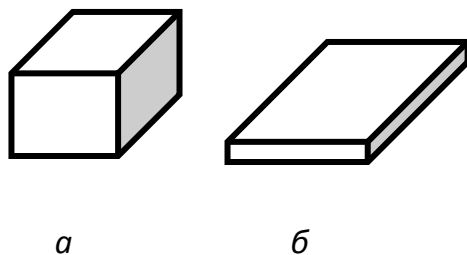


Рис. 4. Протяжка

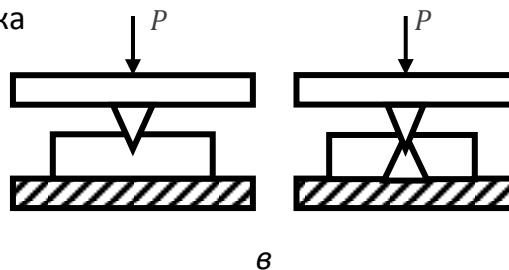
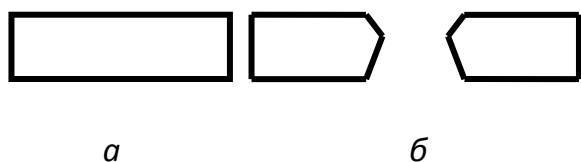


Рис. 5. Рубка

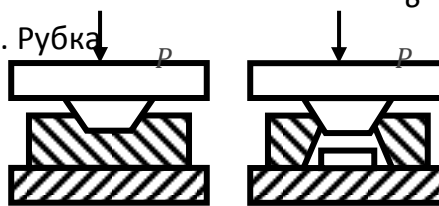
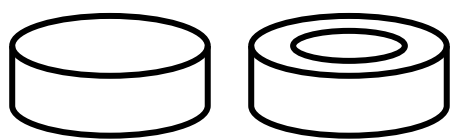


Рис. 6. Прошивка

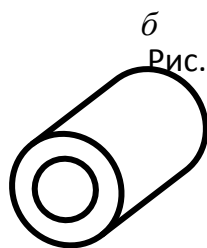
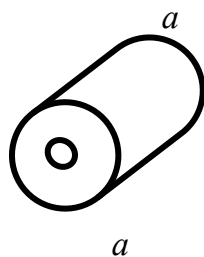
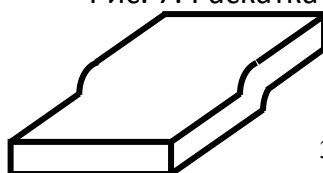
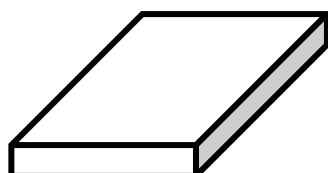
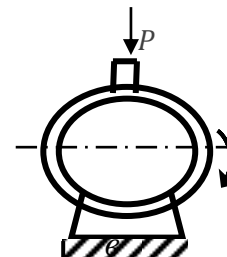


Рис. 7. Раскатка на оправке



а б Рис. 8. Передача

деформации при ковке характеризуется коэффициентом уковки  $K_y$ :

$$K_y = F_{max}/F_{min},$$

где  $F_{max}$  и  $F_{min}$  – максимальная и минимальная площадь поперечного сечения до и послековки.

При ковке заготовок из проката чаще всего коэффициент уковки бывает 1,3–1,5, а при ковке слитков  $K_y = 3–10$ . Чем больше коэффициент уковки слитков, тем лучше структура металла и выше его механические свойства.

**Оборудованием дляковки** 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 верхней 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 дляковки более крупных, массивных поковок.*

Гидравлические прессы используют дляковки очень крупных, тяжелых изделий. В этих машинах верхний боек, соединенный с другими подвижными частями прессы, 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 прессы берется усилие, развиваемое им и передаваемое заготовке. Дляковки используются гидравлические прессы с усилием от 300 т до 15000 т.

Для сравнения мощности молота и прессы можно принять, что 1 т веса падающих частей молота примерно эквивалента 100 т усилия прессы. 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.

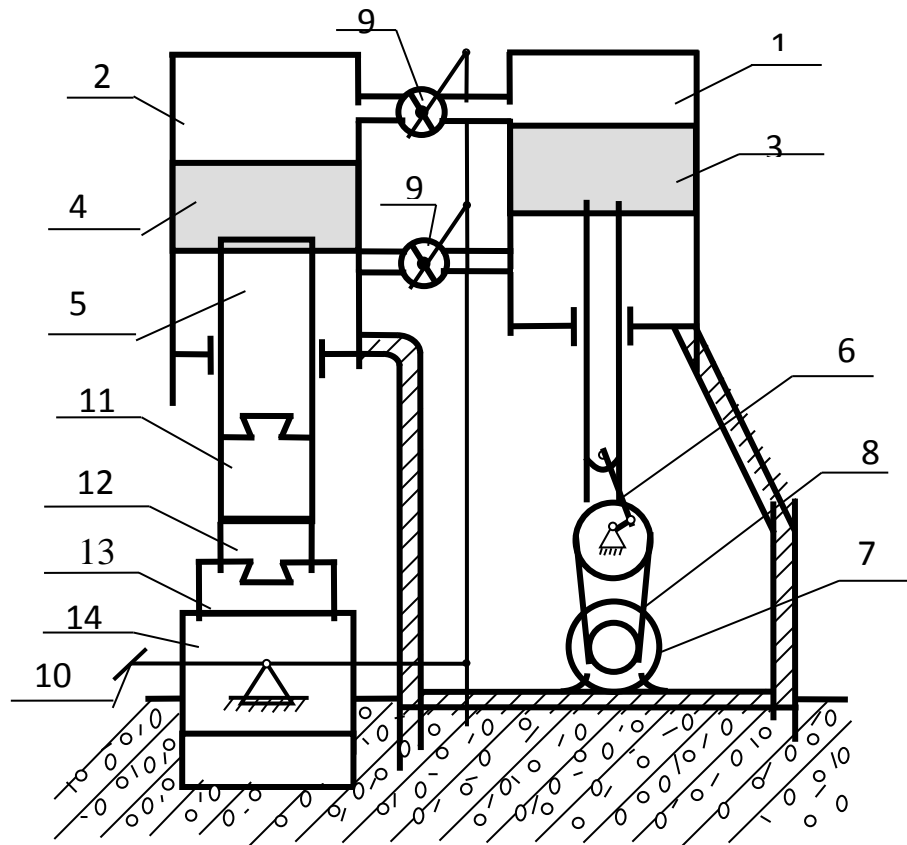


Рис. 9. Пневматический ковочный молот

На практике при выборе мощности оборудования для свободнойковки 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  $\text{см}^2$ ,

$K$  – коэффициент, равный для углеродистой стали 5, для легированной стали 7, для цветных металлов 3,5.

Необходимое усилие прессы можно найти по формуле:

$$P = F \cdot \sigma_{\text{в}}, \text{ кгс},$$

где  $\sigma_{\text{в}}$  – предел прочности металла при температурековки,  $\text{кгс}/\text{см}^2$ ,

$F$  – площадь соприкосновения бойка с поковкой в  $\text{см}^2$ .

### Вопросы для самоконтроля

1. Какой технологический процесс называется кузнечнойковкой?
2. В чем преимущества и недостатки свободнойковки?
3. Для чего металл перед ковкой нагревают?
4. Что такое перегрев и пережог металла?

5. Поясните, что собой представляют основные операцииковки.
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 прессы?
10. Что такое припуск и допуск?

## Практическая работа № 7

**Тема:** Составление таблицы получения машиностроительных профилей – холодной штамповки

### Цель работы

1. Изучить основные операции холодной штамповки.
2. Заполнить таблицу .

### Порядок выполнения работы

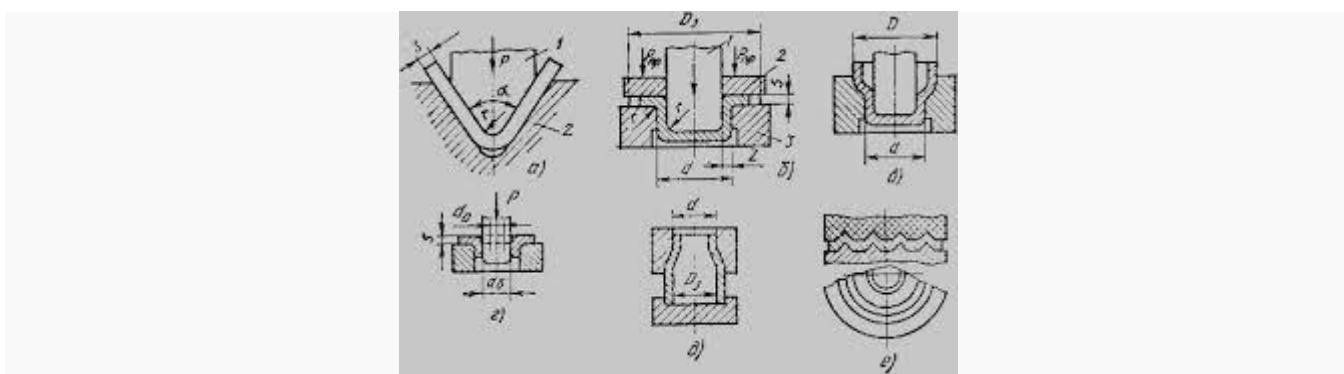
1. Прочитайте внимательно теоретическую часть по теме работы.
2. Заполните таблицу по видам холодной штамповки (см. таблицу 1 в конце текста).

### Теоретическая часть.

#### Штамповка

**Штамповка** — процесс пластической деформации материала с изменением формы и размеров тела. Чаще всего штамповке подвергаются металлы или пластмассы. Существуют два основных вида штамповки — листовая и объёмная. Листовая штамповка подразумевает в исходном виде тело, одно из измерений которого пренебрежимо мало по сравнению с двумя другими (лист до 6 мм). Примером листовой штамповки является процесс пробивания листового металла, в результате которого получают перфорированный металл (перфолист). В противном случае штамповка называется объёмной. Для процесса штамповки используются прессы — устройства, позволяющие деформировать материалы с помощью механического воздействия.

#### 1. Холодная листовая штамповка



Сущность способа заключается в процессе, где в качестве заготовки используют полученные прокаткой лист, полосу или ленту, свёрнутую в рулон. *Листовой штамповкой* изготавливают самые разнообразные плоские и пространственные детали массой от долей грамма и размерами, исчисляемыми долями миллиметра (например, секундная стрелка ручных часов), и детали массой в десятки килограммов и размерами, составляющими несколько метров (облицовка автомобиля, самолёта, ракеты).

При листовой штамповке чаще всего используют низкоуглеродистую сталь, пластичные легированные стали, медь, латунь, содержащую более 60 % Сu, алюминий и его сплавы, магниевые сплавы, титан и др. Листовой штамповкой получают плоские и пространственные детали из листовых неметаллических материалов, таких, как кожа, целлулоид, органическое стекло, фетр, текстолит, гетинакс и др.

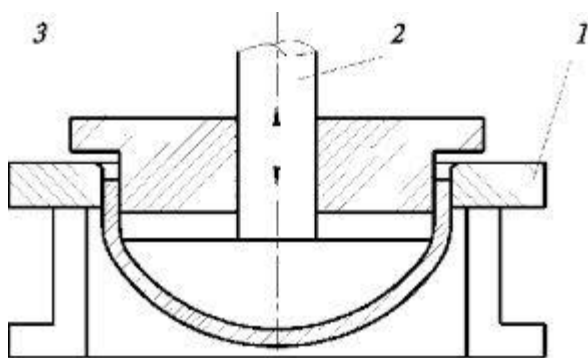
*Листовую штамповку широко применяют в различных отраслях промышленности, особенно в таких, как авто-, тракторо-, самолето-, ракето- и приборостроение, электротехническая промышленность и др.*

**К преимуществам** листовой штамповки относятся:

- возможность получения деталей минимальной массы при заданной их прочности и жёсткости;
- достаточно высокие точность размеров и качество поверхности, позволяющие до минимума сократить отделочные операции обработки резанием;
- сравнительная простота механизации и автоматизации процессов штамповки, обеспечивающая высокую производительность (30—40 тыс. деталей в смену с одной машины);
- хорошая приспособляемость к масштабам производства, при которой листовая штамповка может быть экономически целесообразной и в массовом, и в мелкосерийном производстве.

**Недостатки:** высокая себестоимость получаемых заготовок

## 2. Горячая объёмная штамповка



Горячая объёмная штамповка — это вид обработки металлов давлением, при которой формообразование поковки из нагретой заготовки осуществляют с помощью специального инструмента — штампа. Течение металла ограничивается поверхностями полостей (а также выступов), изготовленных в отдельных частях штампа, так что в конечный момент штамповки они образуют единую замкнутую полость (ручей) по конфигурации поковки. В качестве заготовок для горячей штамповки применяют прокат круглого, квадратного, прямоугольного профилей, а также периодический. При этом прутки разрезают на отдельные (мерные) заготовки, хотя иногда штампуют из прутка с последующим отделением поковки непосредственно на штамповочной машине.

**Применение** объёмной штамповки оправдано при серийном и массовом производстве. При использовании этого способа значительно повышается производительность труда, снижаются отходы металла, обеспечиваются высокие точность формы изделия и качество поверхности. Штамповкой можно получать очень сложные по форме изделия, которые невозможно получить приемами свободнойковки.

**Штамповка в открытых штампах** характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа. В этот зазор вытекает часть металла — облой, который закрывает выход из полости штампа и заставляет остальной металл заполнить всю полость. В конечный момент деформирования в облой выжимаются излишки металла, находящиеся в полости, что

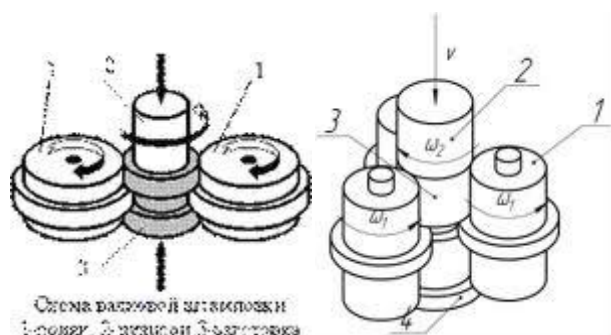
позволяет не предъявлять высокие требования к точности заготовок по массе. Недостаток такого способа штамповки - необходимость удаления облоя при последующей механической обработке. Штамповкой в открытых штампах можно получить поковки всех типов.

**Штамповка в закрытых штампах** характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остается закрытой. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа постоянный и небольшой, образование в нем облоя не предусмотрено. Устройство таких штампов зависит от типа машины, на которой штампуют. Например, нижняя половина штампа может иметь полость, а верхняя – выступ (на прессах), или верхняя – полость, а нижняя – выступ (на молотах). Закрытый штамп может иметь две взаимно перпендикулярные плоскости разъема. При штамповке в закрытых штампах необходимо строго соблюдать равенство объемов заготовки и поковки, иначе при недостатке металла не заполняются углы полости штампа, а при избытке размер поковки по высоте будет больше требуемого. Отрезка заготовок должна обеспечивать высокую точность.

**Преимущества:** точное соблюдение размеров, штамп обеспечивает одинаковые стандарты, что немаловажно при серийном производстве, материал меньше расходуется, производительность выше.

**Недостатки:** штамп является достаточно дорогостоящим мероприятием

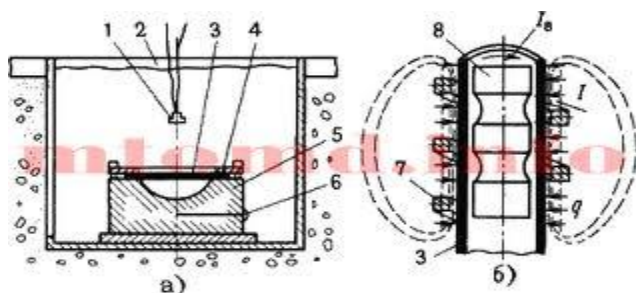
### 3. Валковая штамповка



**Валковая штамповка** — формоизменяющая операция обработки металлов давлением, получения осесимметричных деталей из цилиндрической заготовки путём одновременного действия на неё радиальных и осевых нагрузок. Осевая нагрузка заготовки создаётся за счёт перемещения пуансона, а радиальная — за счёт обкатки её боковой поверхности в роликах или валках. Таким образом, валковая штамповка является способом комплексного локального деформирования, в котором в одном технологическом процессе происходит совмещение одной из основных кузнечных операций — прошивки или осадки с поперечной прокаткой или обкаткой. Валковая штамповка позволяет изготавливать *круглые в плане сплошные и полые детали, тонкостенные и толстостенные изделия малых размеров, применяемые в приборостроении, а также крупногабаритные детали с высокой точностью и качеством при технологических усилиях на порядок меньших, чем при традиционных методах объёмной штамповки. Главным преимуществом* данного метода является особый технологический эффект, заключающийся в улучшении физико-механических свойств обрабатываемой заготовки, что в итоге повышает эксплуатационных свойства изготавливаемых деталей. Валковая штамповка способствует улучшению физико-механических свойств обрабатываемого металла, обеспечивает требуемое расположение его волокон, что повышает эксплуатационные свойства получаемых деталей. Относительно низкая стоимость оснастки, незначительное время подготовки производства, возможность быстрой переналадки на другой типоразмер детали, использование оборудования небольшой мощности позволяют применять валковую штамповку как в крупносерийном, так и в средне- и мелкосерийном производствах.

**Недостатком** этой конструкции является сложность управления, встроенность валковой подачи в дорогостоящее специальное оборудование, которое не может использоваться, например, в прессах простого действия.

#### 4. Магнитно-импульсная штамповка



При магнитно-импульсной штамповке электрическая энергия непосредственно преобразуется в механическую энергию, приводящую к деформации заготовки. Для штамповки заготовку помещают в сильное импульсное магнитное поле, создаваемое соленоидом с подключённой батареей конденсаторов. Под действием этого магнитного поля в заготовке возникают вихревые токи; взаимодействие индуцированного ими магнитного поля с магнитным полем соленоида и приводит к деформации. Процесс проходит за несколько десятков микросекунд<sup>[1]</sup>

**Недостаток:** низкий КПД,

**Преимущества:** простота конструкции, нет необходимости в применении колонок и элементов строгой фиксации, зазор между индуктором (инструментом) и оснасткой (матрицей, оправкой) может достигать 0,5 мм.

Значительное снижение металлоемкости приспособлений и трудоемкости изготовления их деталей и узлов.

Таблица 1

№ п/п	Наименование штамповки и определение	Преимущества	Недостатки	Область применения
1				
2				
3				
4				

Литература



- *Голенков В. А., Дмитриев А. М., Кухарь В. Д., Радченко С. Ю., Яковлев С. П., Яковлев С. С.* Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением. М.: Машиностроение, 2004. — 464 с.: ил.
- *Ковка и штамповка: Справочник в 4 т.; Под ред. Е. И. Семенова и др. — М.: Машиностроение, 1987 - Т.2: Горячая объемная штамповка; Под ред. Г. А. Навроцкого. — 38*

## Практическая работа № 8

**Тема:** Составление характеристики электрохимической размерной и электроэрозионной обработки металлов.

**Цель работы:** Изучить электрохимическую и электроэрозионную обработку металлов

**Порядок выполнения работы:**

1. Записать номер, тему и цель работы.
2. Дать определение ЭХО и ЭЭО
3. Перечислить виды ЭХО и ЭЭО.
4. Зарисовать схему ЭХО и ЭЭО.
5. Описать устройство и принцип работы.
6. Назвать область применения.

### Теоретическая часть.

**Электрохимическая обработка (ЭХО)** — способ обработки электропроводящих материалов, заключающаяся в изменении формы, размеров и (или) шероховатости поверхности заготовки вследствие анодного растворения ее материала в электролите под действием электрического тока.

#### Виды электрохимической обработки

**Электрохимическое объемное копирование** — Электрохимическая обработка, при которой форма электрода-инструмента отображается в заготовке

**Электрохимическое прошивание** — Электрохимическая обработка, при которой электрод-инструмент, углубляясь в заготовку, образует отверстие постоянного сечения

**Струйное электрохимическое прошивание** — Электрохимическое прошивание с использованием сформированной струи электролита

**Электрохимическое калибрование** — Электрохимическая обработка поверхности с целью повышения ее точности

**Электрохимическое точение** — Электрохимическая обработка, при вращении заготовки и поступательном перемещении электрода-инструмента

**Электрохимическая резка** — Электрохимическая обработка, при которой заготовка разделяется на части

**Электрохимическое удаление заусенцев (ЭХУЗ, Electrochemical debuting)** —

Электрохимическая обработка, при которой удаляются заусенцы заготовки

**Электрохимическое маркирование**

**Многояэлектродная электрохимическая обработка** — Электрохимическая обработка осуществляемая электродами, подключенными к общему источнику питания электрическим током и находящимися во время обработки под одним потенциалом

**Непрерывная электрохимическая обработка** — Электрохимическая обработка при непрерывной подаче напряжения на электроды

**Импульсная электрохимическая обработка** — Электрохимическая обработка при периодической подаче напряжения на электроды

**Циклическая электрохимическая обработка** — Электрохимическая обработка, при которой один из электродов перемещается в соответствии с заданной циклограммой,

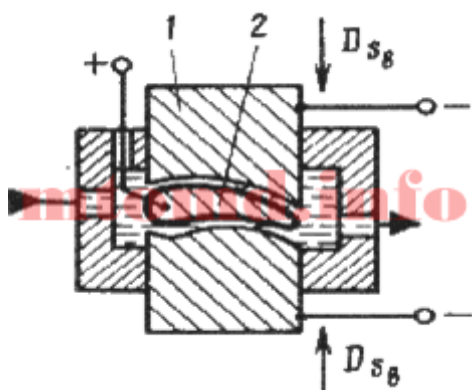
а также другие смешанные виды электрофизикохимической обработки (ЭФХМО) включающие ЭХО:

- анодно-механическая обработка;
- электрохимическая абразивная обработка;
- электрохимическое шлифование;
- электрохимическая доводка(ЭХД);
- электрохимическое абразивное полирование;
- электроэрозионнохимическая обработка(ЭЭХО);
- электрохимическая ультразвуковая обработка и др.

Электролит растворяет образующиеся на поверхности заготовки-анода соли и удаляет их из зоны обработки. Высокая производительность процесса заключается в том, что одновременно обрабатывается вся поверхность заготовки.

Участки, не требующие обработки, изолируют. Инструменту придают форму, обратную форме обрабатываемой поверхности. Формообразование происходит по методу копирования.

Схема размерной электрохимической обработки



Точность обработки повышается при уменьшении рабочего зазора. Для его контроля используют высокочувствительные элементы, которые встраивают в следящую систему.

Этот способ рекомендуют для обработки заготовок из высокопрочных сталей, карбидных и труднообрабатываемых материалов. Также можно обрабатывать тонкостенные детали с высокой точностью и качеством обработанной поверхности, так как отсутствует давление инструмента на заготовку.

**Электроэрозионная обработка (ЭЭО)** — контролируемое разрушение

[электропроводного](#) материала под действием электрических разрядов между двумя [электродами](#), то есть обработка через [электрическую эрозию](#).

Один из электродов является обрабатываемой деталью, другой — электрод-инструментом.

Разряды производятся периодически, импульсно, так чтобы среда между электродами восстановила свою электрическую прочность. Для уменьшения эрозии электрод-инструмента для разрядов используются униполярные импульсы тока. Полярность зависит от длительности импульса, поскольку при малой продолжительности импульса преобладает эрозия [анода](#), а при большой длительности импульса преобладает эрозия [катода](#). Поэтому на практике используются оба способа подачи униполярных импульсов: с подключением детали к положительному полюсу генератора импульсов (т. н. включение на прямую полярность), и с подключением детали к отрицательному полюсу (т. н. включение на обратную полярность).

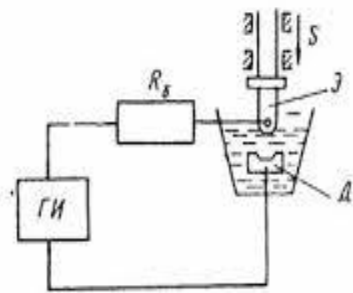


Рис. 1.18.1. Схема электроэрозионной обработки:  
 ГИ - генератор импульсов;  $R_b$  - балластное сопротивление; Э - электрод-инструмент;  
 Д - обрабатываемая деталь; S - подача электрода-инструмента

## Виды ЭЭО

- Электроискровая обработка (ЭИсО)
- Электроимпульсная обработка (ЭИМО)
  - прошивная - обработка профильным инструментом
  - вырезная - [обработки непрофилированным электродом](#)
- Электроконтактная обработка (ЭКО) — обработка в жидкой среде и обработка на воздухе.
- Электрочастотная обработка (ЭЧО)
- Легирование и восстановление деталей (ЛВ)

## Характеристики электрического разряда при ЭЭО

Электрический разряд между электродами идёт в несколько этапов: сначала происходит [электрический пробой](#), который может сопровождаться [искровыми разрядами](#); затем устанавливается [дуговой разряд](#). Поэтому многие генераторы способны выдавать многоступенчатую форму импульса.

Частота импульсов и их длительность выбирается исходя из технологических требований к обрабатываемой поверхности. Длительность импульса обычно лежит в диапазоне  $0,1 \dots 10^{-7}$  секунды, частота от 5 кГц до 0,5 МГц. Чем меньше длительность импульса, тем меньше шероховатость получаемой поверхности. Средний ток во время ЭЭО зависит от площади обрабатываемой поверхности. При площади  $3600 \text{ мм}^2$  оптимальный ток приблизительно равен  $100 \text{ А}$ .

## Литература:

1. Юдин Д.Л. Электрофизические и электрохимические методы обработки // *Большая Советская Энциклопедия. 3-е издание.* — М.: Советская Энциклопедия, 1978. — Т. 30. Экслибрис — Яя. — С. 118—120.
2. <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US6992712.pdf>
3. Ставицкий Б.И. Из истории электроискровой обработки материалов // *Оборудование и инструмент для профессионалов. Металлообработка.* — 2006. — № 2. — ISSN 1999-8953.
4. Wire EDM on JobShop.com

## Практическая работа № 9

**Тема:** Составление характеристики ультразвуковой и лучевой размерной обработки

**Цель работы:** Изучить ультразвуковые и лучевые методы размерной обработки.

### Порядок выполнения работы:

1. Зарисовать схему ультразвуковой размерной обработки.
2. Описать устройство и принцип работы.
3. Назвать преимущества и недостатки.
4. Назвать область применения.
5. Зарисовать функциональную схему технологической электронно-лучевой установки.
6. Зарисовать схему принципа электронно-лучевого испарения материалов
7. Описать устройство обеих схем.
8. Перечислить виды лучевой обработки материалов.

### Теоретическая часть.

Технологическое использование колебаний различного спектра ( $A, f$ ) в промышленности осуществляется по трем основным направлениям: силовое воздействие на материал; интенсификация технологических процессов; методы контроля.

Например, ультразвуковые процессы с силовым воздействием на обрабатываемый материал применяются для механической обработки твердых и сверхтвердых сплавов, диспергирования и эмульгирования, удаления поверхностных пленок, загрязнений и др.

Принципиальная схема ультразвуковой размерной обработки прошиванием (долблением) показана на рисунке 3.74. При этом методе обработки происходит направленное разрушение твердых и хрупких материалов с помощью инструмента 3, колеблющегося с ультразвуковой частотой. При этом он оказывает на обрабатываемую поверхность 1 ударное воздействие посредством мельчайших зерен абразивного порошка 9, вводимого в виде суспензии 8 в зазор между торцом инструмента и изделием.

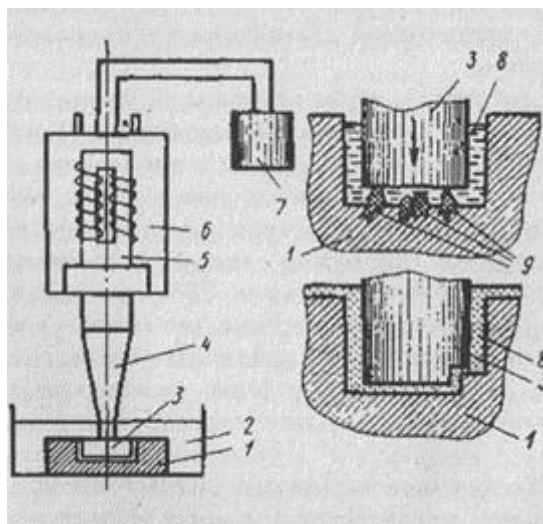


Рис. 3.74. Схема ультразвуковой размерной обработки (прошивание): 1 - обрабатываемая деталь; 2 - ванна; 3 - инструмент; 4 - акустический трансформатор скорости; 5 - магнестрикционный преобразователь; 6 - корпус с охлаждением; 7 - ультразвуковой генератор; 8 - зазор; 9 - частички абразива

Хотя производительность каждого микроудара ничтожно мала, производительность ультразвуковой обработки относительно высока, что обусловлено высокой частотой колебаний инструмента (16-30 кГц) и большим количеством работающих зерен абразива (20-100 тыс./см<sup>3</sup>),

движущихся одновременно с большим ускорением и ударяющих по обрабатываемой поверхности. Под ударами зерен абразива происходит скалывание мелких частиц материала изделия.

**Преимущества** ультразвукового (УЗ) способа обработки перед другими заключаются в возможности обрабатывать непроводящие и непрозрачные материалы, а также в отсутствии после обработки остаточных напряжений, приводящих при использовании других способов к образованию трещин на обрабатываемой поверхности. Ультразвуковым способом эффективно обрабатываются такие хрупкие материалы, как агат, алебастр, алмаз, гипс, германий, гранит, графит, карбид бора, кварц, керамика, корунд, кремний, мрамор, нефрит, перламутр, рубин, сапфир, стекло, твердые сплавы, термостойкий корунд, фарфор, фаянс, ферриты, хрусталь, яшма и многие другие.

**Недостаток** ультразвукового способа обработки - существенное уменьшение производительности процесса по мере увеличения глубины обработки.

### Лучевой метод обработки

Особенностью лучевых методов обработки является отсутствие рабочего инструмента, роль которого выполняет непосредственно луч. Лучевые методы обработки особенно целесообразны для получения отверстий небольших размеров, так как изготовление инструмента в этих случаях очень трудоемко. Он быстро выходит из строя вследствие поломки, а при точных размерах изделия – из-за износа. Основными разновидностями лучевой обработки являются электронно-лучевая и светолучевая.

#### 1. Электронно - лучевая обработка

Электронно-лучевая обработка осуществляется в вакууме при наличии специального оборудования: технологической камеры с вакуумной системой и электронной пушки с высоковольтным источником питания. На рис. 1.1 представлена типовая функциональная схема электронно-лучевой установки. Установка состоит из вакуумной камеры 1, в верхней части которой размещается электронная пушка 2. К пушке с помощью кабеля высокого напряжения подводится питание от высоковольтного выпрямителя 3. Внутри камеры может также находиться механизм перемещения 5 обрабатываемого изделия 6. Управление всеми агрегатами ведется с пульта управления 4. Вакуум в технологической камере создается с помощью вакуумной системы 7.

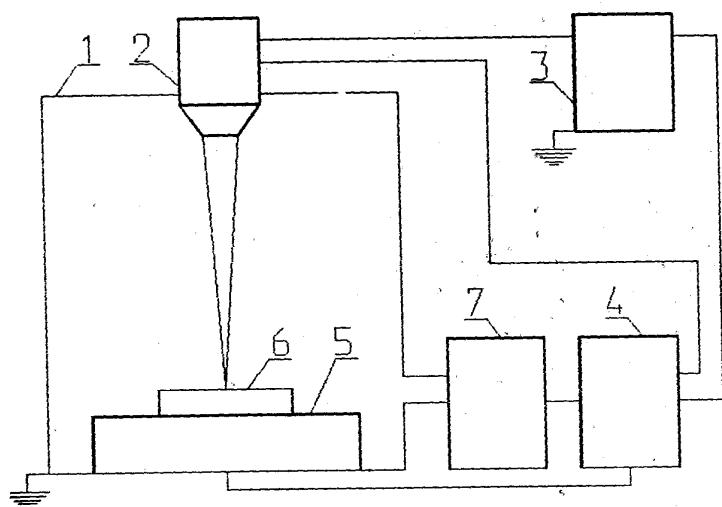


Рис. 1.1 - Функциональная схема

технологической электронно-лучевой установки: 1 - вакуумная камера; 2 - электронная пушка; 3 - высоковольтный выпрямитель; 4 - пульт управления; 5 - механизм перемещения обрабатываемого изделия; 6 - обрабатываемое изделие

Вакуум при электронно-лучевой обработке необходим как для создания и формирования электронного пучка, так и для защиты обрабатываемого металла от действия кислорода и азота воздуха, ускорения дегазации металла при плавлении, удаления некоторых вредных примесей и др.

Вакуумные камеры для электронно-лучевой обработки являются одним из наиболее важных узлов установки для электронно-лучевой обработки. От их формы, конструкции, жесткости и габаритов зависят габариты и качество обрабатываемых за одну откачку изделий, удобство их загрузки и выгрузки, возможность пристыковки дополнительных объемов в нужном направлении и др. По степени специализации различают два типа камер: универсальные и специализированные. Универсальные камеры предназначены для обработки изделий любой формы и габаритов в пределах габаритов камеры. Такие камеры используются в единичном и мелкосерийном производстве и выпускаются в соответствии с принятыми параметрическими рядами. Это дает возможность выбрать камеры наиболее подходящих размеров применительно к конкретным изделиям. Специализированные камеры неразрывно связаны с конструкцией и габаритами конкретного изделия или группы изделий. Принцип электронно-лучевого испарения пояснен на рис. 2.1.

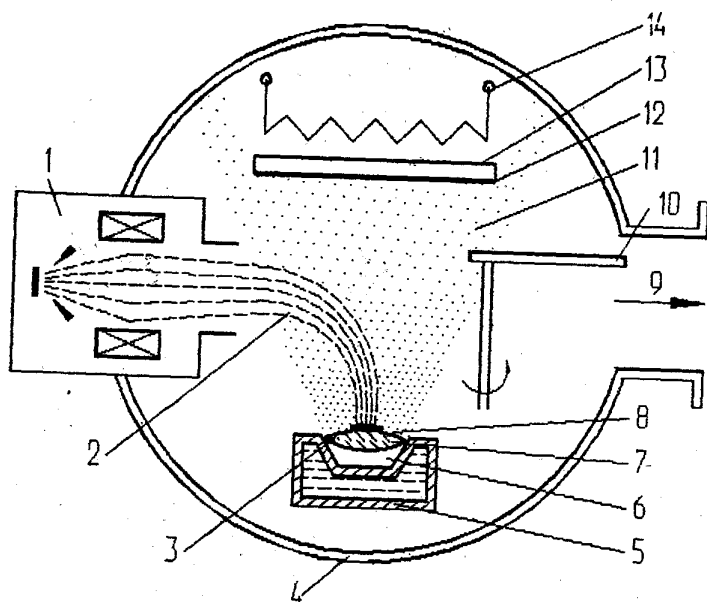


Рис. 2.1 - Принцип электронно-лучевого испарения материалов: 1 - электронная пушка; 2 - электронный пучок; 3 - поверхность, бомбардируемая пучком; 4 - кожух технологической камеры; 5 - водоохлаждаемый тигель; 6 - испаряемый материал; 7 - расплавленная часть материала; 8 - поверхность испарения; 9 - откачка вакуума; 10 - диафрагма испарителя; 11 - поток пара; 12 - напыляемый слой; 13 - подложка; 14 - подогреватель подложки.

**2.Светолучевая (лазерная) размерная обработка** использует для съема материала при формообразовании деталей сфокусированный поток электромагнитной энергии высокой мощности, сформированный оптическим квантовым генератором. Светолучевая обработка ведется на воздухе и не требует специальных вакуумных камер. Она позволяет обрабатывать любые материалы независимо от их твердости и вязкости. Метод используется для сверления отверстий, вырезания заготовок, фрезерования пазов и другого.

#### Литература

1. Гриднев В.Н. Технология элементов ЭВА/ В.Н. Гриднев, А.Н. Малов, А.А. Яншин; под ред. А.Н. Малова. М.: Высш. шк., 1978. – 288 с.
2. Обработка конструкционных материалов/ под ред. А.М. Дальского. М.: Машиностроение, 2004. – 420 с.

### Практическая № 10

**Тема:** Составление характеристики плазменной размерной обработки и сварки материалов.

**Цель урока:** Изучить плазменную размерную обработку и сварку материалов.

**Цель работы:** изучить способы плазменной размерной обработки и сварки материалов.

#### Порядок выполнения работы:

1. Дать определение плазме.
2. Назвать из чего состоит оборудование для плазменной обработки
3. Зарисовать схему плазматрона и описать её устройство.
4. Назвать преимущества и недостатки плазменной обработки.
5. Перечислить область применения плазменной размерной обработки.
6. Дать характеристику основных операций плазменной обработки материалов: нагрев, плавление, сварка, наплавка, напыление, резка, обработка.

#### Теоретическая часть.

**Плазма** – четвертое агрегатное состояние вещества (после твердого, жидкого и газообразного). Она представляет собой частично или полностью ионизированный газ. Плазма состоит из нейтральных частиц, положительных и отрицательных зарядов с одинаковой концентрацией. Она обладает электрической проводимостью и высокой теплопроводностью.

**Оборудование** для плазменной обработки состоит из плазменной горелки, источника питания, системы подачи рабочего газа, системы охлаждения и блока управления. В качестве источника питания для плазменных горелок обычно используют сварочные источники постоянного тока мощностью от 20 до 70 кВт. Рабочим газом наиболее часто служит гелий, аргон, водород, азот или их смеси (например, 80% N<sub>2</sub> и 20% H<sub>2</sub>). В качестве охладителя горелки применяют проточную воду.

Плазменную размерную обработку используют в основном для снятия поверхностных слоев материала с цилиндрических заготовок на токарном станке, для вырезания заготовок из листового металла, для прошивания отверстий, для обработки отверстий и пазов небольших размеров. Однако «плазменное точение» целесообразно лишь при обработке жаропрочных сталей и других трудно обрабатываемых материалов, а также для черновой обдирки. Плазменную технологию можно использовать также для сварки, пайки и нанесения защитных покрытий на детали.

*В технологии приборостроения, радиоаппаратостроения и металлообработки плазма применяется в виде узконаправленной горячей струи, способной расплавить и испарить практически все материалы: как материалы так и не материалы.*

По конструкции плазматроны разделяются на сепараторы прямого и косвенного действия.

Для получения плазмы используются электролитический дуговой разряд, через который с помощью сопла продувается плазмообразующий газ (аргон, азот, воздух или их смесь).

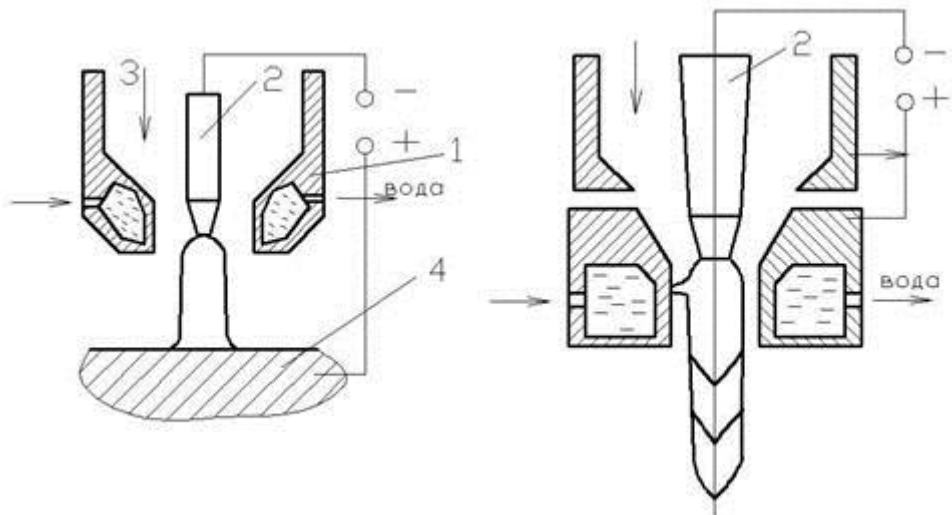


Рис.5. Устройство плазматрона: 1 – сопло; 2 – вольфрамовый электрод; 3 – ввод плазменного газа; 4 – изделие; 5 – канал для подачи присадочного порошка.

### Преимущества плазменной резки

1. значительно выше скорость резки металла малой и средней толщины (чем у газовых);
2. универсальность применения - плазменная резка используется для [обработки сталей, алюминия](#) и его сплавов, меди и сплавов, чугуна и других материалов;
3. точные и высококачественные резы, в большинстве случаев исключается или заметно сокращается последующая механическая обработка;
4. экономичность воздушно-плазменной резки - нет потребности в дорогостоящих газах (ацетилене, кислороде, пропан-бутане);
5. возможность вырезать детали сложной формы;
6. очень короткое время прожига (при кислородной резке требуется продолжительный предварительный прогрев);
7. более безопасная, поскольку отсутствуют взрывоопасные баллоны с газом;
8. низкий уровень загрязнения окружающей среды.

**Недостатки плазменной резки** по сравнению с газовыми способами резки:

1. максимальная толщина реза составляет 80-100 мм. (кислородной резкой можно обрабатывать чугун и некоторые стали толщиной до 500 мм.);
2. более дорогое и сложное оборудование;
3. повышенные требования к техническому обслуживанию;
4. угол отклонения от перпендикулярности реза не должен превышать 10-50° в зависимости от толщины детали (в противном случае существенно расширяется рез, что приводит к быстрому износу расходных материалов для плазменной резки);
5. повышенный шум вследствие истечения газа из плазматрона с околосвуковыми скоростями;

### Основные операции плазменной обработки материалов

*1. Плазменный нагрев.* Чаще всего используется для плазменно-механической обработки жаропрочных сталей и сплавов на основе молибдена, вольфрама и других материалов, при обработке которых при обычной температуре образуются микротрещины. Производится нагрев обрабатываемой детали с помощью плазматрона, устанавливаемого непосредственно перед резцом. При нагреве детали ее пластичность увеличивается, а прочность снижается. Это позволяет также увеличить в несколько раз скорость обработки детали и уменьшить износ



резцов.

*2. Плавление вещества.* Широко используется в промышленности из-за простоты и высокой стабильности процесса. Наиболее распространенной является плавка в водоохлаждаемый кристаллизатор. Таким образом получают сложнoleгированные сплавы (например, инструментальные сплавы). Соответствующий подбор плазмообразующего газа позволяет получать небольшое содержание в сплаве оксидов и кислорода, что увеличивает пластичность металла и улучшает его механические свойства. Применение разбрызгивания расплавленного металла и его быстрого охлаждения позволяет получать малоразмерные капли, которые в дальнейшем используются в порошковой металлургии, для наплавки и т.д.

*3. Сварка.* Применение плазмотронов для сварки позволяет получить большую глубину проплавления и меньшую ширину шва, чем при использовании обычной свободно горящей дуги. Качество сварного шва получается выше, а технологический процесс идет с большой скоростью. Для тонколистовых материалов (фольга, силфонно-мембранные узлы) и радиодеталей широко используется микроплазменная сварка при небольших токах (0,1-10)А.

*4. Плазменная наплавка.* Применяется для нанесения на поверхность деталей материалов с особыми свойствами (высокой твердостью, износостойкостью, термостойкостью). Для защиты обрабатываемой поверхности от воздействия атмосферных газов в качестве плазмообразующих газов обычно применяют аргон и водород. Наплавку производят плазмотронами косвенного действия (плазменной струей), позволяющими регулировать глубину проплавления основного металла посредством изменения расстояния между плазмотроном и обрабатываемой деталью. Плазменная наплавка применяется для изготовления режущих инструментов из обычных углеродистых сталей с наплавкой режущих кромок из инструментальных сталей. Так как теплопроводность углеродистых сталей выше, чем у инструментальных, то и отвод тепла с наплавленного резца остается выше, что повышает стойкость инструмента.

*5. Плазменное напыление.* При плазменном напылении наносимый материал нагревается внутри плазмотрона, а затем осаждается на подложку, образуя на ней слой ( $10^{-6} - 10^{-3}$ ) м. Для улучшения сцепления напыляемых частиц с подложкой, проводится ее предварительный подогрев и создаются промежуточные химически активные покрытия. Напыление производится с целью улучшения коррозионной стойкости (для напыления применяется никель, кобальт), жаростойкости (оксиды алюминия и циркония), в качестве защитных покрытий часто применяются вольфрам, молибден, ниобий. Прочные поверхностные покрытия получают, используя *ионную технологию покрытий с помощью плазменных ускорителей*. В этом случае напыляемый материал ионизируют в электрическом разряде внутри плазмотрона, превращая его в плазму, которая с помощью электромагнитного поля ускоряется до значительных энергий по направлению к обрабатываемой поверхности. Добавляя в ионные потоки металла кислород, ацетилен или азот, получают покрытия сложного химического состава – оксиды, карбиды или нитриды. Такие покрытия используются для увеличения срока службы металлорежущего инструмента и штампов.

*6. Плазменная резка.* При плазменной резке происходит локальное расплавление металла в зоне реза и его удаление потоком плазмы. После обработки на поверхности реза остается слой оплавленного металла, толщиной в несколько десятых долей миллиметра. В качестве плазмообразующих газов при резке используют аргон, азот, водород или воздух. Экономически более целесообразно применение воздуха, однако наличие в нем кислорода приводит к разрушению вольфрамового электрода плазмотрона. В воздушных плазмотронах в качестве электродов используются специальные термохимические катоды, содержащие вставку из циркония или гафния. При плазменной резке отсутствует силовой контакт с заготовкой, возможно разрезать заготовки практически из любого материала и получатьрезы сложной конфигурации. Толщина разрезаемых материалов не превышает 25-30 см. При плазменной резке

чаще используют плазмотроны прямого действия (большой коэффициент полезного действия). Режим плазменной струи используется для неэлектропроводных материалов и тонких (1-2мм) заготовок.

### *7. Плазменная обработка*

Сущность обработки заключается в том, что плазму направляют на обрабатываемую поверхность.

Плазменная струя представляет собой направленный поток частично или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000...20000 °С. Плазму получают в плазменных горелках, пропуская газ через столб сжатой дуги. В качестве плазмообразующих газов используют азот, аргон, водород, гелий, воздух и их смеси.

С помощью этого метода прошиваются отверстия, вырезаются заготовки из листового материала, производится точение в заготовках из любых материалов.

При прошивании отверстий и разрезке головки устанавливают перпендикулярно к поверхности заготовки, при строгании и точении – углом 40...60°.

### **Литература:**

1. Технология производства ЭВМ / А.П. Достанко, М.И. Пикуль, А.А. Хмыль: Учеб. – Мн. Выш. Школа, 2004 – 347с.
2. Технология деталей радиоэлектронной аппаратуры. Учеб. пособие для ВУЗов / С.Е. Ушакова, В.С. Сергеев, А.В. Ключников, В.П. Привалов; Под ред. С.Е. Ушаковой. – М.: Радио и связь, 2002. – 256с.
3. Тявловский М.Д., Хмыль А.А., Станишевский В.К. Технология деталей и периферийных устройств ЭВА: Учеб. пособие для ВУЗов. Мн.: Выш. школа, 2001. – 256с.
4. Технология конструкционных материалов: Учебник для машиностроительных специальностей ВУЗов / А.М. Дольский, И.А. Арутюнова, Т.М. Барсукова и др.; Под ред. А.М. Дольского. – М.: Машиностроение, 2005. – 448с.
5. Зайцев И.В. Технология электроаппаратостроения: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Высш. Школа, 2002. – 215с.
6. Основы технологии важнейших отраслей промышленности: В 2 ч. Ч.1: Учеб. пособие для вузов / И.В. Ченцов, И.А.

## Практическая работа № 11.

**Тема:** Составление характеристики дуговой и лучевой сварки.

**Цель работы:** Изучить разновидности дуговой и лучевой сварки

Порядок выполнения работы:

1. Дать определение сварки.
2. Перечислить разновидности сварки.
3. Назвать преимущества и недостатки сварки
4. Зарисовать и описать типы сварных соединений.
5. Назвать область применения сварки

### Теоретическая часть

**Сваркой** называется процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и расплавлении или пластическом деформировании. При дуговой сварке для нагрева и расплавления используют электрическую дугу, которую открыл в 1802 г. профессор физики Санкт-Петербургской медико-хирургической академии В. В. Петров и указал на возможность ее применения для освещения и плавления металлов. В 1881 г. русский изобретатель Н. Н. Бенардос применил электрическую дугу для плавления и сварки металла неплавящимся, угольным электродом с дополнительной присадочной проволокой. *Сварка применяется* для соединения металлов и их сплавов, термопластов во всех областях производства и в медицине. При сварке используются различные источники энергии: электрическая дуга, электрический ток, газовое пламя, лазерное излучение, электронный луч, трение, ультразвук. Развитие технологий позволяет в настоящее время проводить сварку не только в условиях промышленных предприятиях, но в полевых и монтажных условиях (в степи, в поле, в открытом море и т. п.), под водой и даже в космосе. Процесс сварки сопряжен с опасностью возгораний; поражений электрическим током; отравлений вредными газами; поражением глаз и других частей тела тепловым, ультрафиолетовым, инфракрасным излучением и брызгами расплавленного металла.

*Дуговая сварка бывает ручной и электрической.*

### Разновидности сварки.

1. Сварка под слоем флюса.
2. Сварка в среде защитных газов.
3. Плазменная сварка.
4. Электрошлаковая сварка.
5. Контактная сварка.
6. Газовая сварка.
7. Термитная сварка.
8. Холодная сварка.

### Описание процесса

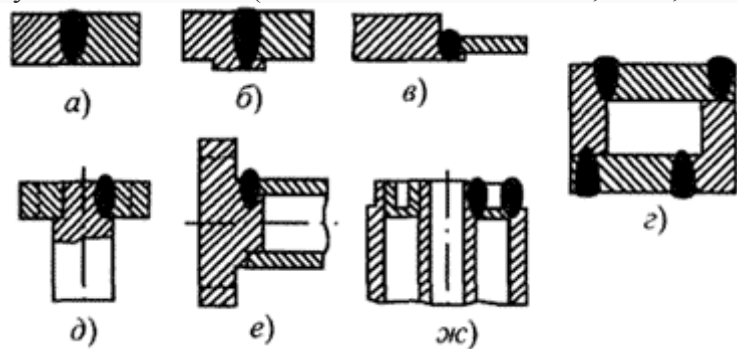
---



Дуговая сварка обладает значительным **преимуществом** по сравнению с ранее применявшимся в строительстве соединением частей конструкций при помощи клепки: уменьшается расход металла, повышается производительность труда, сокращаются сроки строительства и его стоимость.

**Лучевая сварка** бывает *электронно-лучевой*

*Основные типы сварных соединений*, рекомендуемые для электронно-лучевой сварки, приведены на рисунке 2. Перед сваркой требуется точная сборка деталей (при толщине металла до 5 мм зазор не более 0,07 мм, при толщине до 20 мм зазор до 0,1 мм) и точное направление луча по оси стыка (отклонение не больше 0,2 ... 0,3 мм).



а - стыковое (может быть с бортиком для получения выпуклости шва); б - замковое; в - стыковое деталей разной толщины; г - угловые; д и е - стыковые при сварке шестерен; ж - стыковые с отбортовкой кромок

*Рисунок 2. Типы сварных соединений при сварке электронным лучем*

При увеличенных зазорах (для предупреждения подрезов) требуется дополнительный металл в виде технологических буртиков или присадочной проволоки. В последнем случае появляется возможность металлургического воздействия на металл шва. Изменяя зазор и количество дополнительного металла, можно довести долю присадочного металла в шве до 50%.

**Сварка электронным лучом имеет значительные преимущества:**

1. Высокая концентрация ввода теплоты в изделие, которая выделяется не только на поверхности изделия, но и на некоторой глубине в объеме основного металла. Фокусировкой электронного луча можно получить пятно нагрева диаметром 0,0002 ... 5 мм, что позволяет за один проход сваривать металлы толщиной от десятых долей миллиметра до 200 мм. В результате можно получить швы, в которых соотношение глубины провара к ширине до 20:1 и более. Появляется возможность сварки тугоплавких металлов (вольфрама, тантала и др.), керамики и т.д. Уменьшение протяженности зоны термического влияния снижает вероятность рекристаллизации основного металла в этой зоне.
2. Малое количество вводимой теплоты. Как правило, для получения равной глубины проплавления при электронно-лучевой сварке требуется вводить теплоты в 4 ... 5 раз меньше, чем при дуговой. В результате резко снижаются коробления изделия.
3. Отсутствие насыщения расплавленного и нагретого металла газами. Наоборот, в целом ряде случаев наблюдается дегазация металла шва и повышение его пластических свойств. В результате достигается высокое качество сварных соединений на химически активных металлах и сплавах, таких как ниобий, цирконий, титан, молибден и др. Хорошее качество электронно-лучевой сварки достигается также на низкоуглеродистых, коррозионно-стойких сталях, меди и медных, никелевых, алюминиевых сплавах.

### **Недостатки электронно-лучевой сварки:**

1. Возможность образования несплавлений и полостей в корне шва на металлах с большой теплопроводностью и швах с большим отношением глубины к ширине;
2. Для создания вакуума в рабочей камере после загрузки изделий требуется длительное время.

### **Литература**

- *Корниенко А. Н.* У истоков «электрогефеста». — М.: Машиностроение, 1987
- *Мальши В. М., Сорока М. М.* Электрическая сварка. — Киев: Техніка, 1986
- *Красовский П. И., Мнткевич Э. К.* Автогенная сварка. — М.: 1926
- *Лавров С. И.* Автогенная обработка металлов. — Берлин, 1925.
- Оборудование для контактной сварки : справочное пособие / Под ред. В. В. Смирнова. — СПб.: Энергоатомиздат, 2000. — 848 с. ISBN 5-283-04528-5
- *Сидоров М. А.* Манят огни электросварки. — М.: «Знание», 1985
- *Achenbach F. U., Lavroff S.* Elektrisches und autogenes Schweissen und Schneiden von Metallen. — Berlin, 1925
- *Почекутов Е. Б.* ТКМ как познание жизни. — Красноярск, 1985

## **Практическая работа № 12**

**Тема:** Составление характеристики плазменной и газовой сварки.

**Цель работы:** Изучить процесс плазменной, газовой и кислородной резки

Порядок выполнения работы:

1. Дать определение плазменной сварки
2. Перечислить разновидности плазменной сварки.
3. Перечислить преимущества плазменной сварки.
4. Дать определение газовой сварке
5. Перечислить преимущества и недостатки газовой сварки.
6. Назвать область применения плазменной и газовой сварки.

### **Теоретическая часть.**

**Плазменная сварка** – это сварка с помощью направленного потока плазменной дуги.

#### **Технология плазменной сварки**

Плазмой называется частично или полностью ионизированный газ, состоящий из нейтральных атомов и молекул, а также электрически заряженных ионов и электронов. В таком определении обычная дуга может быть названа плазмой. Однако по отношению к обычной дуге термин «плазма» практически не применяют, так как обычная дуга имеет относительно невысокую температуру и обладает невысоким запасом энергии по сравнению с традиционным понятием плазмы.

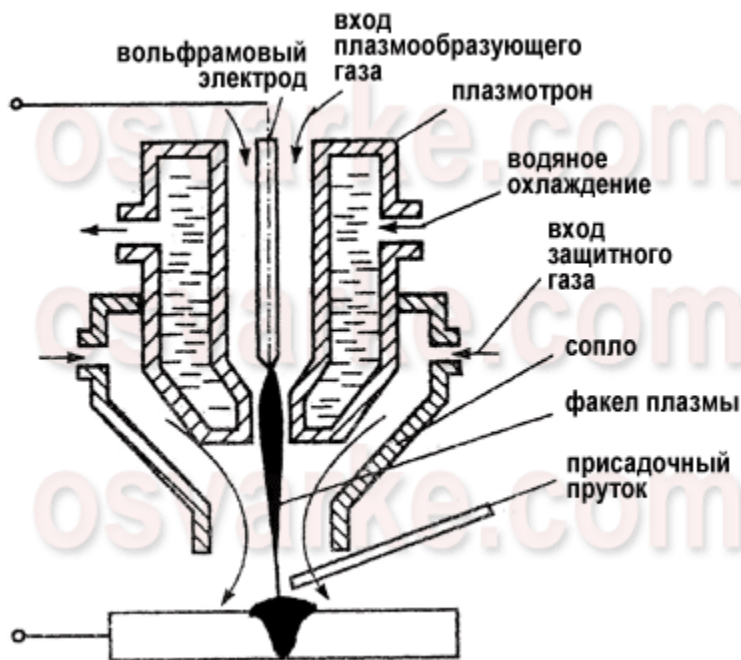


Рисунок. Схема процесса плазменной сварки

Для повышения температуры и мощности обычной дуги, и превращения ее в плазменную, используются два процесса: сжатие дуги и принудительное вдувание в нее плазмообразующего газа. Схема получения плазменной дуги приведена на рисунке выше. Сжатие дуги осуществляется за счет размещения ее в специальном устройстве – плазмотроне, стенки которого интенсивно охлаждаются водой. В результате сжатия уменьшается поперечное сечение дуги и возрастает ее мощность – количество энергии, приходящееся на единицу площади. Температура в столбе обычной дуги, горящей в среде аргона, и паров железа составляет 5000–7000°C. Температура в плазменной дуге достигает 30 000°C.

Одновременно со сжатием в зону плазменной дуги вдувается плазмообразующий газ, который нагревается дугой, ионизируется и в результате теплового расширения увеличивается в объеме в 50–100 раз. Это заставляет газ истекать из канала сопла плазмотрона с высокой скоростью. Кинетическая энергия движущихся ионизированных частиц плазмообразующего газа дополняет тепловую энергию, выделяющуюся в дуге в результате происходящих электрических процессов. Поэтому плазменная дуга является более мощным источником энергии, чем обычная.

*Основными чертами, отличающими плазменную дугу от обычной, являются:*

- более высокая температура;
- меньший диаметр дуги;
- цилиндрическая форма дуги (в отличие от обычной конической);
- давление дуги на металл в 6–10 раз выше, чем у обычной;
- возможность поддерживать дугу на малых токах (0,2–30 А).

Перечисленные отличительные черты делают плазменную дугу по сравнению с обычной более универсальным источником нагрева металла. Она обеспечивает более глубокое проплавление металла при одновременном уменьшении объема его расплавления. На рисунке приведена форма проплавления для обычной дуги и плазменной. Из рисунка видно, что плазменная дуга – более концентрированный источник нагрева и позволяет без разделки кромок сваривать большие толщины металла. Из-за своей цилиндрической формы и возможности существенно увеличить длину такая дуга позволяет вести сварку в труднодоступных местах, а также при колебаниях расстояния от сопла горелки до изделия.





Рисунок. Форма проплавления для обычной и плазменной дуги

Возможны две схемы процесса:

- сварка плазменной дугой, когда дуга горит между неплавящимся электродом и изделием,
- и плазменной струей, когда дуга горит между неплавящимся электродом и соплом плазмотрона и выдувается потоком газа.

Первая схема наиболее распространена.

В качестве плазмообразующего газа при сварке используется обычно аргон, иногда с добавками гелия или водорода. В качестве защитного газа используется чаще всего также аргон. Материал электрода – вольфрам, активированный иттрием, лантаном или торием, а также гафний и медь.

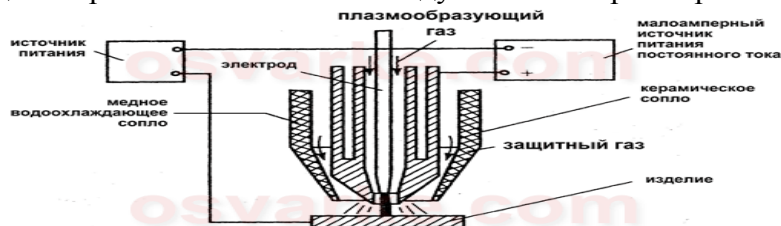
### Разновидности

В зависимости от силы тока различают три разновидности плазменной сварки:

- микроплазменная ( $I_{св} = 0,1-25A$ );
- на средних токах ( $I_{св} = 50-150A$ );
- на больших токах ( $I_{св} > 150A$ ).

### Микроплазменная сварка (Схема процесса микроплазменной сварки)

Наиболее распространенной является микроплазменная сварка. В связи с достаточно высокой степенью ионизации газа в плазмотроне и при использовании вольфрамовых электродов диаметром 1–2 мм плазменная дуга может гореть при очень малых токах, начиная с 0,1 А.



Специальный малоамперный источник питания (см. рисунок выше) постоянного тока предназначен для получения дежурной дуги, непрерывно горящей между электродом и медным водоохлаждаемым соплом. При подведении плазмотрона к изделию зажигается основная дуга, которая питается от источника. Плазмообразующий газ подается через сопло плазмотрона, имеющее диаметр 0,5–1,5 мм.

Защитный газ подается через керамическое сопло. Плазменная горелка охлаждается водой. Для зажигания дуги в сварочной установке имеются осцилляторы дежурной и основной дуги.

Микроплазменная сварка является весьма эффективным способом сплавления изделий малой толщины, до 1,5 мм. Диаметр плазменной дуги составляет около 2 мм, что позволяет сконцентрировать тепло на ограниченном участке изделия и нагревать зону сварки, не повреждая соседние участки. Такая дуга имеет цилиндрическую форму, поэтому глубина проплавления и другие параметры шва мало зависят от длины дуги, что позволяет при манипуляциях сварщиком горелкой избежать прожогов, характерных для обычной аргонодуговой сварки тонкого металла.

Установки для микроплазменной сварки позволяют осуществлять сварку в различных режимах: непрерывный прямой полярности, импульсный прямой полярности (позволяет регулировать тепловложение), разнополярными импульсами (для алюминия, обеспечивает разрушение оксидной пленки), непрерывный обратной полярности. Наиболее распространенной установкой является МПУ-4у.

К основным параметрам процесса микроплазменной сварки относятся сила тока, напряжение, расход плазмообразующего и защитного газа, диаметр канала сопла, глубина погружения в сопло электрода, диаметр электрода.



Микроплазменная сварка успешно применяется при производстве тонкостенных труб и емкостей, приварке мембран и сильфонов к массивным деталям, соединении фольги, термопар, при изготовлении ювелирных изделий.

#### **Плазменная сварка на средних токах**

Плазменная сварка на токах  $I_{св} = 50-150\text{А}$  имеет много общего с аргонодуговой сваркой вольфрамовым электродом. Однако из-за более высокой мощности дуги и ограниченной площади нагрева она является более эффективной. По энергетическим характеристикам плазменная дуга занимает промежуточное положение между обычной дугой и электронным или лазерным лучом. Она обеспечивает более глубокое проплавление, чем обычная дуга, при меньшей ширине шва.

#### **Плазменная сварка на больших токах**

Плазменная сварка на токах более  $I = 150\text{А}$  оказывает еще большее силовое воздействие на металл (плазменная дуга на токах 150А эквивалентна 300А дуге при сварке неплавящимся электродом).

Сварка сопровождается полным проплавлением с образованием в ванне сквозного отверстия. Происходит как бы разрезание деталей с последующей заваркой. Металл с обратной стороны шва удерживается силами поверхностного натяжения. Диапазон режимов весьма ограничен, поскольку при сварке возможны прожоги.

Плазменная сварка на больших токах используется при сплавлении низкоуглеродистых и легированных сталей, меди, алюминиевых сплавов, титана и других материалов. Во многих случаях она позволяет значительно уменьшить затраты, связанные с разделкой кромок, повысить производительность, улучшить качество швов.

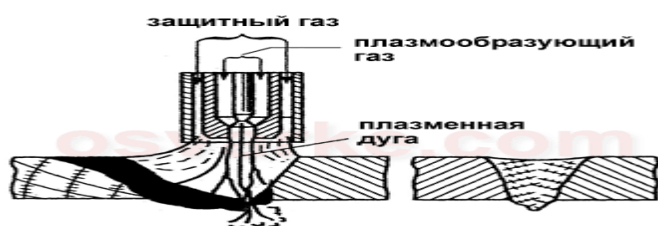


Рисунок. Формирование шва со сквозным проплавлением при плазменной сварке на больших токах

Плазменная сварка требует высокой культуры производства, соблюдения технологии заготовки и сборки, тщательного обеспечения условий охлаждения плазмотронов и правил их эксплуатации. Даже небольшие нарушения режима охлаждения плазмотрона вследствие высоких температур и малого диаметра сопла приводят к его разрушению.

К **преимуществам** плазменной сварки относятся повышения производительности, возможность выполнять соединения без разделки кромок, экономия присадочного материала инертного газа, а также возможность отказа в ряде случаев (например, при сварке меди) от дополнительного разогрева.

**Газовая** или **газоплавильная сварка**, также **газосварка** — процесс, при котором плавление основного и присадочного материала происходит в пламени открытой горелки. Поддержание пламени горелки осуществляют подачей одного или нескольких горючих газов или жидкостей в смеси с кислородом. Пламя может быть окислительным или восстановительным, это регулируется количеством кислорода.



Газовая сварка обладает следующими **преимуществами**: способ сварки сравнительно прост, не требует сложного и дорогого оборудования, а также источника электроэнергии. Изменяя тепловую мощность пламени и его положение относительно места сварки, сварщик может в широких пределах регулировать скорость нагрева и охлаждения свариваемого металла.

К **недостаткам** газовой сварки относятся меньшая скорость нагрева металла и большая зона теплового воздействия на металл, чем при дуговой сварке. При газовой сварке концентрация тепла меньше, а коробление свариваемых деталей больше, чем при дуговой сварке. Однако при правильно выбранной мощности пламени, умелом регулировании его состава, надлежащей марке присадочного металла и соответствующей квалификации сварщика газовая сварка обеспечивает получение высококачественных сварных соединений.

Газовая сварка **применяется** для ремонтных работ, твердой пайки и некоторых видов наплавочных работ. И хотя газовая сварка не позволяет достичь той же скорости и простоты как электродуговая, многие отдают ей предпочтение из-за простоты и мобильности.

Газовая сварка распространена в технике значительно меньше чем электрическая. Она применяется для изготовления тонкостенных стальных конструкций, при сварке чугуна, и цветных металлов и при наплавке твердых сплавов. Газовую сварку целесообразно применять для случаев, когда требуется постепенный нагрев и медленное охлаждение.

При газовой сварке нагрев и расплавление металла достигаются пламенем газосварочных горелок в результате сжигания в них горючих газов в среде кислорода.

### Литература.

1. ru.wikipedia.
2. Глизманенко Д.А. Газовая сварка и резка металлов.-М.: Высш. школа, 1969.-304с.
3. И. И. Соколов Газовая сварка и резка металлов
4. Н. И. Никифоров, С. П. Нешумова, И. А. Антонов Справочник газосварщика и газорезчика
5. Библиотечка сварщика

## Практическая работа № 13

Тема: Составление характеристики оборудования, технологии 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.

### Порядок выполнения работы

1. Записать номер, тему, цель работы.
2. Дать определение сварке.
3. Описать сварочную дугу и этапы зажигания.
4. Выписать оборудование для сварки
5. Зарисовать схему сварочного трансформатора (рис.1) и описать его работу.
6. Описать работу сварочного электрода.
7. Перечислить виды контактной сварки.
8. Написать преимущества и недостатки обеих видов сварки
9. Назвать область применения сварки.

### 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. 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 рассеиванием также разделяются на два типа: с подвижным шунтом или с подвижной обмоткой.

Наиболее широко используются трансформаторы с повышенным магнитным рассеиванием 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 магнитопровode 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 обуславливает повышенное индуктивное сопротивление трансформатора вследствие появления магнитных потоков рассеяния. При работе трансформатора основной магнитный поток  $\Phi_0$ , создаваемый первичной и вторичной обмотками, замыкается через магнитопровод. Часть магнитного потока замыкается вокруг обмоток через воздушное пространство, образуя потоки рассеяния  $\Phi_{S1}$  и  $\Phi_{S2}$ . С увеличением расстояния между обмотками увеличиваются потоки рассеяния и, следовательно, возрастает индуктивное сопротивление трансформатора.

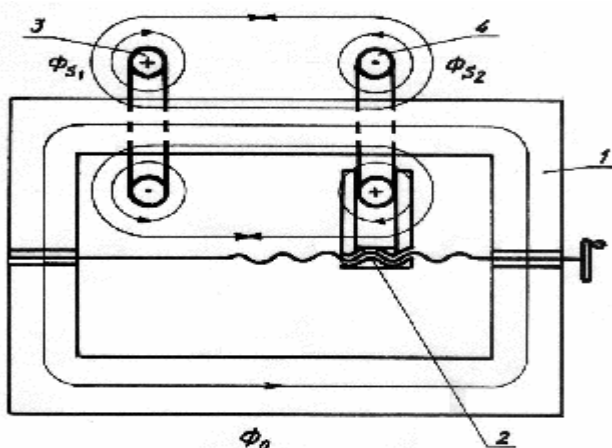


Рис. 1. Схема сварочного трансформатора

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, электрошпатель 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 навывпуск. 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 расплавленных 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-06Х19Н10МЗТ 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.

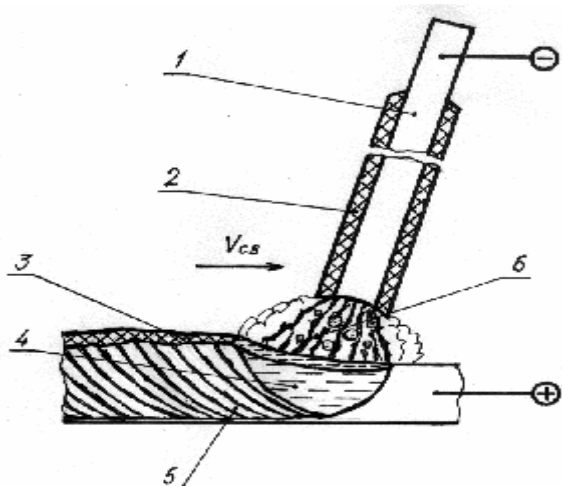


Рис. 2. Схема процесса сварки

Покрyтия 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 покрытие 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

покрyтия 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 молотка 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. (см. Приложение)

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  $60^\circ$  (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.

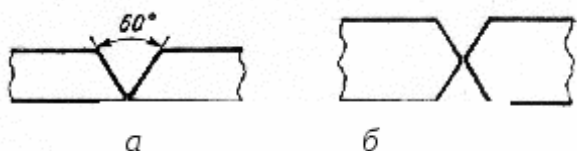


Рис. 3. V-образная (а) и X-образная (б) разделка кромок

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.

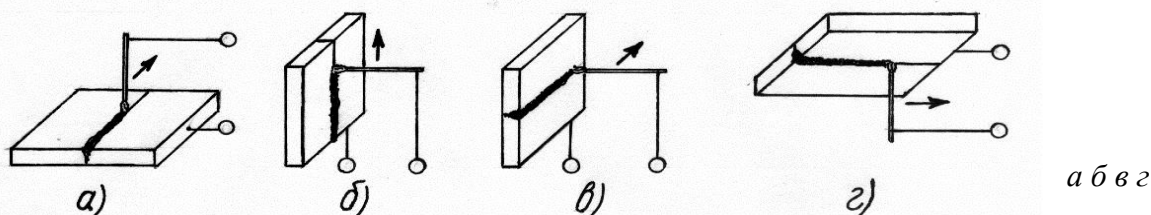


Рис. 4. Возможные пространственные положения при сварке: *a* – нижнее; *b* – вертикальное; *в* – горизонтальное; *г* – потолочное

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, так как этот участок имеет повышенное электрическое сопротивление из-за незначительной площади вершин соприкасающихся микровыступов и наличия пленок загрязнений и оксидов на свариваемых поверхностях.

Основными способами контактной сварки являются стыковая, точечная и шовная сварка.

### 5.1. Стыковая сварка

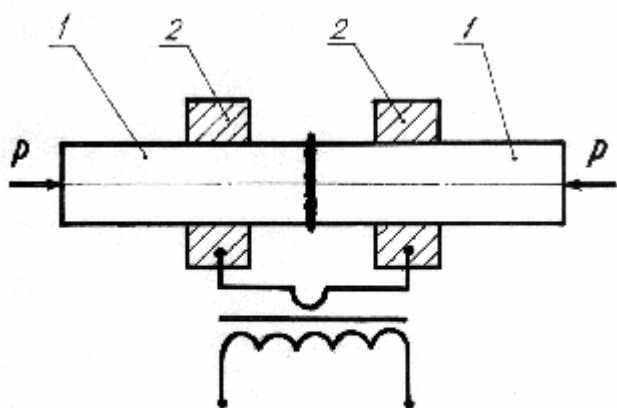


Рис. 5. Схема стыковой контактной сварки:  
1 – заготовка; 2 – зажим

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).

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 **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). Стыковую сварку с разогревом стыка до пластического состояния называют *сваркой сопротивлением*, а при

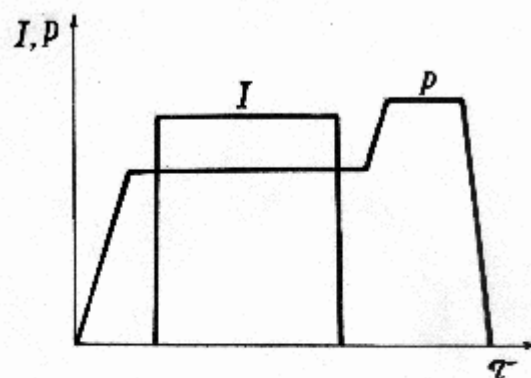


Рис. 6. Циклограмма контактной стыковой сварки сопротивлением

Её применяют при изготовлении концевых режущего инструмента, железобетонной арматуры,

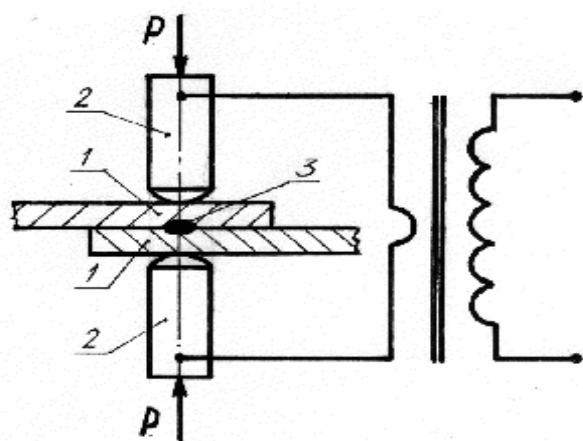


Рис. 7. Схема контактной точечной сварки:  
1 – заготовка; 2 – электрод; 3 – сварная точка

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 (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.

### 5.3. Шовная сварка

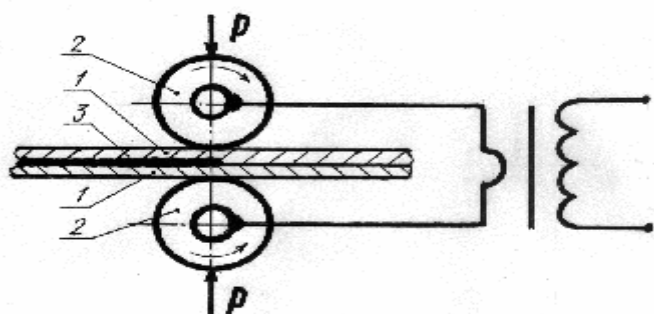


Рис. 8. Схема контактной шовной сварки:  
1 – заготовка; 2 – электрод-ролик; 3 – сварной шов

**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 перекрывающиеся 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 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. Основным показателем качества точечной и шовной сварки – размеры ядра сварной точки и литой зоны шва.

Качество контактной сварки контролируют внешним осмотром, методами неразрушающего контроля, а не проверенных разрушением образцов в тисках молотком и зубилом.

#### **Достоинства способа:**

- Простота оборудования;
- Возможность сварки во всех пространственных положениях;
- Возможность сварки в труднодоступных местах;
- Быстрый, по времени переход от одного вида материала к другому;
- Большая номенклатура свариваемых металлов.

#### **Недостатки способа:**

- Большие материальные и временные затраты на подготовку сварщика;
- Качество сварного соединения и его свойства во многом определяются субъективным фактором;
- Низкая производительность (пропорциональна сварочному току, увеличение сварочного тока приводит к разрушению электродного покрытия);
- Вредные и тяжёлые условия труда.

#### **Рациональные области применения:**

- Сварка на монтаже;
- Сварка непротяжённых швов.

#### **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. На какие группы делят сварочные стальные проволоки и как их маркируют?
10. Для чего предназначены электродные покрытия, и какие компоненты входят в их состав?
11. Что понимается под режимом ручной дуговой сварки?
12. Как обозначают сварочные электроды?
13. В каких пространственных положениях выполняется ручная дуговая сварка?
14. В какой последовательности выполняется стыковая сварка?
15. Что такое циклограмма контактной сварки?
16. Какие изделия производят с использованием точечной сварки?
17. Какие изделия производят с использованием шовной сварки?
18. Назовите разновидности сварки аккумулированной энергией.
19. Для каких изделий применяется контактная стыковая сварка?
20. Каковы основные дефекты контактной сварки?

## Список литературы:

1. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.; Под общ. ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., исправленное. М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.
2. Мастрюков А.В. и др. Технология металлов – М.: «Высшая школа», 1990.

## Практическая работа № 14

**Тема: Составление характеристики оборудования и технологии для пайки и склеивания.**

**Цель работы:** Изучить оборудование и технологию пайки и склеивания материалов.

### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с основными сведениями по теме работы.
2. Дать определение пайке и склеиванию
3. Выписать оборудование для пайки и склеивания
4. Описать технологию пайки и склеивания.
5. Написать преимущества и недостатки пайки и склеивания
6. Назвать область применения пайки и склеивания

### Основные сведения.

**Пайка** - Представляет собой процесс соединения деталей с использованием специального припоя и вспомогательного защитного материала — флюса.

В отличие от сварки пайка и склеивание позволяют соединять детали не только из однородных, но и неоднородных материалов, например: сталь с алюминием; металлы со стеклом, графитом, фарфором; керамика с полупроводниками; пластмассы; дерево, резина и пр.

При пайке и склеивании кромки деталей не расплавляются, что позволяет более точно выдерживать их размеры и форму, а также производить повторные ремонтные соединения. По прочности паяные и клеевые соединения уступают сварным в тех случаях, когда материал деталей обладает достаточно хорошей свариваемостью. Исключение составляют соединения тонкостенных элементов типа оболочек, когда имеется опасность прожога деталей при сварке.

**Оборудование и технология.** При пайке тонкой латунной пластины со стальным стержнем используют сварочную машину для точечной сварки мощностью 15 кВА; в качестве припоя применяют сплав системы Ag-Cu-Zn в виде кольца, уложенного между пластинкой и выступом-запечником стержня. Электроды изготовляют из хромистой меди, охлаждаемые водой. Продолжительность пайки 1,5 с. Скоротечность и локальность нагрева позволяют сохранить необходимую в эксплуатации твердость латунной пластинки при сравнительно высокой прочности соединения.

Интересным случаем пайки электросопротивлением диафрагмы из сплава бериллий - медь с латунной втулкой для переключателя давления холодильника служит применение гальванически нанесенного серебряного покрытия для образования припоя в месте соединения. Соединяемые поверхности как диафрагмы, так и штампованной латуни до сборки подвергаются серебрению. Для пайки узла применяют специальную машину, подобную шовной сварочной. Ролик, состоящий из молибденового обода, спаянного с сердцевинкой из хромистой меди, образует контакт с бериллиевой медью, а с латунию вступает в контакт подвижной ролик из хромистой меди с молибденовой сердцевинкой. Цилиндр, приводимый в движение воздухом, регулирует давление между электродами, режим прохождения тока контролируется автоматически электронным прерывателем.

Пайка электросопротивлением выводов интегральных схем к контактным площадкам печатных плат осуществляется на сварочной машине типа ПМС-1-02 в результате образования жидкой

фазы при контактном плавлении покрытий-припоев. Машина снабжена стабилизатором напряжения на электродах, обеспечивающим плавное регулирование мощности по мере разогрева соединяемых элементов.

По данным А. В. Егунова, В. И. Серебрякова и П. Б. Мелик-Огаджаняна, на платы в местах соединений наносят послойно покрытия - никель, медь и серебро. Никель служит барьерным покрытием, предотвращающим отслаивание медного проводника от диэлектрика благодаря высокому электросопротивлению, а также уменьшает опасность прожога контактной площадки. Слои меди (3-6 мкм) и серебра {10-15 мгм) образуют при нагреве сплав эвтектического состава с температурой плавления 779° С. Печатные платы с установленными на них интегральными схемами устанавливаются на машину. Пайку выполняют при напряжении на электродах 0,8-1,2 В, длительности импульса (времени нагрева) 8-10мс, усилия сжатия электродов 1,2-1,8 кгс.

Пайку металлокерамических контактов типа ОК15, спрессованных из композиции, состоящей из 15% окиси кадмия и 85% серебра, а также серебряных контактов к токоведущим узлам из меди, бронзы и латуни производят на машинах для контактной точечной сварки. Для лучшего смачивания контакта ОК15 припоем в основание его напрессовывают подслоем из чистого серебра. Пайку выполняют серебряным припоем ПСр71 в виде фольги толщиной 0,1 мм. После очистки паяемых поверхностей деталь устанавливают на нижнем графитовом электроде и поверхность ее в месте расположения контакта смазывают водным раствором буры. Затем на деталь укладывают пластинку припоя, по размерам равную площади контакта, и припаяваемый контакт. При нажиме на педаль сварочной машины верхний электрод опускается и сжимает соединяемые элементы. При достижении между электродами давления установленной величины автоматически включается ток и происходит нагрев и пайка. Отключение тока осуществляется также автоматически по истечении заданного времени выдержки. После отключения тока детали некоторое время находятся под давлением между электродами до полной кристаллизации припоя. Паяные узлы сбрасываются в бак с проточной водой. Качество пайки контролируют визуально, а прочность соединений - выборочно.

В массовом производстве паяных изделий машины для контактной точечной сварки комплектуют специальными электродами для пайки электросопротивлением, загрузочными бункерами и средствами транспортировки. Наряду с ручным управлением процессами пайки на этих машинах используют аппаратуру для автоматического управления.

В зависимости от свойств паяемых материалов и размеров соединяемых элементов подбирают соответствующие электроды. Наибольшее распространение получили угольные электроды марок ЭГ-2, ЭГ-8 и др., а также электроды из вольфрама и жаростойких сплавов.

#### **Преимущества пайки.**

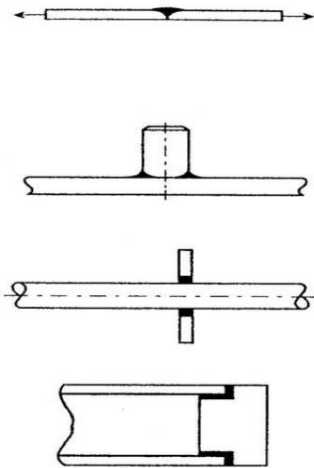
**Недостатки пайки.** непропай - несплошное заполнение зазора припоем, а также отсутствие связи между припоем и основным металлом; трещины; поры и раковины; шлаковые и флюсовые включения, деформации и коробление

**Склеивание** – это технологический процесс соединения деталей, осуществляемый с помощью специальных веществ, которые вследствие взаимодействия с поверхностью изделий и изменения своего физического состояния способны при определенных условиях прочно их скреплять.

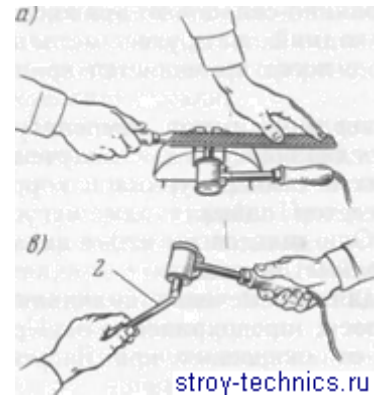
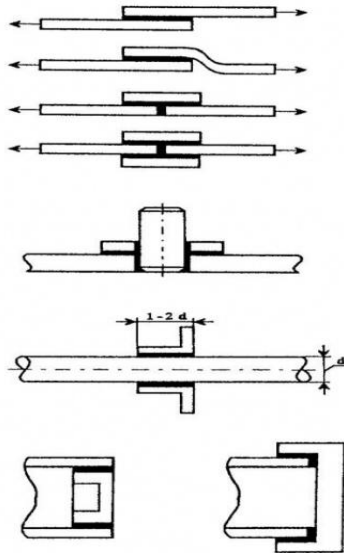
*Технологический процесс* склеивания состоит из следующих операций: 1. Подготовки поверхности деталей; 2. Приготовления клея; 3. Склеивания; 4. Контроля качества соединения.

Рис. 4 Варианты замены соединений, выполненных сваркой и пайкой, на детали, соединенные клеевым методом.

Сварка и пайка



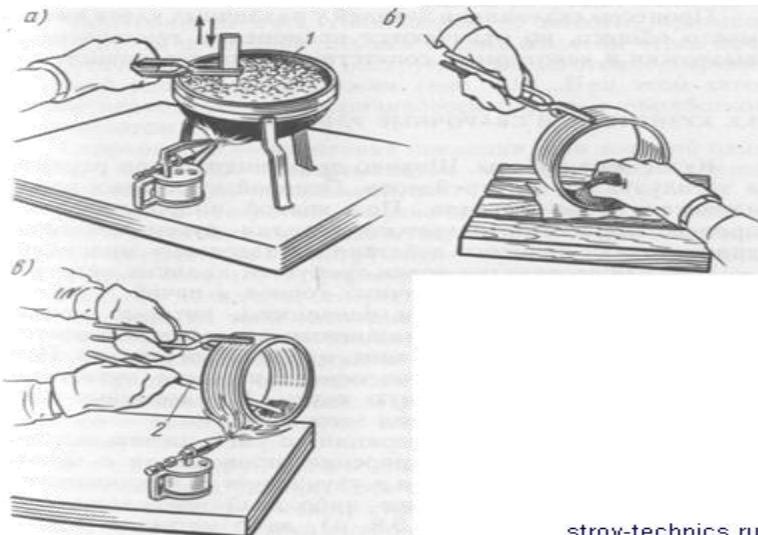
Склеивание



Клеевой пистолет

паяльная станция

паяльник



*Лужение детали:* а — способом погружения; в — нанесение припоя; б — растирание припоя паблей; 1 — кусочки древесного угля на полуде; 2 — припой

*Подготовка паяльника:*

а — заправка рабочей части; б — очистка рабочей части хлористым цинком; в — нанесение припоя; 1 — хлористый цинк; 2 — припой

Клеевое соединение - неразъемное соединение деталей с помощью клея, наносимого на соединение поверхности.

Склеивание применяется для закрепления элементов на платах, шасси и лицевых панелях, для соединения различных прокладок и уплотнительных колец с металлическими деталями; вообще склеивают материалы и их сплавы, натуральные, синтетические и слоистые материалы, стекло, керамику, спекаемые материалы.

Замена сварки, пайки, заклепочных соединений склеиванием уменьшает массу конструкции, позволяет соединить почти любые материалы, упрощает процесс сборки. Клеящими веществами являются высокополимерные синтетические смолы или реактивные смеси различных химических структур. Для металлов применяют растворы смол: эпоксидной, фенольной, полиэфирной, полиуретановой и силиконовой, а для пластмасс растворы смол, кроме перечисленных, поливиниловых соединений, полиамидов, полиакрилатов, производных каучука и аминопластов. Отверждение клеящего вещества осуществляется или посредством химической реакции или посредством испарения и диффузии.

**Применение пайки и склеивания** в машиностроении возрастает в связи с широким внедрением новых конструкционных материалов (например, пластмасс) и высокопрочных легированных сталей, многие из которых плохо свариваются. Примерами применения пайки в машиностроении могут служить радиаторы автомобилей и тракторов, камеры сгорания жидкостных реактивных двигателей, лопатки турбин, топливные и масляные трубопроводы и др. В самолетостроении наблюдается тенденция перехода от клепаной алюминиевой обшивки к обшивке из тонких стальных листов с сотовым промежуточным заполнением. Эту обшивку изготавливают в виде панелей, паянных в термических печах. Пайка и склеивание являются одним из основных видов соединения в приборостроении, в том числе в радиоэлектронике, где они являются преимущественно связующими, а не силовыми соединениями.

Процессы пайки и склеивания сравнительно легко поддаются механизации и автоматизации. Во многих случаях применение пайки и склеивания приводит к значительному повышению производительности труда, снижению массы и стоимости конструкций.

Эффективность применения паяных и клеевых соединений, их прочность и другие качественные характеристики в значительной степени определяются качеством технологического процесса: правильным подбором типа припоя и клея, температурным режимом, очисткой поверхностей стыка, их защитой от окисления и пр.

#### **Преимущества склеивания**

1. Способность соединять самые разнообразные металлы, которые могут существенно отличаться по свойствам, модулю упругости и толщине. Склеиванием можно соединять тонколистовые детали, тогда как другие способы соединения обычно неприемлемы.
2. Более равномерное распределение напряжений в склеиваемых элементах, чем при сварке, клепке, резьбовых соединениях. Это обусловлено значительной концентрацией напряжений, возникающих при сварке, а также отсутствием отверстий под заклепки и болты.
3. Возможность экономичной и быстрой сборки, замены нескольких видов сборки единым способом склеивания, одновременной сборки многих элементов конструкции.
4. Многообразие адгезивных материалов по форме и способам нанесения позволяет приспособить их ко многим производственным процессам.
5. Прочность клееной конструкции часто выше, а стоимость ниже, чем прочность и стоимость той же конструкции, выполненной альтернативными методами сборки. Применение клееных соединений вместо заклепочных и болтовых может привести к значительному снижению веса конструкции.

6. Деформационная способность многих адгезивных материалов обеспечивает возможность поглощать, перераспределять или более равномерно передавать напряжения от одного элемента конструкции к другому.
7. Возможность соединять чувствительные к нагреву материалы, деформирующиеся или разрушающиеся от сварки или пайки.
8. Клеи могут служить герметизирующим средством, предотвращающим воздействие влаги и химических реагентов. Во многих случаях клеевой шов является тепло-, звуко- и электроизолятором, а также может существенно уменьшить электролитическую коррозию между разнородными материалами.
9. Специальные клеи позволяют выполнять работы по склеиванию в различных климатических условиях без применения сложного оборудования и подвода тепла.

### **Недостатки склеивания**

1. Процесс склеивания может оказаться сложным из-за необходимости осуществлять тщательную подготовку поверхности склеиваемых элементов и сохранять их в чистоте, приготавливать и наносить клей на склеиваемую поверхность, поддерживать определенную температуру, давление и влажность в процессе склеивания, а также вследствие длительного времени отверждения (иногда с обеспечением длительного нагрева и приложения нагрузки) и применения различных приспособлений.
2. Необходимо весьма тщательно проектировать клеевое соединение, устранять воздействие на него отслаивающих и растягивающих нагрузок, а также напряжений, возникающих в результате различия в коэффициентах термического расширения склеиваемых элементов и клеевого шва.
3. Недостаточная теплостойкость клеевого шва ограничивает применение клеевых конструкций до определенных температур, в то время как клепанные, сварные и паянные соединения удовлетворительно работают при более высоких температурах. Некоторые клеи недостаточно стойки к тепловому и механическому удару.
4. Невозможно сразу получить оптимальную прочность соединения, как это, например, можно сделать при сварке. Часто очень трудно обеспечить требуемый уровень контроля качества клеевых соединений.
5. Возможное ухудшение прочностных характеристик соединения при действии тепла, холода, биосреды, химических реагентов, пластификаторов, радиационного облучения и других эксплуатационных факторов, несовместимость клея с материалом склеиваемых элементов и, как следствие, возможность появления коррозии.
6. Трудность демонтажа соединения при необходимости полной разборки или ремонта конструкции.
7. Тенденция к ползучести под постоянной нагрузкой, характерная для термопластичных клеев; низкая прочность при отслаивании, присущая многим термореактивным клеям; часто неизвестная величина долговечности клеевых соединений в условиях воздействия жестких эксплуатационных факторов.
8. Некоторые конструкции более экономично изготавливать, используя другие методы сборки, особенно в тех случаях, когда для этих целей имеется необходимое оборудование.

#### *Вопросы для самоконтроля (пайка):*

1. Классификация припоев
2. Основные типы легкоплавких, среднеплавких, высокоплавких и тугоплавких припоев
3. Подготовка поверхности деталей под пайку
4. Роль и выбор зазора между паяемыми поверхностями на качество пайке
5. Сборка деталей и размещение припоя
6. Классификация флюсов
7. Примеры типовых флюсов для низко- и высокотемпературной пайке
8. Основные требования к нагреву детали при пайке
9. Основные способы нагрева деталей при пайке

*Вопросы для самоконтроля (склеивание):*

1. Классификация клеев
2. Подгонка поверхности деталей под склеивание
3. Подготовка под склеивание поверхностей металлов, полимеров, резины, стекла
4. Способы нанесения клея на поверхности деталей.
5. Способы отверждения клея

#### **Литература:**

1. Акулов А.Н., Бельчук А.К., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. Б.Е.Патона. - М.: Машиностроение, 1974. – 689 с.
3. Технология и оборудование контактной сварки / под ред. Б.Д.Орлова. - М.: Машиностроение, 1986. - 352 с.
4. Гуляев А.И. Технология точечной и рельефной сварки сталей. - М.: Машиностроение, 1978. - 246 с.
5. Лашко С.В., Лашко Н.Ф. Пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1988. –376 с.
6. Петрова А.П., Кондрашов Э.К., Коротков Ю.В. Склеивание инструмента и оснастки в машиностроении. - М., Машиностроение, 1985, - 184 с.

#### **Практическая работа № 15.**

**Тема: Составление характеристики методов обработки поверхностей заготовок резанием.**

##### **Цель работы**

1. Ознакомиться с параметрами режима резания, геометрией режущего инструмента, устройством и назначением некоторых металлорежущих станков.
2. Изучить технологические процессы обработки деталей машин точением, фрезерованием, строганием.

##### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с основными сведениями по теме работы.
2. Дать определение обработка резанием.
3. Описать работы режущим инструментом
4. Перечислить схемы способов обработки резанием
5. Зарисовать рис.1 и перечислить элементы рабочей части токарного резца

#### **Основные положения**

Обработка резанием является универсальным методом размерной обработки. Метод позволяет обрабатывать поверхности деталей различной формы и размеров с высокой точностью из наиболее используемых конструкционных материалов. Он обладает малой энергоемкостью и высокой производительностью. Вследствие этого обработка резанием является основным, наиболее используемым в промышленности процессом размерной обработки деталей.



## Сущность и схемы способов обработки

**Обработка резанием** — это процесс получения детали требуемой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей за счет механического срезания с поверхностей заготовки режущим инструментом материала технологического припуска в виде стружки (рис. 1.1).

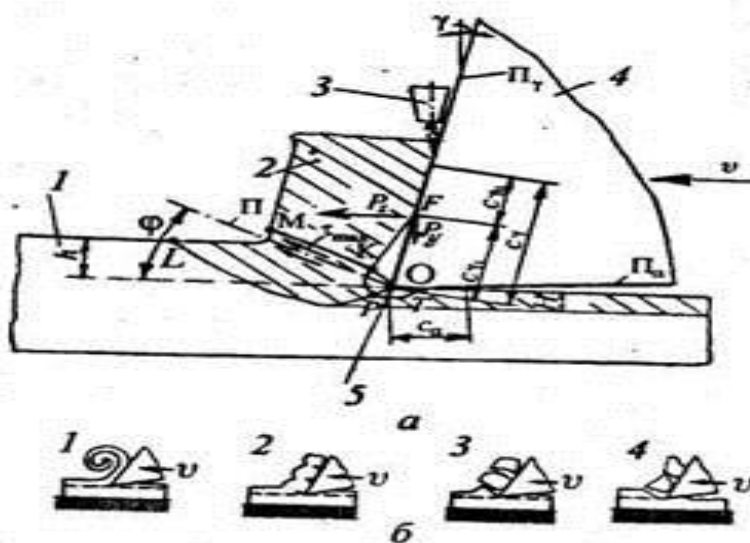


Рис. 1.1. Условная схема процесса резания:

а – 1 – обрабатываемый материал; 2 – стружка; 3 – подача смазочно-охлаждающих средств; 4 – режущий клин; 5 – режущая кромка;  $\phi$  – угол сдвига, характеризующий положение условной плоскости сдвига ( $\Pi$ ) относительно плоскости резания;  $\gamma$  – главный передний угол режущего клина;  $P_z$  – сила резания;  $P_y$  – сила нормального давления инструмента на материал;  $C_{\gamma}$ ,  $C_{\gamma 1}$  – длины пластичного и упругого контактов;  $C_\gamma$ ,  $C_a$  – длина зон контактного взаимодействия по передней и задней поверхностям инструмента;  $LOM$  – область главного упругопластического деформирования при стружкообразовании;  $FKPT$  – область вторичной контактной упруго-пластической деформации металла;  $h$  – глубина резания;  $H$  – толщина зоны пластического деформирования (наклепа) металла.

Основным режущим элементом любого инструмента является режущий клин (рис. 1.1, а). Его твердость и прочность должны существенно превосходить твердость и прочность обрабатываемого материала, обеспечивая его режущие свойства. К инструменту прикладывается усилие резания, равное силе сопротивления материала резанию, и сообщается перемещение относительно заготовки со скоростью  $v$ . Под действием приложенного усилия режущий клин врезается в заготовку и, разрушая обрабатываемый материал, срезает с поверхности заготовки стружку. Стружка образуется в результате интенсивной упругопластической деформации сжатия материала, приводящей к его разрушению у режущей кромки, и сдвигу в зоне действия максимальных касательных напряжений под углом  $\phi$ . Величина  $\phi$  зависит от параметров резания и свойств обрабатываемого материала. Она составляет  $\sim 30^\circ$  к направлению движения резца. Внешний вид стружки характеризует процессы деформирования и разрушения материала, происходящие при резании. Различают четыре возможных типа образующихся стружек: сливная, суставчатая, элементная и стружка надлома (рис. 1.1, б).

В процессе резания режущий клин, испытывая интенсивное трение, контактирует с материалом стружки и обработанной поверхностью в контактных зонах. Для снижения сил трения и нагрева инструмента применяют принудительное охлаждение зоны резания смазочно-охлаждающими средами (СОС), подавая их в зону резания специальными устройствами.

Детали и инструменты закрепляются в специальных органах станка или приспособлениях. Станок, приспособление, инструмент и деталь образуют силовую систему (СПИД), передающую усилие и движение резания от привода станка режущему инструменту и детали.

Реальные схемы различных способов обработки резанием, используемый инструмент, а также виды движения инструмента и заготовки в процессе обработки приведены на рис. 1.2. В



зависимости от используемого типа инструмента способы механической обработки подразделяются на лезвийную и абразивную.

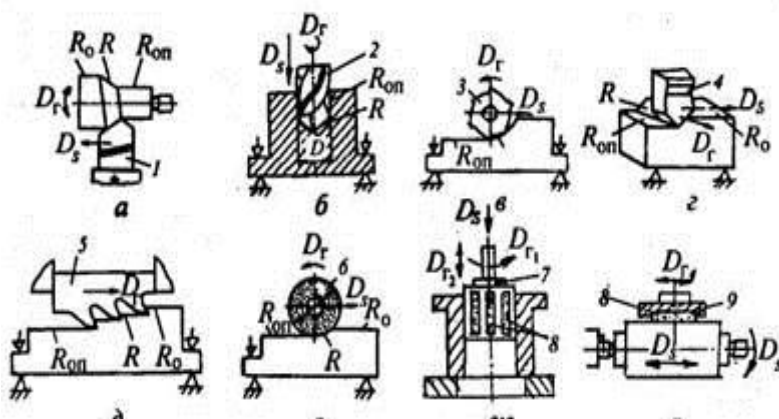


Рис. 1.2. Схемы способов обработки резанием:

а – точение; б – сверление; в – фрезерование; г – строгание; д – протягивание; е – шлифование; ж – хонингование; з – суперфиниширование;  $D_r$  – главное движение резания;  $D_s$  – движение подачи;  $R_o$  – обрабатываемая поверхность;  $R$  – поверхность резания;  $R_{on}$  – обработанная поверхность; 1 – токарный резец; 2 – сверло; 3 – фреза; 4 – строгальный резец; 5 – протяжка; 6 – абразивный круг; 7 – хон; 8 – бруски; 9 – головка.

Отличительной особенностью лезвийной обработки является наличие у обрабатываемого инструмента острой режущей кромки определенной геометрической формы, а для абразивной обработки – наличие различным образом ориентированных режущих зерен абразивного

инструмента, каждое из которых представляет собой микролин.

Рис. 1.3. Конструкция и элементы лезвийных режущих инструментов:

а – токарного резца; б – фрезы; в – сверла;  
1 – главная режущая кромка; 2 – главная задняя поверхность; 3 – вершина лезвия; 4 – вспомогательная задняя поверхность лезвия; 5 – вспомогательная режущая кромка; 6 – передняя поверхность; 7 – крепежная часть инструмента.

### 1. Режим резания

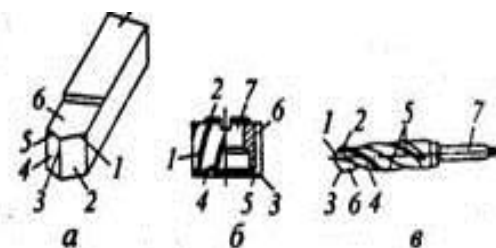
Движения, которые сообщаются инструменту и заготовке для срезания слоя металла, называют *движениями резания*. Они разделяются на *главное движение резания*  $D_r$ , которое определяет скорость деформирования и отделения стружки, и *движение подачи*  $D_s$ , которое обеспечивает непрерывность процесса резания. Главное движение всегда одно, движений подачи может быть несколько.

**Скорость главного движения резания  $v$**  (м/мин.) – это скорость перемещения точки режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности в направлении главного движения. Для вращательного главного движения скорость резания:

$$v = \pi \cdot D_{заг} \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ м/мин.}$$

**Скорость движения подачи  $v_s$**  – это скорость рассматриваемой точки режущей кромки в направлении движения подачи. Предусматривается также понятие **подача  $s$**  (мм/об; мм/дв. ход) – это перемещение инструмента в направлении движения подачи за один оборот, либо двойной ход заготовки или инструмента.

**Глубина резания  $t$**  (мм) – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное перпендикулярно к последней, пройденное



за один проход инструмента.

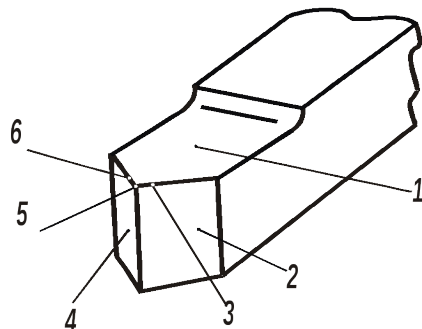
При обработке цилиндрической поверхности:

$$t = 0,5 \cdot (D_{\text{зар.}} - d), \text{ мм.}$$

## 2. Геометрия инструмента

При всем многообразии конструкций режущих инструментов они имеют много общего, поэтому подробное изучение токарного резца позволяет ограничиться рассмотрением лишь специфических особенностей конструкции других инструментов.

Токарный проходной резец состоит из *стержня*, при помощи которого он закрепляется на станке, и *рабочей части*. Элементы рабочей части резца



показаны на рис. 1: *передняя поверхность 1*, по которой сходит стружка; *поверхности, называемые задними*, которые обращены: *главная задняя 2* – к поверхности резания, *вспомогательная задняя 4* – к обработанной поверхности; *главная 3* и *вспомогательная 6 режущая кромка*; *вершина резца 5*.

Рис. 1. Токарный проходной резец

Расположение поверхностей режущей части инструмента регламентируется углами, для определения которых вводят координатные плоскости. Плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подачи, и проходящая через вершину резца, называется *основной*.

*Плоскость резания* проходит через главную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости.

Главные углы резца рассматриваются в *главной секущей плоскости* (см. рис. 2, б), которая проходит перпендикулярно к проекции главной режущей кромки на основную плоскость. *Передний угол*  $\gamma$  образуется передней поверхностью и нормалью к плоскости резания, а *главный задний угол*  $\alpha$  – главной задней поверхностью и поверхностью резания. *Угол заострения*  $\beta$  заключен между передней и задней поверхностями.

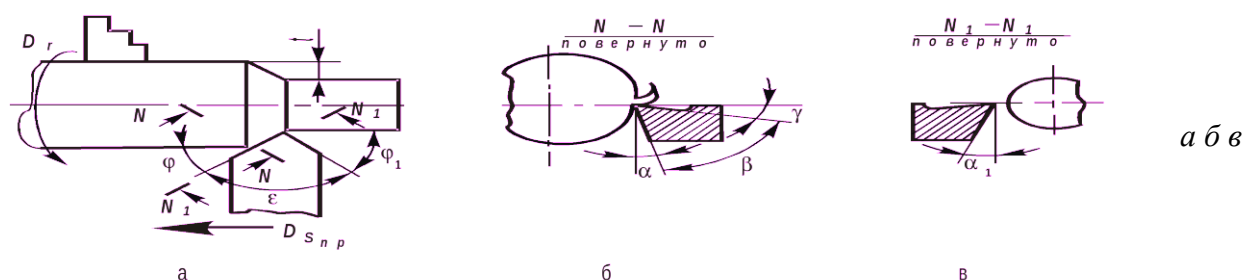


Рис. 2 а, б, в

*Вспомогательный задний угол*  $\alpha_1$  измеряют во вспомогательной секущей плоскости (рис. 2, в), перпендикулярной проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость. *Главный угол в плане*  $\varphi$  образуется проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением движения подачи, а *вспомогательный угол в плане*  $\varphi_1$  – проекцией вспомогательной режущей кромки на эту плоскость и направлением, противоположным движению подачи (рис. 2, а). *Угол в плане при вершине* резца  $\varepsilon$  измеряют между проекциями режущих кромок на основную плоскость.

Углы инструмента определяют остроту режущего клина, форму сечения срезаемого слоя и существенно влияют на процесс резания и стружкообразования.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные движения станка необходимы при токарной обработке, строгании, сверлении, фрезеровании и шлифовании?
2. Какие параметры входят в понятие режима резания, в каких единицах они измеряются?
3. Что такое скорость резания?
4. Что такое подача?
5. Назовите элементы рабочей части токарного резца.
6. Какие поверхности рабочей части резца называют передней и задней поверхностью?
7. Какие лезвия резца называют главным и вспомогательным?

### ЛИТЕРАТУРА

3. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.; Под общ. ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., исправленное. М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.
4. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Трухов, Ю.А. Сорокин, М.Ю. Ершов и др.; Под ред. А.П. Трухова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 528 с.
5. Васильев В.А., Васильев А.В. Справочник литейщика: пособие для формовщиков, заливщиков, модельщиков, технологов и нормировщиков. – Донецк: Донбасс, 1983. – 144с.
6. Справочник технолога-машиностроителя, т. 1 и 2. /Под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2001.

### Практическая работа № 16

**Тема:** Составление характеристики износа режущего инструмента и виды стружек.

**Цель работы:** Изучить виды стружек и износ режущего инструмента.

#### Порядок выполнения работы:

1. Дать понятие стружке.
2. Перечислить, описать виды стружек и зарисовать схемы (рис.1)
3. Зарисовать схему износа резцов (рис. 2).
4. Описать процесс изнашивания резцов.
5. Описать способы ломания стружки
6. Перечислить виды изнашивания режущего инструмента
7. Зарисовать таблицу 1 (Изнашивание режущей части инструмента)

#### Теоретическая часть.

**Стружка** — небольшой кусочек [дерева](#), [металла](#), [пластмассы](#) или другого материала, представляющий собой тонкий и узкий слой, срезанный ножом, строгательным или металлорежущим инструментом

#### Виды стружек

В зависимости от обрабатываемого материала, условий резания, геометрии режущего инструмента изменяется характер стружки. Стружка при резании может быть (рис.1):

*сливная* – сходится в виде ленты, закручивающейся в спираль. Поверхность ее, обращенная к резцу, чистая и гладкая. С обратной стороны она имеет небольшие зазубрины. Образуется при обработке пластичных материалов (мягкой стали, латуни, алюминия и др.) со значительными скоростями скольжения и небольшими подачами инструмента с оптимальными передними углами. Образованию сливной стружки способствует увеличение переднего угла  $\gamma$ , уменьшение толщины среза  $a$ , повышение скорости резания, а также увеличение пластичности обрабатываемого материала;

*скалывания* – состоит из отдельных связанных между собой элементов. Обращенная к резцу сторона ее гладкая, а противоположная имеет большие зазубрины. Образуется при обработке металлов средней твердости с невысокими скоростями резания и значительными подачами резцов, имеющих небольшие передние углы;

*надлома* – состоит из отдельных не связанных или слабо связанных между собой элементов стружки. Образуется при обработке хрупких материалов (чугуна, бронзы, некоторых сплавов алюминия). Обработанная поверхность имеет большие неровности.

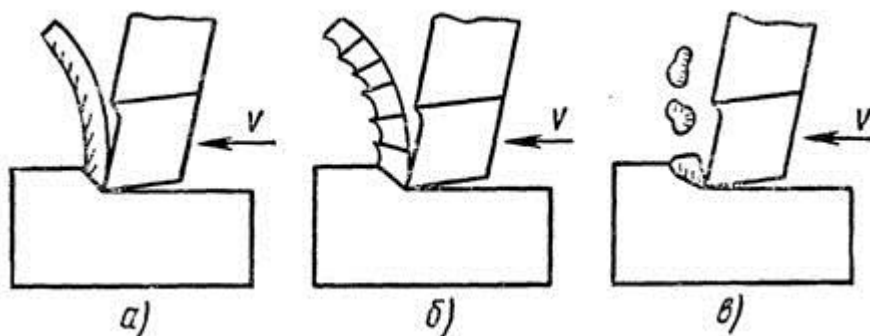


Рис.1. Виды стружек:

*a* - сливная; *б* - скалывания; *в* - надлома

Стружка, образующаяся в процессе резания, подвергается значительной деформации, одним из проявлений которой является ее *усадка*.

Усадка состоит в том, что длина стружки становится меньше длины обработанной поверхности, а толщина – больше толщины срезаемого с заготовки слоя металла. Ширина стружки при этом практически не изменяется. Величина усадки характеризуется коэффициентом

$$K = \frac{L_0}{L} = \frac{h}{h_0}$$

усадки:

где  $L_0$  – длина обработанной поверхности;  $L$  – длина стружки;  $h_0$  – толщина срезаемого с заготовки слоя;  $h$  – толщина стружки.

Величина усадки стружки зависит от свойств обрабатываемого материала, режима резания, геометрических параметров инструмента и др. Для хрупких материалов  $K \cong 1$ , для пластичных  $K = 5 \dots 7$ . Использование СОЖ усадку стружки уменьшает.

**Износ режущего инструмента.** В процессе резания в результате трения стружки о переднюю поверхность инструмента и задней поверхности о заготовку режущие поверхности инструмента изнашиваются. Независимо от вида и назначения инструменты изнашиваются: по задней поверхности (рис. 2,а); по передней поверхности

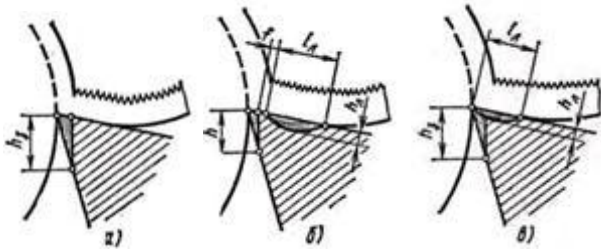


Рис. 2. Схема износа резцов:

*a* — по задней поверхности, *б*—по передней поверхности, *в*—по задней и передней поверхностям

(Рис.2,б); одновременно по передней и задней поверхностям (рис. 2, в). В зависимости от условий обработки может преобладать тот или иной вид износа. Износ по задней поверхности характеризуется площадкой с высотой  $h_z$  (рис. 2, а). В процессе резания увеличиваются площадка, трение, нагрев, быстрее протекает процесс износа. Быстрый рост износа является опасным, так как может привести к разрушению режущей кромки инструмента. Износ инструмента допускается в определенных пределах (допустимый износ), после которого инструмент надо переточить, возобновить его режущие способности. Износ передней поверхности инструмента образуется от трения сходящей с нее стружки. Износ образуется в виде лунки глубиной  $h_l$  (рис. 2,б,в). Края лунки располагаются приблизительно параллельно главному лезвию инструмента, а длина лунки равна его рабочей длине.

При работе инструментами из быстрорежущей стали на малых и средних скоростях резания перемычка между краем лунки и главным лезвием сохраняется благодаря образовавшемуся наросту, предохраняющему переднюю грань от истирающего действия стружки. По мере увеличения износа край лунки может сойтись с кромкой изношенной задней поверхности и на окончательно изношенном инструменте останется только часть лунки (рис. 2,в). Практически до такого износа инструмент не доводят, а перетачивают значительно раньше из-за износа по задней поверхности.

Лунка, увеличивая передний угол резца, облегчает процесс резания. На рис. 2, в показан одновременный износ по задней и передней поверхностям инструмента.

Обеспечение образования короткой, легко удаляемой стружки особенно важно при высоких режимах резания, когда в единицу времени образуется большой объем стружки и необходимо обеспечить безостановочную работу оборудования и безопасность оператора.

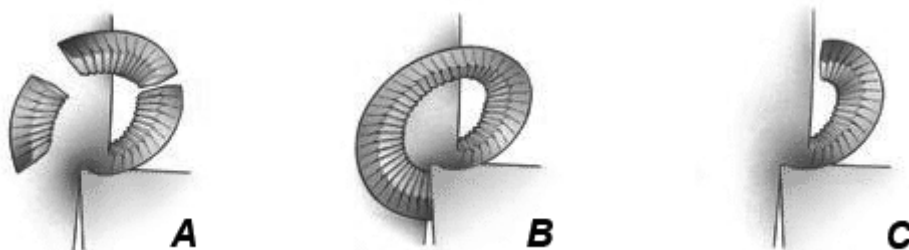


Рис. 3. Способы ломания стружки

Известны четыре основных вида стружколомания:

А. Стружка ломается в процессе резания, благодаря правильно выбранному для данного обрабатываемого материала геометрии инструмента и параметрам режима резания.

Б. Стружка ломается от соприкосновения с задней поверхностью режущей пластины или корпуса резца. Такой метод, хотя и приемлем в ряде случаев, может привести к поломке режущей пластины.

С. Стружка ломается при контакте с обрабатываемой деталью, что может привести к увеличению шероховатости обрабатываемой поверхности, чаще всего данный способ неприемлем.

Д. Стружка ломается о специальный стружколом, прикрепленный на режущий инструмент или станок.

### **Виды изнашивания режущего инструмента**

При обработке резанием различают следующие основные виды изнашивания режущего инструмента: адгезионное, диффузионное, окислительное, абразивное.

**Адгезионное изнашивание.** Адгезия – это возникновение связи между поверхностными слоями двух разнородных тел, приведенных в соприкосновение.

В процессе резания в результате действия сил молекулярного сцепления (адгезии) происходит схватывание поверхностных слоев режущего инструмента с обрабатываемым материалом заготовки. В точках контакта, где установилось адгезионное схватывание, происходит разрушение материала инструмента. Частицы материала вырываются с поверхности инструмента и уносятся стружкой.

**Диффузионное изнашивание.** Диффузия – это взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие теплового движения частиц вещества. В процессе резания происходит непрерывный и направленный диффузионный перенос углерода и вольфрама из приграничного слоя инструментального материала лезвия инструмента в контактирующий с ним слой обрабатываемого материала заготовки. По мере увеличения скорости резания, и, следовательно, температуры диффузионное изнашивание увеличивается. Наиболее активно диффузионному изнашиванию подвергаются твердые сплавы, работающие при высоких скоростях резания, когда температура контактных слоев более 900-950 °С.

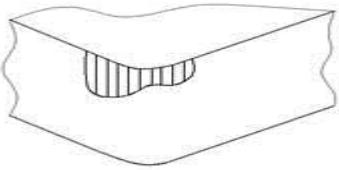
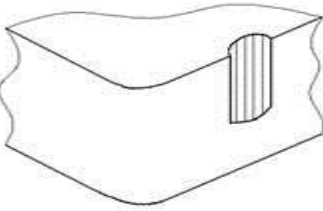
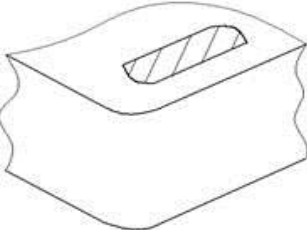
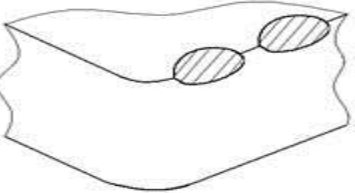
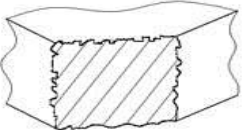
**Окислительное изнашивание.** В пространство между контактной поверхностью лезвия инструмента и опорной поверхностью срезаемого слоя и поверхностью резания заготовки проникает газовая или жидкая среда. Это приводит к непрерывному окислению тонкого поверхностного слоя инструмента и образованию оксидов. Оксиды менее прочны, чем исходный материал инструмента, поэтому они разрушаются силами трения и удаляются в виде продуктов износа.

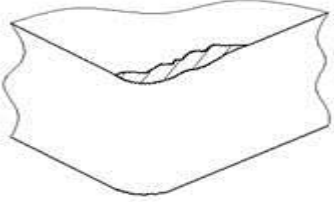
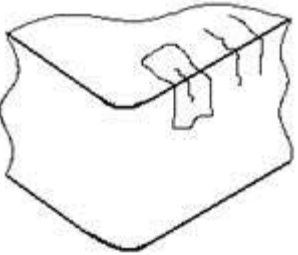
**Абразивное изнашивание.** Трение между стружкой и передней поверхностью лезвия инструмента, а также его главной задней поверхности с поверхностью резания заготовки вызывает износ режущего инструмента. Трущиеся поверхности инструмента и заготовки имеют шероховатость, поэтому в процессе взаимного скольжения неровности обрабатываемого материала разрушают неровности на лезвии инструмента. Этот процесс абразивного разрушения принимается за основу в условиях сухого и полусухого трения.

В процессе резания возможны следующие виды износа лезвия режущего инструмента (табл. 1).

Таблица 1

## Изнашивание режущей части инструмента

Причины потери работоспособности	Характерные особенности
<p data-bbox="304 232 715 264">Износ по задней поверхности</p> 	<p data-bbox="911 232 1497 376">Основной критерий для определения периода стойкости инструмента. Если период стойкости снижается – следует корректировать режим и условия резания.</p>
<p data-bbox="363 517 655 548">Износ в форме усика</p> 	<p data-bbox="911 517 1533 734">Возникает в той области главной режущей кромки инструмента, где она контактирует с поверхностью заготовки. Причина возникновения – высокая твердость поверхностного слоя, а также твердый заусенец на заготовке.</p>
<p data-bbox="363 853 655 884">Износ в форме лунки</p> 	<p data-bbox="911 853 1513 1070">Износ по передней поверхности характеризуется глубиной лунки. Для твердосплавных пластин с покрытиями и геометрией, способствующей разлому стружки, этот износ не является критерием стойкости инструмента.</p>
<p data-bbox="284 1240 735 1272">Выкрашивание режущей кромки</p> 	<p data-bbox="911 1240 1528 1458">Слабое выкрашивание вдоль режущей кромки, сопровождаемое износом по задней поверхности. Выкрашивание кромки вне зоны резания – результат ударов стружки при неблагоприятных условиях стружкообразования.</p>
<p data-bbox="379 1650 639 1682">Поломка пластины</p> 	<p data-bbox="911 1650 1517 1832">Сопровождается повреждением инструмента и заготовки. Причины зависят от станка и заготовки. Поломка часто возникает в местах выемок или преимущественного износа.</p>

<p>Износ при наростообразовании</p> 	<p>Нарост возникает на передней поверхности как результат сварки материала заготовки с материалом режущей части инструмента. Нарост периодически разрушается и создаёт условия неустойчивости деформирования обработанной поверхности. При чистовой обработке может повредить режущую кромку.</p>
<p>Пластическая деформация режущего клина</p> 	<p>Возникает вследствие чрезмерного нагружения режущей кромки в сочетании с высокими температурами резания. Имеется опасность поломки.</p>
<p>Термические трещины (термический шок)</p> 	<p>Микро – и макротрещины, распространяющиеся в области режущего лезвия, вызванные переменными термическими нагрузками при прерывистом резании.</p>

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенберг Ю.А. О процессе стружкообразования при резании металлов//Известия Томского политехнического университета. - 2002.- Т.3. - С.51-53.
2. Швец С.В. Наростообразование и процесс резания //Проблемы трибологии.-1998-№2.-С.17-20.
3. Розенберг А.М. Экспериментальное исследование процесса образования металлической стружки//Известия Сибирского технологического института. - Томск: Красное знамя, 1929. - Т.51. - Вып.4. - С. 1-75.
4. Армарега И.Дж., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием. - М.: Машиностроение, 1977. - 325 с.
5. Швец Станислав. Системное изучение технологического процесса резания - основной резерв повышения его качества// Информатизація та нові технології.-1996.- № 1.-С. 26-29.
6. Швец С.В. К вопросу о структуре зоны резания//Вісник Сумського державного університету.- 1994.-№2.- С. 52-58.
7. Швец С.В. Применение феноменологической теории деформируемости металлов при исследовании процесса стружкообразования//Вісник Сумського державного університету.-2003.- №3.- С. 155-161.
8. Атомистика разрушения/Под ред. А.Ю.Ишлинского, Г.Г.Черного.- М.: Мир, 1987.- Вып.40.- 248 с.
9. Маклинток Ф. Пластические аспекты разрушения//Разрушение. - М.: Мир, 1976. - Т.3.- С. 67-262.



**Тема: Составление характеристики технологических операций на сверлильных станках**

**Цель работы:** Изучить особенности технологических операций сверления, зенкерования, развертывания и режущие инструменты.

**Порядок выполнения работы:**

1. Дать определение сверлению, зенкерованию, развертыванию.
2. Дать описание элементу сверла и режимов резания
3. Перечислить виды сверл (рис.54) и дать каждому описание.
4. Записать, чему равен квалитет при сверлении, зенкеровании и развертывании.
5. Описать конструкции сверла, зенкера и развертки.
6. Назвать область применения режущих инструментов.

**I. Сверление. Сущность процесса сверления.**

**Сверление** представляет собой процесс удаления металла для получения отверстий. Процесс сверления включает два движения: вращение инструмента  $V$  (рис. 48) или детали вокруг оси и подачу  $S$  вдоль оси. Режущие кромки сверла срезают тонкие слои металла с неподвижно укрепленной детали, образуя стружку, которая, скользя по спиральным канавкам сверла, выходит из обрабатываемого отверстия. Сверло является многолезвийным режущим инструментом. В резании участвуют не только два главных лезвия, но и лезвие перемычки, также два вспомогательных, находящихся на направляющих ленточках сверла, что очень усложняет процесс образования стружки. При рассмотрении схемы образования стружки при сверлении хорошо видно, что условия работы режущей кромки сверла в разных точках лезвия различны. Так, передний угол наклона режущей кромки у (рис. 49), расположенный ближе к периферии сверла (сечение  $A-A$ ), является положительным. Режущая кромка работает в сравнительно легких условиях.

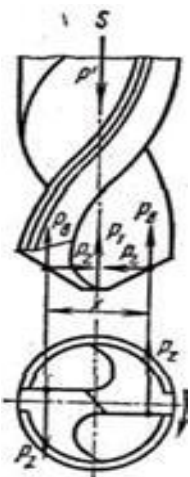


Рис. 48. Схема резания при сверлении. Силы, действующие на сверло

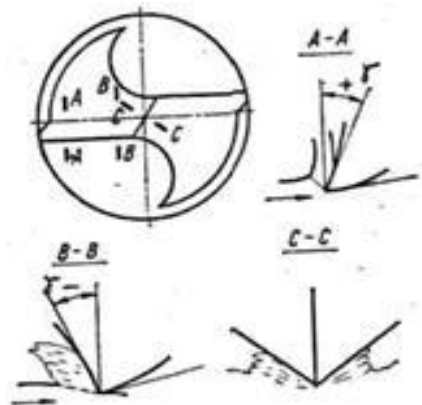
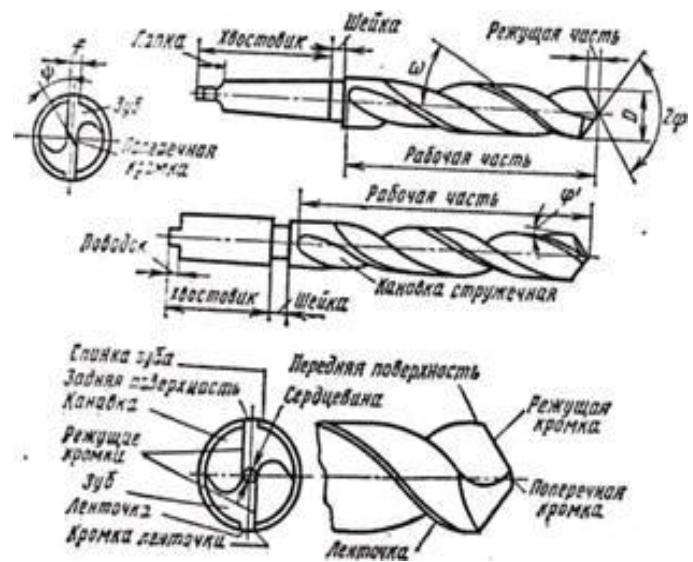


Рис. 48. Схема резания при сверлении. Силы, действующие на сверло

Рис. 49. Образование стружки при сверлении

Передний угол наклона режущей кромки, расположенный дальше от периферии, ближе к центру сверла (сечение  $B-B$ ), является отрицательным. Режущая кромка работает в более тяжелых условиях, чем расположенная ближе к периферии.

Резание поперечной режущей кромкой (сечение  $C-C$ ) представляет собой процесс резания, близкий к выдавливанию. При сверлении, по сравнению с точением, значительно хуже условия отвода стружки и подвода охлаждающей жидкости; имеет место значительное трение стружки о поверхность канавок сверла, трение стружки и сверла об обработанную поверхность; вдоль режущей кромки возникает резкий перепад скоростей резания — от нуля до максимума, в результате чего в различных точках режущей кромки срезаемый слой деформируется и срезается с разной скоростью; вдоль режущей кромки сверла деформация различна — по мере приближения к периферии деформация уменьшается. Эти особенности резания при сверлении создают более тяжелые по сравнению с точением условия стружкообразования, увеличение тепловыделения и повышенный нагрев сверла. Если же рассматривать процесс стружкообразования на отдельных микро участках режущей кромки, то упругие и пластические деформации,

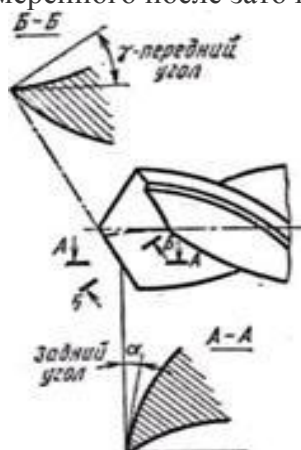


тепловыделение, наростообразование, упрочнение, износ инструмента здесь возникают по тем же причинам, что и при точении. На температуру резания при сверлении скорость резания имеет большее влияние, чем подача. Рис.50. Спиральное сверло

**Элементы сверла.** Наиболее распространенным и имеющим универсальное назначение является спиральное сверло (рис. 50). Сверло состоит из рабочей части, конусного или цилиндрического хвостовика, служащего для закрепления сверла, а лапки, являющейся упором при удалении сверла. Рабочая часть сверла представляет собой цилиндрический стержень с двумя спиральными или винтовыми канавками, по которым удаляется стружка. Режущая часть заточена по двум коническим поверхностям, имеет переднюю и заднюю поверхности (рис. 50) и две режущие кромки, соединенные перемычкой под углом  $55^\circ$ . На цилиндрической части по винтовой линии проходят две узкие ленточки, центрирующие и направляющие сверло в отверстии. Ленточки значительно уменьшают трение сверла о стенки обрабатываемого отверстия. Для уменьшения трения рабочей части сверла в сторону хвостовика сделан обратный конус. Диаметр сверла уменьшается на каждые 100 мм длины на 0,03—0,1 мм.

Режущая часть сверла изготавливается из инструментальных сталей в твердых сплавах. Как и резец, сверло имеет передний и задний углы (рис.51). Передний угол  $\gamma$  (сечение  $B-B$ ) в каждой точке режущей кромки является величиной переменной. Наибольшее значение угол  $\gamma$  имеет на периферии сверла, наименьшее—у вершины сверла. Вследствие того что сверло во время работы не только вращается, но и перемещается. вдоль оси, действительное значение заднего угла  $\alpha$  отличается от угла, полученного при заточке. Чем меньше диаметр окружности, на которой находится рассматриваемая точка режущей кромки, и чем больше подача, тем меньше действительный задний угол.

Действительный же передний угол в процессе резания соответственно будет больше угла, замеренного после заточки. Чтобы обеспечить достаточную величину заднего угла в работе

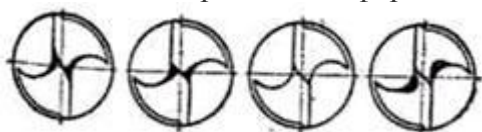


**Рис. 51. Передний и задний углы сверла**

(в точках режущей кромки, близко расположенных к оси сверла), а также угла заострения зуба вдоль оси всей длины режущей кромки, задний угол делается: на периферии  $8-14^\circ$ , а у середины  $20-27^\circ$ , задний угол на ленточках сверла равен  $0^\circ$ .

Кроме переднего и заднего углов сверло характеризуется углом наклона винтовой канавки  $\omega$ , углом наклона поперечной кромки  $\psi$ , углом при вершине  $2\varphi$ , углом обратной конусности  $\varphi'$  (рис. 50).  $\omega=18-30^\circ$ ,  $\psi=55^\circ$ ,  $\varphi'=2-3^\circ$ , у сверл из инструментальной стали  $2\varphi=60-140^\circ$ .

Виды подточек и различные формы заточки показаны на рис. 52.



**Рис. 52. Элементы подточки спиральных сверл**

**Элементы режима резания** (рис.53). Как уже указывалось, скорость резания в различных точках режущей кромки различна и изменяется от нуля в центре до максимальной на пе-

риферии сверла. При расчетах режимов резания принимается наибольшая скорость резания на периферии (в м/мин)

$$v = \frac{\pi D n}{1000}$$

где  $D$ —диаметр сверла, мм;  $n$ —частота вращения сверла, об/мин;  $\pi$  — коэффициент, равный 3,14.

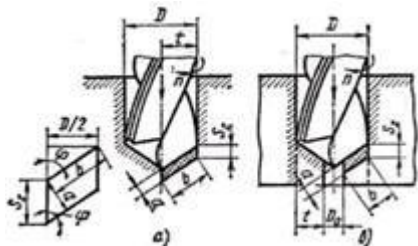


Рис. 53. Элементы резания:  $a$  — при сверлении,  $b$  — при рассверливании

*Подачей* при сверлении  $s$  (мм/об) называется величина перемещения сверла вдоль оси за один оборот сверла или за один оборот заготовки, если заготовка вращается, а сверло только перемещается. У сверла две главные режущие кромки. Подача, приходящаяся на каждую кромку,

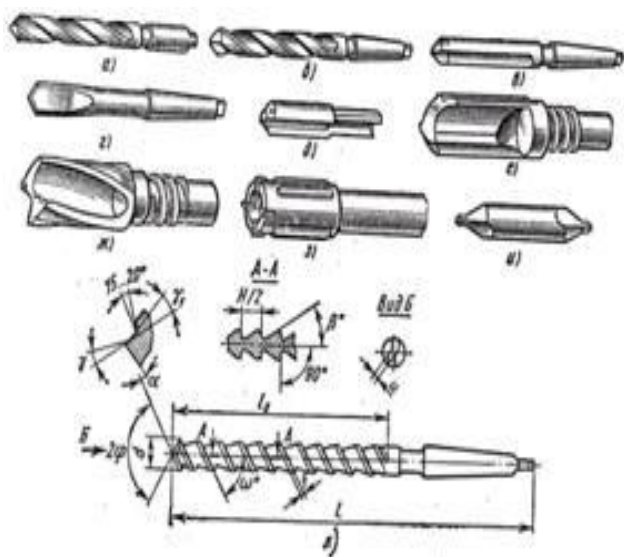


Рис. 54. Виды сверл:  $a, б$  — спиральные,  $в$  — с прямыми канавками,  $г$  — перовое,  $д$  — ружейное,  $е$  — однокромочное с внутренним отводом стружки,  $ж$  — двухкромочное,  $з$  — для кольцевого сверления,  $и$  — центровочное,  $к$  — шнековые.

**Износ и стойкость сверл.** Износ сверл происходит по задней поверхности, ленточкам и уголкам, а иногда и передней поверхности сверл, с твердосплавными пластинками — по уголкам и ленточке.

Стойкость сверла зависит от материала обрабатываемой детали и инструмента, от качества инструмента, от режимов резания, применяемой СОЖ и др.

**Типы сверл и их устройство.** Сверло является инструментом, с помощью которого получают отверстия или увеличивают диаметр ранее просверленного отверстия.

На рис. 54 показаны различные типы сверл: перовые (рис. 54, г), двухкромочные (рис. 54, ж), спиральные (рис. 54, а и б), ружейное (рис. 54, д), для кольцевого сверления (рис. 54, з), центровочные (рис. 54, и), шнековые (рис. 54, к).

*Перовое сверло* представляет собой круглый стержень, на конце которого находится плоская лопатка, имеющая режущие кромки, наклоненные друг к другу под углом  $120^\circ$ . Перовые сверла обладают недостаточной жесткостью. Недостатком *однокромочного сверла* является необходимость иметь направляющую втулку, а также ограниченное пространство для отвода стружки.

*Спиральное сверло* получило наибольшее распространение в промышленности. Его устройство описано выше (см. рис. 50). Остальные типы сверл имеют специальное назначение.

*Шнековые сверла* дают возможность получать отверстия глубиной до 40 диаметров за один рабочий ход без периодических выводов для удаления стружки. Они позволяют работать на более высоких скоростях резания, что в сочетании с сокращением вспомогательного времени (отсутствие промежуточных выводов сверла) дает повышение производительности в 2—3 раза по сравнению с работой удлиненными стандартными сверлами.

**Сверла, оснащенные твердым сплавом.** Сверла, оснащенные пластинками из твердого сплава, обладают большой стойкостью, позволяют работать на высоких скоростях, дают высокое качество обработанной поверхности и обеспечивают высокую производительность. Ими можно

обрабатывать детали из чугуна, закаленной стали, стекла, мрамора, пластмасс и др. Особенно эффективно применение твердосплавных пластинок при сверлении чугунов и рассверливании чугунов и сталей.

Твердосплавные сверла имеют передний угол  $\gamma=0-7^\circ$ ; задний угол  $\alpha=8-16^\circ$ , угол  $2\varphi=118-150^\circ$ . На рис. 55 показаны несколько типов твердосплавных сверл. Сверло конструкции Института твердых сплавов (рис. 55, а) сделано со стальным хвостовиком. Сверло ВНИИ (рис. 55, б) сделано целиком из твердого сплава. Твердосплавный монокристаллический инструмент небольших размеров (сверла, метчики, развертки до 6 мм) изготавливается из твердосплавных стержней шлифованием. Монокристаллические сверла изготавливаются из сплавов ВК6М, ВК8М и ВК10М. Они предназначены для обработки тугоплавких металлов — вольфрама, бериллия, титановых и молибденовых сплавов, высокопрочных чугунов, нержавеющей, хромоникелевых, жаропрочных сталей и сплавов. Стоимость монокристаллических твердосплавных сверл в 10 раз дороже, чем стоимость сверл из быстрорежущих сталей.

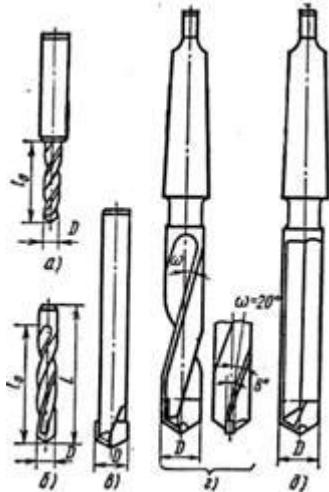


Рис. 55. Сверла из твердого сплава: а — со стальным хвостовиком, б — изготовленное по методу ВНИИ, в — с косыми канавками, оснащенное твердым сплавом, г — спиральное, оснащенное пластиной из твердого сплава, д — с прямыми канавками и твердосплавной пластиной

Сверла с косыми канавками (рис. 55, в) состоят из державки, в паз которой впаяна пластинка из сплава ВК8. Такие сверла применяются для сверления неглубоких отверстий. Сверла с винтовыми канавками (рис. 55, а) применяют для сверления деталей из вязких и хрупких металлов на высоких режимах работы. На рис. 55, д показано сверло с прямыми канавками московского завода «Фрезер», предназначенное для сверления деталей из чугуна и хрупких материалов глубиной  $(2-3)D$ . При обработке сталей рекомендуется применять твердый сплав Т15К6, при обработке чугунов — сплав ВК8. При обработке твердосплавными сверлами необходимо выдерживать симметричность заточки сверл.

**Сверла с поворотными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами.** На рис. 56 показано сверло с двумя треугольными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами. Пластины 1 и 2 расположены в двух прямоугольных канавках б в специальных гнездах 3 и закреплены болтами 7. Пластины расположены так, что их режущие кромки образуют взаимно перекрывающиеся поверхности резания. Пластины являются как бы токарными резцами, укрепленными в державке 4, вставленной во втулку 5. Процесс

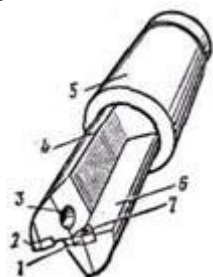


Рис. 56. Сверло с поворотными неперетачиваемыми пластинами резания этим сверлом переходит в процесс точения, выполняемый двумя резцами, позволяя использовать рабочие качества и простоту современных токарных резцов. Форма пластинок и их



расположение означают, что сверло не нуждается в предварительной подготовке отверстия. Это сверло позволяет сверлить в обоих направлениях, выводить и вводить сверло вновь. Сверло предназначено для отверстий от 18 до 56 мм и глубиной до двух диаметров сверла. При использовании пластинок с двойным покрытием можно работать с подачами, значительно превосходящими (до 5 раз) подачи, применяемые при работе спиральными сверлами, получая то же качество обработанной поверхности.

Применение сверл с неперетачиваемыми поворотными пластинками превращают операцию сверления из медленной в быструю и дешевую. Учитывая, что операция сверления неглубоких отверстий в станках с ЧПУ, агрегатных станках и автоматических линиях является обычной и распространенной, технология обработки с использованием сверл с неперетачиваемыми поворотными пластинками будет прогрессивной.

Для сверления глубоких отверстий применяют длинные сверла с неперетачиваемыми поворотными пластинками типа «Эжектор» (рис.57), имеющими автономное устройство подачи СОЖ и удаления стружки. Сверло глубокого сверления 2 работает в паре со сверлом 1. Операция сверления выполняется в два рабочих хода.

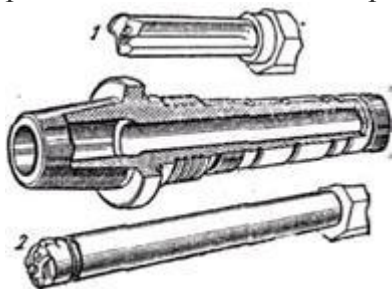


Рис. 57. Сверло для глубоких отверстий с пластинками типа «Эжектор»  
Сначала сверлится неглубокое отверстие сверлом 1. Затем сверлом 2 производится окончательное сверление глубокого отверстия.

## II. Зенкерование и развертывание

Процесс зенкерования осуществляется зенкером. Операция зенкерования более точная, чем сверление. Сверлением достигается 11—12-й квалитеты и шероховатость поверхности  $Rz\ 20\ \mu\text{м}$ , а зенкерованием — 9—11-й квалитеты и шероховатость поверхности  $Ra\ 2,5\ \mu\text{м}$ .

Развертывание является операцией более точной, чем сверление и зенкерование. Развертыванием достигается 6—9-й квалитеты и шероховатость поверхности  $Ra\ 1,25—0,25\ \mu\text{м}$ .

Операция зенкерования подобна рассверливанию. На рис. 58 показана конструкция зенкера. Зенкер состоит из рабочей части 1, шейки 2 и хвостовика 3. Рабочая часть состоит из режущей части 11 и калибрующей 12. Режущая (заборная) часть наклонена к оси под главным углом в плане  $\varphi$  и выполняет резание. Обычно при обработке стали  $\varphi = 60^\circ$ , для чугуна —  $45—60^\circ$ . Для зенкеров, оснащенных твердосплавными пластинками,  $\varphi = 60—75^\circ$ . Угол наклона винтовой канавки  $\alpha = 10—30^\circ$ , при обработке чугуна  $\alpha > 0$ .

На рис. 58 показаны зенкеры различной конструкции, применяемые при работе на агрегатных станках и автоматических линиях.

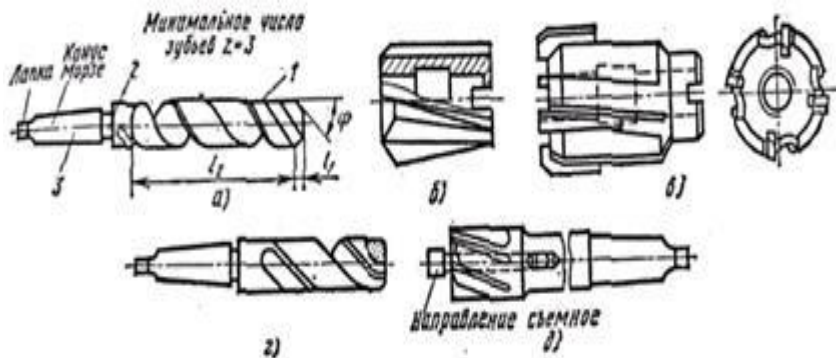


Рис. 58. Зенкеры: а—цельный с коническим хвостовиком, б—насадной цельный, в—насадной с наборными ножками, г—оснащенный твердосплавной пластинкой, д—с направлением для цилиндрических углублений

Зенкеры с коническим хвостовиком (рис. 58,а) с минимальным количеством зубьев  $z < 3$ , диаметром 10 мм и выше применяются для окончательной обработки и под развертывание. Зенкеры насадные и со вставными ножами (рис. 58, б и в) применяются для обработки

Зенкеры изготавливаются из быстрорежущих сталей Р18 и Р9 и твердосплавных материалов Т15К6, применяемых при обработке сталей, и ВК8, ВК6 и ВК4—при обработке чугунов.

Процесс развертывания является чистовой операцией для получения точных отверстий. Резание осуществляется разверткой. Как указывалось, развертывание более точная операция, чем сверление и зенкерование. Развертка во многом напоминает зенкер, основное ее отличие от зенкера в том, что она снимает значительно меньший припуск и имеет большое число зубьев — от 6 до 12. Развертка состоит из рабочей части и хвостовика (рис. 59). Рабочая часть в свою очередь состоит из режущей части В и калибрующей Г. Режущая часть наклонена к оси под главным углом в плане  $\varphi$  и выполняет основную работу резания. Угол конуса режущей (заборной) части составляет  $2\varphi$ .

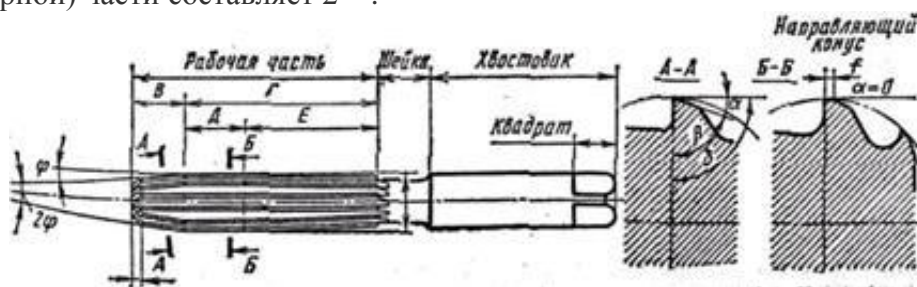


Рис. 69. Развертка

Калибрующая часть развертки состоит из двух участков: цилиндрического Д и конического Е, так называемого обратного конуса. Обратный конус делается для уменьшения трения инструмента об обработанную поверхность и увеличения диаметра отверстия. Передний угол развертки  $\gamma$  равен  $0—10^\circ$  ( $0^\circ$  принимается для чистовых работ и при резании хрупких металлов). Задний угол  $\alpha$  на режущей части развертки делается  $6—15^\circ$  (большие значения для малых диаметров). Задний угол на калибрующей части равен нулю, так как имеется цилиндрическая ленточка.

Главный угол в плане  $\varphi$  у машинных разверток (из инструментальных сталей) при обработке вязких сталей равен  $15^\circ$ , при обработке чугунов  $5^\circ$ . При развертывании глухих и сквозных отверстий 9-го качества и грубее  $\varphi = 45—60^\circ$ . У разверток, оснащенных пластинками твердых сплавов,  $\varphi = 30—45^\circ$ .

На рис. 60, 61 показаны различные типы разверток. По своей конструкции развертки делятся на ручные и машинные, цилиндрические и конические, насадные и цельные.

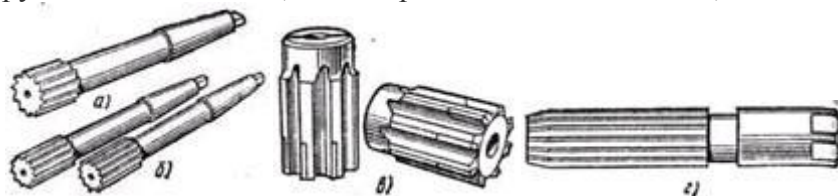


Рис. 60. Типы разверток

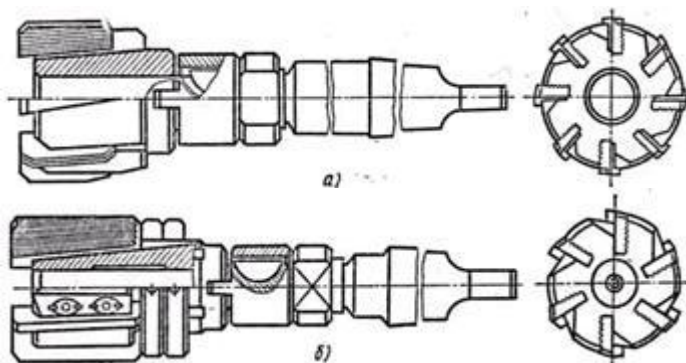


Рис. 61. Машинные регулируемые развертки

Ручные развертки изготавливаются с цилиндрическим хвостовиком (рис. 60, г). Ими обрабатываются отверстия от 3 до 50 мм. Машинные развертки (рис. 61) делаются с цилиндрическими и коническими хвостовиками и используются для развертывания отверстий диаметром от 3 до 100 мм. Этими развертками обрабатываются отверстия на сверлильных и токарных станках. Насадные развертки служат для развертывания отверстий от 25 до 300 мм. Их насаживают на специальную оправку, имеющую конусный хвостовик для крепления на станке. Насадные развертки изготовляют из быстрорежущей стали Р9 или Р18 и оснащают пластинками из твердого сплава.

Коническими развертками развертывают конусные отверстия. Обычно в комплект входят три развертки: обдирочная, промежуточная и чистовая. Целные развертки изготовляются из углеродистой или легированной стали. При развертывании отверстий в твердых металлах применяются развертки с пластинками из твердых сплавов.

**Элементы режима резания и среза при зенкероении и развертывании.** Элементы режима резания подсчитывают по формуле и методике, приведенной в разделе «Сверление» (коэффициенты и показатели степеней выбирают из таблиц и справочников применительно к конкретной операции).

Глубину резания  $t$  (рис. 62 и 63) определяют исходя из припуска на обработку при зенкероении до 2 мм на сторону. Средние значения припуска под зенкерование после сверления, снимаемого за один рабочий ход (т. е.  $t=h$ ), составляют:

Диаметр зенкера, мм	Припуск на сторону, Мм
До 20	0,5
21 – 35	0,75
36 – 45	0,1
46 – 50	1,25
51 – 60	1,5
61 – 70	1,75
71 – 80	2

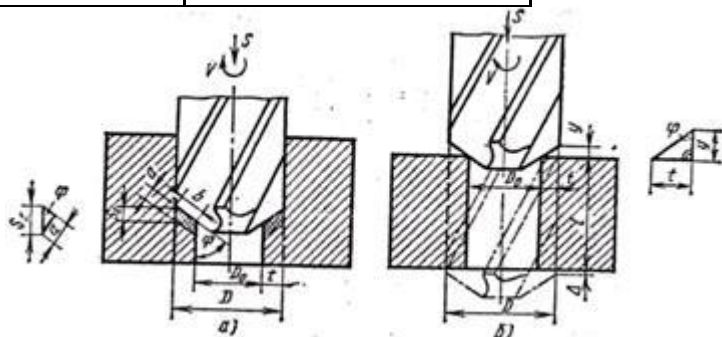


Рис. 62. Элементы резания при зенкероении

Припуск под чистовое развертывание принимается 0,05—0,25 мм на сторону. Припуск под предварительно развертывание может быть увеличен в 2—3 раза. Средние значения глубин резания (припуска) при чистовом развертывания составляют:

Диаметр развертки, мм	Припуск на сторону (глубина резания),
До 5	0,05
6 – 10	0,075
11 – 15	0,1
16 – 30	0,125
31 – 50	0,15
51 – 60	0,2
61 – 80	0,25

Толщина среза  $a$  при развертывании (рис. 63) обычно незначительна и составляет 0,02—0,05 мм.

Машинное время (в. мин) при зенкерование и развертывании

$$T_{\text{м}} = \frac{L}{v_s} = \frac{l + Y + \Delta}{v_s}$$

где  $L$  — путь, проходимый инструментом в направлении подачи, мм;  $l$  — глубина зенкерования или развертывания, мм;  $Y$  — величина врезания, мм (рис. 62,6);  $\Delta = 1—3$  мм — величина перебега, мм.

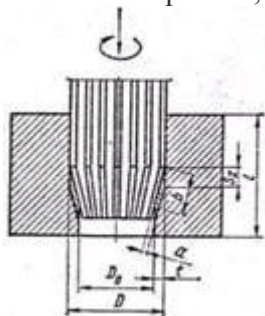


Рис. 63. Элементы резания при развертывании

#### Литература:

1. Аверьянов И.О., Клепиков В.В. Технология машиностроения. Высокоэнергетические и комбинированные методы обработки. – М.: Форум, 2008.
2. Гапонкин В.А. Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки. – М.: Машиностроение, 1990.
3. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1984.
4. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: учебник для техникумов. – СПб.: Политехника, 2000.
5. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
6. Черепахин А.А. Технология обработки материалов: учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. – М.: Академия, 2004.
7. Черпаков Б.И., Альперович Т.А. Металлорежущие станки. – М.: Академия, 2003.



## Практическая работа № 18

**Тема:** Составление способов получения зубчатого венца.

**Цель работы:** Изучить способы получения зубчатого венца и зуборезные инструменты.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с текстом.
2. Указать степень точности зубчатых колес.
3. Перечислить виды зубчатых колес
4. Описать способ эвольвентного зацепления
5. Записать параметры эвольвентного зубчатого колеса
6. Перечислить режущие инструменты при изготовлении зубчатых колес
7. Назвать область применения зубчатых колес

### ЗУБООБРАБОТКА

Зубчатые колеса широко применяют в передачах машин. На зубообрабатывающих станках выполняют фасонные поверхности различного профиля

При изготовлении цилиндрических (внешнего и внутреннего зацепления), некруглых, конических, червячных зубчатых колес, зубчатых реек и червяков важнейшая операция - получение зубчатого венца, т. е. обработка зубьев этих колес, реек и витков червяков на их заготовках.

Для оценки точности изготовления различных **типов зубчатых колес** стандарты устанавливают 12 степеней точности, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами 1, 2, 12, а для зубчатых реек установлены 10 степеней точности, обозначаемых цифрами 1, 2, 10 также в порядке убывания точности.

**Зубообрабатывающие станки** подразделяют на следующие типы. По назначению различают станки для нарезания *цилиндрических колес, червячных колес, конических колес, шевронных колес и зубчатых реек.*

По характеру рабочего движения и виду режущего инструмента станки подразделяют на зубофрезерные, работающие фрезами; зубодолбежные, работающие долбьями; зубострогальные, работающие рейками-гребенками или специальными резцами; зубопротяжные (работающие фасонной протяжкой); зубопритирочные (работающие притиром); зубошевинговальные (работающие шевером - рейкой, дисковым шевером), зубошлифовальные (работающие шлифовальными кругами).

По виду обработки различают станки для черновой обработки зубьев; для чистовой обработки зубьев; для приработки зубчатых колес; для доводки зубьев; для закругления торцов зубьев.

Зубообрабатывающие станки, применяемые в промышленности, обычно работают по полуавтоматическому циклу, т.е. рабочий проводит только установку и съем заготовки, а также включение и выключение станка, а все остальные движения автоматизированы и управляются программными устройствами.

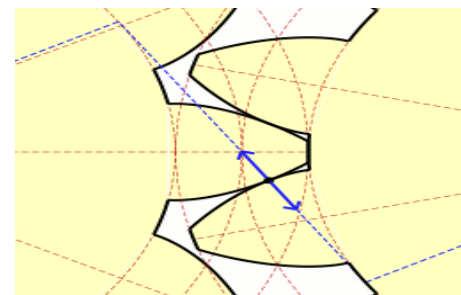
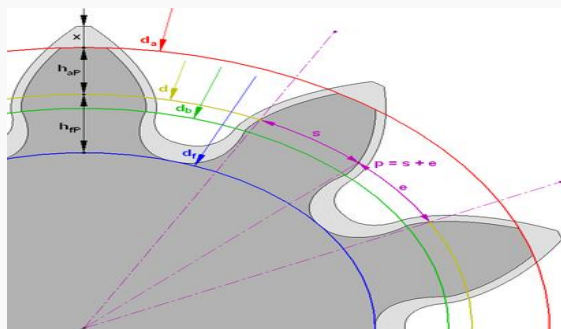
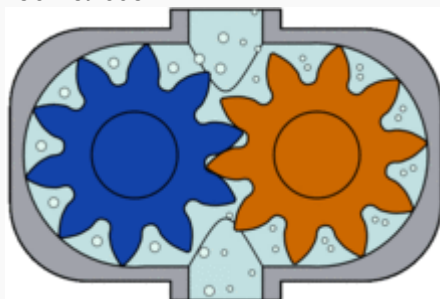
#### Зубчатое колесо

**Зубчатое колесо** или **шестерня** - основная деталь **зубчатой передачи** в виде диска с **зубьями** на **цилиндрической** или **конической** поверхности, входящими в зацепление с зубьями другого зубчатого колеса. В машиностроении принято малое зубчатое колесо с меньшим числом зубьев называть *шестерней*, а большое — колесом. Однако часто все зубчатые колёса называют шестернями. Зубчатые колёса обычно используются парами с разным числом зубьев с целью преобразования **вращающего момента** и **числа оборотов валов** на входе и выходе. Колесо, к которому вращающий момент подводится извне, называется *ведущим*, а колесо, с которого момент снимается — *ведомым*. Если диаметр ведущего колеса *меньше*, то вращающий момент ведомого колеса *увеличивается* за счёт пропорционального *уменьшения скорости вращения*, и наоборот. В соответствии с **передаточным отношением**, увеличение **крутящего момента** будет вызывать пропорциональное уменьшение **угловой скорости вращения** ведомой шестерни, а их произведение — **механическая мощность** — останется неизменным. Данное соотношение



справедливо лишь для идеального случая, не учитывающего потери на трение и другие эффекты, характерные для реальных устройств.

Движение точки соприкосновения зубьев с эвольвентным профилем;  
слева — ведущее, справа — ведомое колесо



Параметры зубчатого колеса

### Поперечный профиль зуба

Профиль зубьев колёс как правило имеет эвольвентную боковую форму. Эвольвентное зацепление позволяет передавать движение с постоянным передаточным отношением. Эвольвентное зацепление — зубчатое зацепление, в котором профили зубьев очерчены по эвольвенте окружности. Для этого необходимо чтобы зубья зубчатых колёс были очерчены по кривой, у которой общая нормаль, проведённая через точку касания профилей зубьев, всегда проходит через одну и ту же точку на линии, соединяющей центры зубчатых колёс, называемую полусом зацепления. Однако, существуют передачи скруговой формой профиля зубьев (передача Новикова с одной и двумя линиями зацепления) и с циклоидальной. Кроме того, в храповых механизмах применяются зубчатые колёса с несимметричным профилем зуба.

### Параметры эвольвентного зубчатого колеса:

- **m** — модуль колеса. Модулем зацепления называется линейная величина в  $\pi$  раз меньшая окружного шага  $P$  или отношение шага по любой концентрической окружности зубчатого колеса к  $\pi$ , то есть модуль - число миллиметров диаметра приходящееся на один зуб. Тёмное и светлое колёсо имеют одинаковый модуль. Самый главный параметр, стандартизирован, определяется из прочностного расчёта зубчатых передач. Чем больше нагружена передача, тем выше значение модуля. Через него выражаются все остальные параметры. Модуль измеряется в миллиметрах, вычисляется по формуле:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{p}{\pi}$$

- **z** — число зубьев колеса
- **p** — шаг зубьев (отмечен сиреневым цветом)
- **d** — диаметр делительной окружности (отмечена жёлтым цветом)
- **d<sub>a</sub>** — диаметр окружности вершин тёмного колеса (отмечена красным цветом)
- **d<sub>b</sub>** — диаметр основной окружности — эвольвенты (отмечена зелёным цветом)
- **d<sub>f</sub>** — диаметр окружности впадин тёмного колеса (отмечена синим цветом)
- **h<sub>aP</sub> + h<sub>fP</sub>** — высота зуба тёмного колеса, **x + h<sub>aP</sub> + h<sub>fP</sub>** — высота зуба светлого колеса

В машиностроении приняты определенные значения модуля зубчатого колеса  $m$  для удобства изготовления и замены зубчатых колёс, представляющие собой целые числа или числа с десятичной дробью: **0,5; 0,7; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5** и так далее до **50**. Высота головки зуба —  $h_{aP}$  и высота ножки зуба —  $h_{fP}$  — в случае т.н. **нулевого зубчатого колеса (изготовленного без смещения, зубчатое колесо с "нулевыми" зубцами)** (смещение режущей рейки, нарезающей зубцы, ближе или дальше к заготовке, причем смещение ближе к заготовке наз. **отрицательным смещением**, а смещение дальше от заготовки наз. **положительным**) соотносятся с модулем  $m$  следующим образом:  $h_{aP} = m$ ;  $h_{fP} = 1,25 m$ , то есть:

$$\frac{h_{fP}}{h_{aP}} = 1,25$$

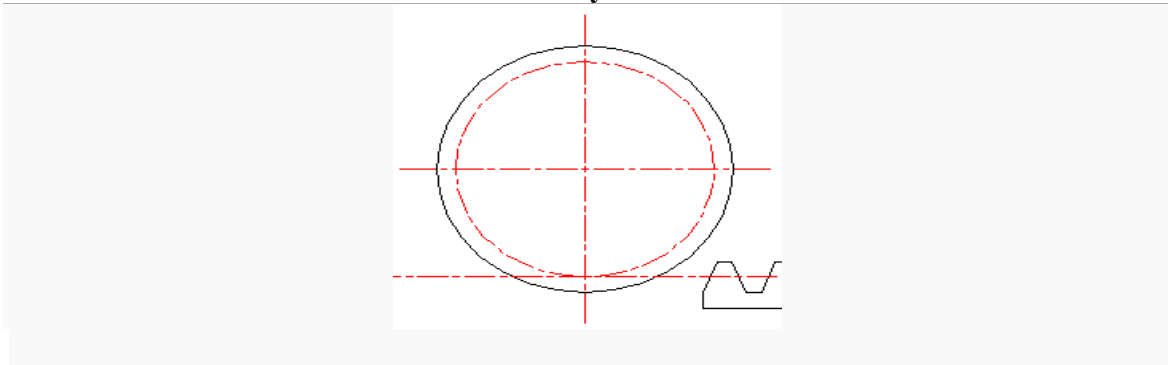
Отсюда получаем, что высота зуба  $h$  (на рисунке не обозначена):

$$h = 2,25m$$

Вообще из рисунка ясно, что диаметр окружности вершин  $d_a$  больше диаметра окружности впадин  $d_f$  на двойную высоту зуба  $h$ . Исходя из всего этого, если требуется практически определить модуль  $m$  зубчатого колеса, не имея нужных данных для вычислений (кроме числа зубьев  $z$ ), то необходимо точно измерить его наружный диаметр  $d_a$  и результат разделить на число зубьев  $z$  плюс 2:

$$m = \frac{d_a}{z + 2}$$

### Изготовление зубчатых колёс



#### Метод обката

В настоящее время является наиболее технологичным, а поэтому и самым распространённым способом изготовления зубчатых колёс. При изготовлении зубчатых колёс могут применяться такие инструменты, как гребёнка, червячная [фреза](#) и долбяк.

#### Метод обката с применением гребёнки



[Режущий инструмент](#), имеющий форму зубчатой рейки, называется гребёнкой. На одной из сторон гребёнки по контуру её зубьев затачивается [режущая кромка](#). Заготовка нарезаемого колеса совершает вращательное движение вокруг оси. Гребёнка совершает сложное движение, состоящее из поступательного движения перпендикулярно оси колеса и возвратно-поступательного движения, параллельного оси колеса для снятия [стружки](#) по всей ширине его обода. Относительное движение гребёнки и заготовки может быть и иным, например, заготовка может совершать прерывистое сложное движение обката, согласованное с движением резания гребёнки.

Заготовка и инструмент движутся на станке друг относительно друга так, как будто происходит зацепление профиля нарезаемых зубьев с исходным производящим контуром гребёнки.

### Метод обката с применением червячной фрезы

Помимо гребёнки в качестве режущего инструмента применяют червячную фрезу. В этом случае между заготовкой и фрезой происходит червячное зацепление. Червячная фреза



### Метод обката с применением долбяка

Зубчатые колёса также долбят на зубодолбёжных станках с применением специальных долбяков. Зубодолбёжный долбяк представляет собой зубчатое колесо, снабжённое режущими кромками. Поскольку срезать сразу весь слой металла обычно невозможно, обработка производится в несколько этапов. При обработке инструмент совершает возвратно-поступательное движение относительно заготовки. После каждого двойного хода, заготовка и инструмент поворачиваются относительно своих осей на один шаг. Таким образом, инструмент и заготовка как бы «обкатываются» друг по другу. После того, как заготовка сделает полный оборот, долбяк совершает движение подачи к заготовке. Этот процесс происходит до тех пор, пока не будет удалён весь необходимый слой металла.



### Метод копирования (Метод деления)

Дисковой или пальцевой фрезой нарезается одна впадина зубчатого колеса. Режущая кромка инструмента имеет форму этой впадины. После нарезания одной впадины заготовка поворачивается на один угловой шаг при помощи делительного устройства, операция резания повторяется.

Метод применялся в начале XX века. Недостаток метода состоит в низкой точности: впадины изготовленного таким методом колеса сильно отличаются друг от друга.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каковы основные элементы зубчатого колеса?
2. В чём заключается сущность метода копирования при нарезании цилиндрических зубчатых колёс?
3. Какие движения участвуют в образовании зуба при нарезании?
4. Как выбираются дисковые модульные фрезы для обработки заданного числа зубьев?
5. Как настроить станок на заданные режимы резания?
6. Назначение, устройство и кинематическая схема универсальной делительной головки.
7. Что такое характеристика делительной головки?
8. В чём заключается сущность метода простого деления и расчёт деления окружности на заданное количество частей?
9. В чём заключается контроль качества выполненной работы по нарезанию зубчатого колеса?

### ЗУБОРЕЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Червячная модульная фреза (рис. 10.11, *a*) представляет собой винт с прорезанными перпендикулярно к виткам канавками. В результате этого на червяке образуются режущие зубья, расположенные по винтовой линии. Профиль зуба фрезы в нормальном сечении имеет

трапецидальную форму и представляет собой зуб рейки с передним  $\gamma$  и задним  $\alpha$  углами заточки. Червячные фрезы изготавливают однозаходными и многозаходными. Чем больше число заходов, тем выше производительность фрезы, но ниже точность. Червячными модульными фрезами нарезают цилиндрические колеса с прямыми и косыми зубьями и червячные колеса.

Зуборезный долбяк (рис. 10.11, б) представляет собой зубчатое колесо, зубья которого имеют эвольвентный профиль с передним  $\gamma$  и задним  $\alpha$  углами заточки. Различают два типа долбяков для нарезания цилиндрических колес: прямозубые (с прямыми зубьями) и косозубые (с косыми зубьями).

Зубострогальный резец (рис. 10.11, в) имеет призматическую форму с соответствующими углами заточки и прямолинейной режущей кромкой. Передний  $\gamma$  и задний  $\alpha$  углы образуются при установке резца в резцедержателе станка. Такие резцы применяют попарно для нарезания конических зубчатых колес с прямыми зубьями.

Дисковые модульные фрезы (рис. 10.11, г) представляют собой фасонные дисковые фрезы, профиль которых соответствует профилю впадины между зубьями цилиндрического зубчатого колеса. Форма и размеры дисковых модульных фрез стандартизированы. Такие фрезы имеют *затылованные зубья*, т.е. линия пересечения плоскости, перпендикулярной к оси фрезы, с задней поверхностью зуба является спиралью Архимеда, что позволяет при переточке зуба по его передней поверхности сохранять профиль зуба.

Дисковые модульные фрезы бывают черновые и чистовые. Черновые фрезы применяют для предварительного прорезания впадин между зубьями колес, а чистовые — для окончательного нарезания зубьев.

Дисковые модульные фрезы имеют ограниченное применение в машиностроении. Их используют главным образом при ремонтных работах, а также при мелкосерийном изготовлении зубчатых колес в тяжелом машиностроении. Этими фрезами нарезают сравнительно неточные цилиндрические зубчатые колеса (9—10-й степени точности) с прямыми и косыми зубьями, а также конические колеса с прямыми зубьями.

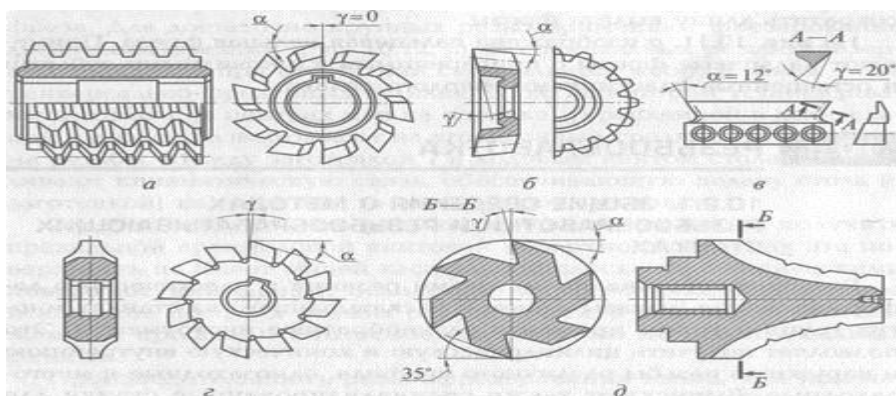


Рис.10.11. Инструменты для нарезания зубчатых колес методами обката (а, б, в) и копирования (г, д):

а – червячная модульная фреза; б – зуборезный долбяк; в – зубострогальный резец; г, д – дисковая и пальцевая модульные фрезы

Для скоростной черновой обработки зубьев средних и крупных модулей используют твердосплавные дисковые фрезы сборной конструкции.

Пальцевые модульные фрезы применяют в тяжелом машиностроении для фрезерования прямозубых и косозубых шевронных и многошевронных зубчатых колес крупных модулей ( $m = 10$  мм и более). Пальцевые модульные фрезы бывают черновые и чистовые. Фрезы эти не стандартизированы. Они состоят из двух частей — режущей и хвостовой (крепежной). Обычно хвостовая часть для закрепления имеет резьбовое отверстие, что позволяет сократить длину вылета фрезы.

На рис. 10.11, д изображена пальцевая цельная фреза. Применяют пальцевые фрезы с приваренными клиновидными зубьями и оснащенные пластинками твердого сплава.



## Литература

- [Зубчатые колеса](#) // [Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона](#): В 86 томах (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
- [Юлия Смирнова Самая древняя «шестеренка» обнаружена на ногах насекомых](#) // [Наука и жизнь](#). — 2013.
- *Под ред. Скороходова Е. А.* Общетехнический справочник. — М.: Машиностроение, 1982. — С. 416.
- *Гулиа Н. В., Клоков В. Г., Юрков С. А.* Детали машин. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — С. 416. — [ISBN 5-7695-1384-5](#)
- *Богданов В. Н., Малержик И. Ф., Верхола А. П. и др.* Справочное руководство по черчению. — М.: Машиностроение, 1989. — С. 438-480. — 864 с. — [ISBN 5-217-00403-7](#)
- [Анурьев В. И.](#) Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / Под ред. И. Н. Жестковой. — 8-е изд., перераб. и доп.. — М.: Машиностроение, 2001. — Т. 2. — 912 с. — [ISBN 5-217-02964-1](#) (5-217-02962-5), ББК 34.42я2, УДК 621.001.66 (035)
- *Фролов К. В., Попов С. А., Мусатов А. К., Тимофеев Г. А., Никоноров В. А.* Теория механизмов и механика машин / Колесников К. С. — Издание четвертое, исправленное и дополненное. — М.: Издательство [МГТУ им. Н. Э. Баумана](#), 2002. — Т. 5. — С. 452-453, 456-459, 463-466, 497-498. — 664 с. — (Механика в техническом университете). — 3000 экз. — [ISBN 5-7038-1766-8](#)
- *Леонова Л. М., Чигрик Н. Н., Татаурова В. П.* [Зубчатые передачи. Элементы расчета и конструирования: Методические указания](#). — Омск: Изд-во [ОмГТУ](#), 2005. — 45 с.

### Практическая работа № 19

**Тема: Составление характеристики метода фрезерования и геометрических параметров режущей части фрезы**

**Цель работы:** Изучить сущность процесса фрезерования и основные части фрезы

**Порядок выполнения работы:**

1. Дать определение фрезерованию
2. Зарисовать и описать схему фрезерования. (рис.1)
3. Описать устройство фрез и их назначение
4. Зарисовать форму и элемент зуба (рис.9,10)
5. Зарисовать и описать геометрические параметры режущей части фрезы (рис. 12)
6. Назвать область применения фрезерования.

**Сущность процесса фрезерования. Фрезерование** — процесс резания металла, осуществляемый вращающимся режущим инструментом при одновременной линейной подаче заготовки. Материал с заготовки снимают на определенную глубину фрезой, работающей либо торцовой стороной, либо периферией. Главным движением при фрезеровании является вращение фрезы  $v$  (рис. 1). Скорость главного движения определяет скорость вращения фрезы. Движением подачи  $s$  при фрезеровании является поступательное перемещение обрабатываемой заготовки в продольном, поперечном или вертикальном направлениях. Процесс фрезерования является прерывистым процессом. Каждый зуб фрезы снимает стружку переменной толщины. Операции фрезерования могут быть подразделены на два типа: а) цилиндрическое фрезерование (рис. 1, а); б) торцовое фрезерование (рис. 1, б и в).

При цилиндрическом фрезеровании резание осуществляется зубьями, расположенными на периферии фрезы, и обработанная поверхность 1 является плоскостью, параллельной оси вращения фрезы 2.

На рис. 1, а показана фреза с прямым зубом.

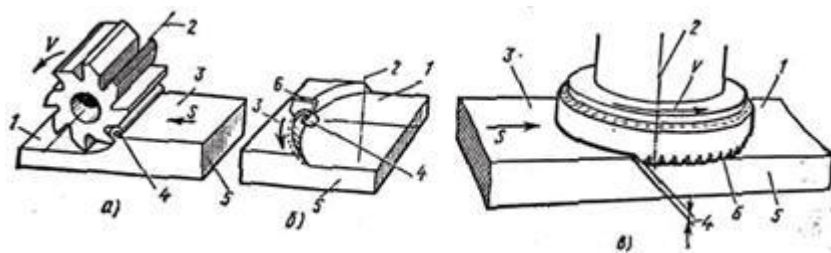


Рис. 1. Схемы фрезерования:

а — цилиндрическое, б и в — торцовое фрезерование; 1 — обработанная поверхность, 2 — ось вращения фрезы, 3 — обрабатываемая поверхность, 4 — стружка, 5 — заготовка, 6 — нож фрезы. Наряду с прямозубыми применяются фрезы с винтовыми зубьями (рис.2).

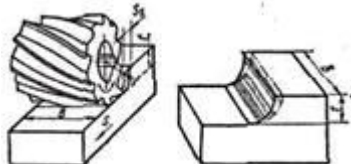


Рис. 2. Фрезерование цилиндрической винтовой фрезой:  $B$  — ширина фрезерования,  $t$  — глубина фрезерования,  $s$  — наибольшая толщина среза

При торцовом фрезеровании (см. рис. 1) резание осуществляется периферийными и торцовыми режущими кромками зубьев. Толщина среза увеличивается к центру среза и уменьшается в месте выхода фрезы из контакта с заготовкой. Начальная и конечная толщина среза зависит от отношения ширины заготовки к диаметру фрезы. Изменение толщины среза зависит также от симметричности расположения фрезы относительно заготовки. Большинство других процессов фрезерования являются комбинацией цилиндрического и торцового методов фрезерования.

**Особенности стружкообразования при фрезеровании.** Процесс образования стружки при фрезеровании сопровождается теми же явлениями, что и при точении. Это деформации, теплообразование, образование нароста, вибрации, износ инструмента и др. Но при фрезеровании имеются свои особенности. Резец при точении находится под постоянным действием стружки вдоль всей длины обработки. При фрезеровании зуб за один оборот фрезы находится под действием стружки незначительное время. Большую часть оборота зуб не участвует в резании, за это время он охлаждается, что положительно отражается на его стойкости. Вход зуба в контакт с обрабатываемой заготовкой сопровождается ударом о его режущую кромку; ударная нагрузка снижает стойкость зуб; фрезы.

**Фрезерование против подачи и по подаче.** При фрезеровании цилиндрическими и дисковыми фрезами различают встречное фрезерование — против подачи и попутное — фрезерование по подаче. Когда окружная скорость фрезы противоположна направлению подачи (рис. 3,а), процесс

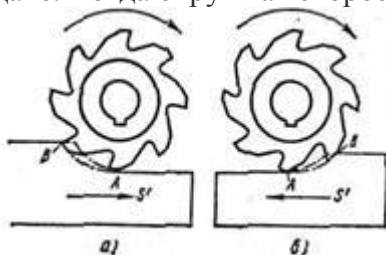


Рис. 3. Фрезерование против подачи (а) и по подаче (б)

фрезерования называется встречным. Толщина среза изменяется от нуля (в точке А) до максимальной величины при выходе зуба из контакта с заготовкой (в точке В). Когда направление окружной скорости фрезы и скорости подачи совпадают (рис. 3,б), процесс фрезерования называется «попутным» фрезерованием. При этом способе фрезерования толщина среза изменяется от максимального значения в точке В в начале входа зуба в контакт с заготовкой до нуля в точке А (при выходе зуба из контакта с заготовкой).

Встречное фрезерование характеризуется тем, что нагрузка на зуб увеличивается постепенно, так как толщина среза изменяется от нуля при входе до максимума при выходе зуба из заготовки. Зуб фрезы работает из-под корки, выламывая корку снизу, фреза «отрывает» заготовку от стола,

приподнимая вместе с ней и стол станка, увеличивая зазоры между направляющими стола и станины, что при значительных нагрузках приводит к дрожанию и увеличению шероховатости обработанной поверхности.

При попутном фрезеровании заготовка прижимается к столу, выбирая имеющиеся зазоры в направляющих стола и станины. Зуб фрезы начинает работать с наибольшей толщиной и сразу подвергается максимальной нагрузке.

**Равномерность фрезерования.** В процессе фрезерования прямозубой фрезой зуб фрезы входит в контакт с обрабатываемой заготовкой и выходит из него сразу по всей ширине фрезерования. Может оказаться, что в работе будет находиться только один зуб прямозубой фрезы, т. е. когда впереди идущий зуб уже вышел из контакта с обрабатываемой заготовкой, а следующий за ним зуб не вышел в контакт. В этом случае площадь поперечного сечения среза будет изменяться от нулевого значения до максимального с последующим падением до нуля или от максимального значения до нуля. Также неравномерно будет изменяться сила резания, а следовательно, будет неравномерная периодическая нагрузка на станок, инструмент и обрабатываемую заготовку. Это явление носит название неравномерности фрезерования. На рис. 4 показана упрощенная схема работы прямозубой фрезы. На фрезе условно показан один зуб. Зуб врежется в заготовку сразу по всей ширине фрезерования. Фреза испытывает толчок. При дальнейшем повороте фрезы толщина стружки будет постепенно увеличиваться (положения 2, 3, 4), будет увеличиваться и сила резания. На участке 4—5 зуб фрезы одновременно выходит из обрабатываемого металла, и сила резания быстро уменьшается до нуля.

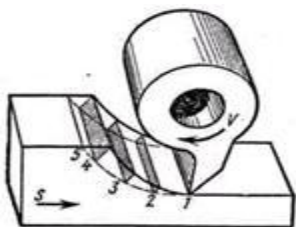


Рис. 4. Схема работы однозубой (условной) фрезой

Как видно, нагрузка на зуб фрезы в процессе резания резко изменяется. Чем большее число зубьев будет участвовать в работе одновременно, тем более равномерным будет фрезерование. На рис. 5 показана схема работы цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями. Зуб такой фрезы врежется в обрабатываемую деталь не сразу по всей длине, а постепенно. На участке 1—3 площадь сечения срезаемого слоя (заштрихована) увеличивается, а значит, увеличивается и сила резания. На участке 3—4 площадь сечения срезаемого слоя и силы резания оказываются постоянными. При дальнейшем движении зуба (участок 4—6) площадь сечения срезаемого слоя и сила резания постепенно уменьшаются. Таким образом, изменение силы резания при работе винтового зуба происходит более плавно, а на некоторых участках сила резания постоянна.

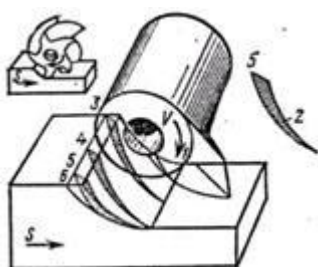


Рис. 5. Схема работы фрезы с винтовым зубом

Для обеспечения равномерности фрезерования в работе одновременно должно участвовать не меньше двух зубьев фрезы. Каждый следующий зуб должен вступать в работу в тот момент, когда предыдущий начинает выходить из металла. Для выполнения этого условия нужно, чтобы в тот момент, когда один из двух зубьев попал в положение 6, второй зуб был в положении 1. Это возможно, если расстояние между двумя соседними зубьями фрезы, измеренное вдоль её оси (осевой шаг), должно быть равной ширине фрезерования  $B$  (см. рис. 2). Если в работе одновременно участвует более двух зубьев, то осевой шаг должен укладываться по ширине



фрезерования целое число раз. Необходимым условием равномерного фрезерования является равенство или кратность (в целых числах) ширины фрезерования  $B$  осевому шагу фрезы.

При торцовом фрезеровании всегда имеет место неравномерность фрезерования. Чем больше число одновременно работающих зубьев торцовой фрезы и чем больше отношение ширины фрезерования к диаметру фрезы, тем больше будет равномерность фрезерования.

### Устройство фрез и их назначение

Фреза — многозубый инструмент, представляющий собой тело вращения, на образующей поверхности которого, а иногда на торце расположены режущие зубья. На рис. 6 показаны основные типы фрез и поверхности, которые ими обрабатывают.

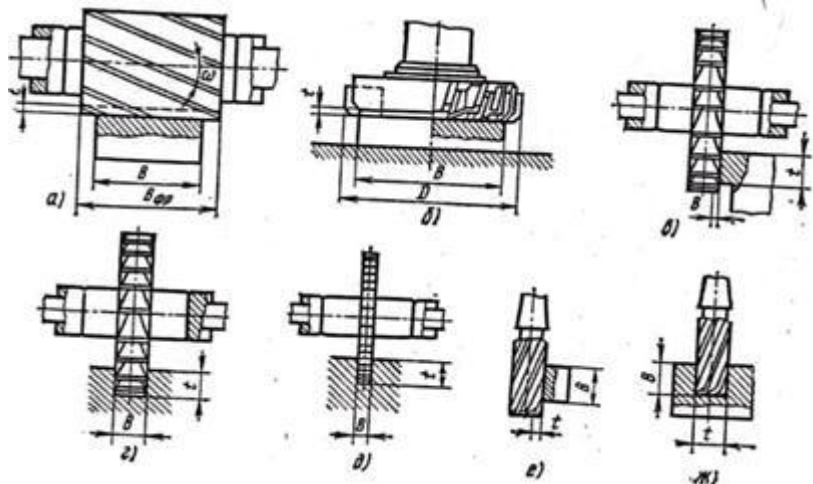


Рис. 6. Типы фрез и виды фрезерования:

*a* — цилиндрические, *б* — торцовые, *в, г* — дисковые, *д* — прорезные и отрезные, *з, ж* — концевые

Фрезы с неплетачиваемыми твердосплавными пластинками. В последнее время все большее распространение получают фрезы с неплетачиваемыми поворотными пластинками, обеспечивающие большой съем металла в единицу времени, быстроту и простоту обращения с инструментом, требуемое качество обработанной поверхности и надежность в работе благодаря прочной режущей кромке.

На рис. 7 показан набор фрез с неплетачиваемыми пластинками: *a* — торцовая, *б* — цилиндрическая, *в* — концевая и *г* — дисковая, которые позволяют решать связанные с фрезерованием задачи любого типа. Для обеспечения требуемой осевой размерной точности используется установка пластинок в корпусе фрезы по трем точкам (рис. 8). Способ установки пластинок по трем точкам позволяет добиться геометрически однозначной установки пластинки во фрезу

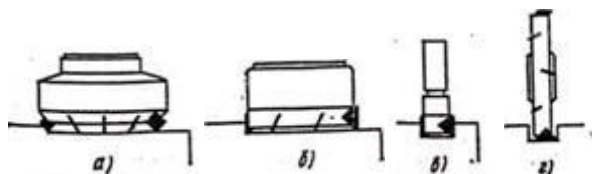


Рис. 7. Набор фрез с неплетачиваемыми пластинками

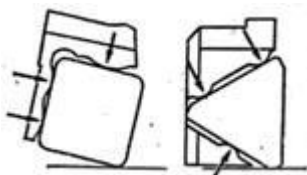


Рис. 8. Метод установки твердосплавных пластинок на три точки

**Форма и элементы зуба.** Фрезы делаются с остроконечными (рис. 9. *a*) или затылованными зубьями (рис. 9. *б*). Известны три типа остроконечных зубьев: трапецидальная форма (рис. 10, *a*), параболическая (рис. 10, *б*) и с двойной спинкой (рис. 10, *в*). Зуб трапецидальной формы определяется углом  $\gamma$ .

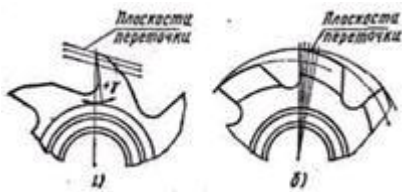


Рис. 9. Типы фрез

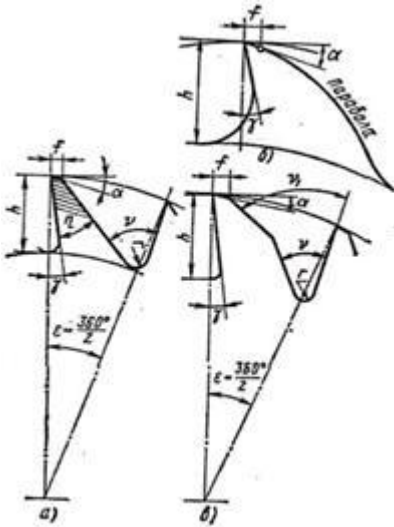


Рис. 10. Типы остроконечных фрез

Зубья трапецеидальной формы просты в изготовлении, но несколько ослаблены. Параболическая форма обладает равнопрочностью всех сечений пути на изгиб. Остроконечные зубья обладают стойкостью в 1,5—3 раза выше стойкости фрез с затылованными зубьями, простотой в изготовлении, обеспечивают низкую шероховатость обработанной поверхности детали. Остроконечная форма используется в основном для фрез общего назначения. На рис. 9,6 показана фреза с затылованным зубом. Задняя поверхность зуба имеет криволинейную форму обычно в виде архимедовой спирали

Режущие зубья фрез могут быть расположены как на цилиндрической поверхности, так и на торце. Зуб цилиндрической фрезы можно сравнить с простым резцом. Обозначения поверхностей режущих кромок и других элементов зубьев аналогичны названиям и обозначениям резца *б* (рис. 11, 2, 3 и 4). Поверхность 1, по которой сходит стружка, называется передней поверхностью зуба.

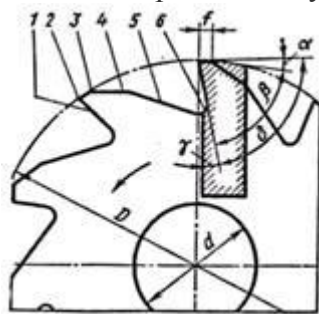


Рис. 11. Сравнение формы и элементов резца и зуба фрезы

Поверхность 4, обращенная при резании к поверхности резания, называется задней поверхностью зуба. Поверхность 5, смежная с передней и задней поверхностями соседних зубьев, называется спинкой зуба. Режущая кромка 2 есть линия, образованная передней и задней поверхностями зуба.

На рис. 12 показаны геометрические элементы режущей части фрезы. Главный передний угол  $\gamma$  может быть положительным и отрицательным (рис. 12, а и б). У цилиндрических фрез из быстрорежущих сталей угол  $\gamma$  принимают в пределах 10—20°, у торцовых и дисковых фрез с твердосплавными пластинками угол  $\gamma = +5 \text{ — } -10^\circ$ .

Главный задний угол  $\alpha$  у фрез из быстрорежущих сталей равен 12—30°. У торцовых фрез с твердосплавными пластинками угол  $\alpha$  равен 6-15°.

Торцовые фрезы характеризуются также углами в плане и углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$ . У цилиндрических, концевых и дисковых фрез угол  $\lambda$  равен углу наклона винтового

зуба, т. е.  $\lambda = \varphi$ . Угол  $\lambda$  влияет на прочность и стойкость зуба фрезы. Угол  $\lambda$  колеблется в пределах от 0 до 15°.

Главный угол в плане  $\varphi$  (рис. 12) влияет на толщину и ширину среза (при одной и той же подаче и глубине),

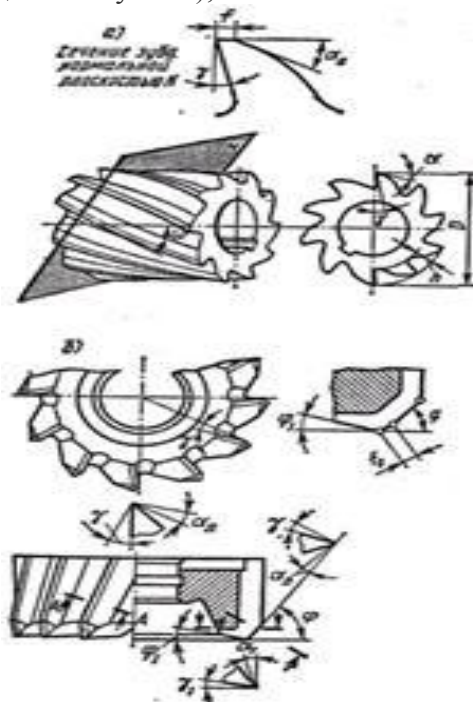


Рис. 12. Геометрические параметры режущей части фрезы на соотношение составляющих сил, действующих на фрезу, на стойкость фрезы и качество обработанной поверхности. Главный угол в плане принимают обычно равным 45—60°. Меньшие значения угла  $\varphi$  (10—30°) используются при наличии станков повышенной жесткости и виброустойчивости.

Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$  служит для уменьшения трения вспомогательной режущей кромки об обработанную поверхность и принимается для торцовых фрез равным 1—10°. Главный угол в плане переходной кромки  $\varphi_0$  принимается равным 15—30°. Значения геометрических параметров для различных фрез и условий обработки приведены в справочниках по режимам фрезерования и справочнике технолога.

Элементы срезаемого слоя (толщина, ширина и поперечное сечение). Толщиной среза  $a$  (рис. 13) при фрезеровании называется расстояние между двумя последовательными положениями линии контакта соответствующих точек режущих кромок двух соседних зубьев с обрабатываемой заготовкой.

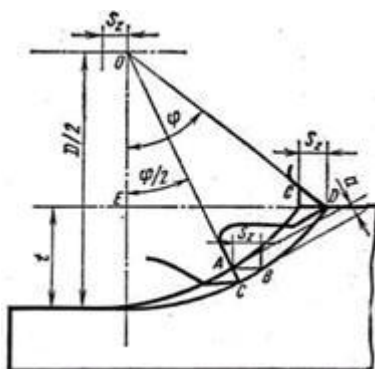


Рис. 13. Элементы срезаемого слоя при фрезеровании цилиндрической прямозубой фрезой Средняя толщина среза (мм) определяется по формуле

$$a = s \sin \frac{\varphi}{2} = sz \sqrt{\frac{t}{D}}$$

Ширина среза  $b$  при цилиндрическом фрезеровании — это общая длина контакта режущих кромок фрезы с обрабатываемой деталью. Ширина равна произведению длины контакта одного зуба фрезы с обрабатываемой деталью  $B$  на число зубьев фрезы  $г$ , находящихся в контакте с деталью, т. е.  $b=Bz'$ . Ширина среза (мм) может быть определена по формуле

$$b = Bz' = \frac{Bz}{\pi} \sqrt{\frac{t}{D}}$$

$$E = \frac{bts_z z}{\pi D}$$

Площадь поперечного сечения среза определяется по формуле  $E = \frac{bts_z z}{\pi D}$ , справедливой для всех видов фрезерования.

**Элементы режима резания.** Скорость резания при фрезеровании—это длина пути (в м), которую проходит за одну минуту наиболее удаленная от оси вращения точка главной режущей кромки.

Скорость резания (в м/мин или м/с) может быть выражена формулой

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ мм/мин} \quad v = \frac{\pi D n}{1000 \cdot 60}$$

При фрезеровании различают подачи: на зуб, на оборот и минутную подачу.

Подачей на зуб ( $s_z$  мм/зуб) называется величина перемещения заготовки или фрезы за время поворота фрезы на один шаг, т. е. на угол между двумя соседними зубьями. На рис. 14 показаны срезы стружки, снимаемой зубьями 1, 2, 3, 4, ..., 8, соответствующие подачам  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_8$ .

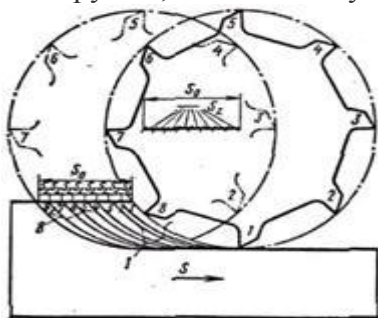


Рис. 14. Виды подач

Подачей на оборот ( $s_0$ , мм/об) называется величина перемещения детали (или фрезы) за время одного полного оборота фрезы. Подача за один оборот равняется подаче на зуб, умноженной на число зубьев фрезы:

$$s_0 = s_z z$$

где  $z$  — число зубьев фрезы.

На рис. 14 величина подачи за один оборот соответствует сумме восьми подач на зуб.

Минутной подачей ( $s_m$ , мм/мин) называется величина перемещения детали (или фрезы) в процессе резания за одну минуту. Минутная подача измеряется в мм/мин:

$$s_m = s_0 n \text{ или } s_m = s_z z n$$

Зная минутную подачу, можно подсчитать время, необходимое для фрезерования детали. Для этого достаточно разделить длину обработки (т. е. путь, который должна пройти заготовка по отношению к фрезе) на минутную подачу. Таким образом, по величине минутной подачи удобно судить о производительности.

Глубиной фрезерования ( $t$ ) называется расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями (см. рис. 2,6).

Шириной фрезерования ( $B$ ) называется ширина обработанной за один рабочий ход поверхности.

На рис. 6 показаны примеры обозначений глубины и ширины в зависимости от вида работ.

**Силы резания и мощность при фрезеровании.**

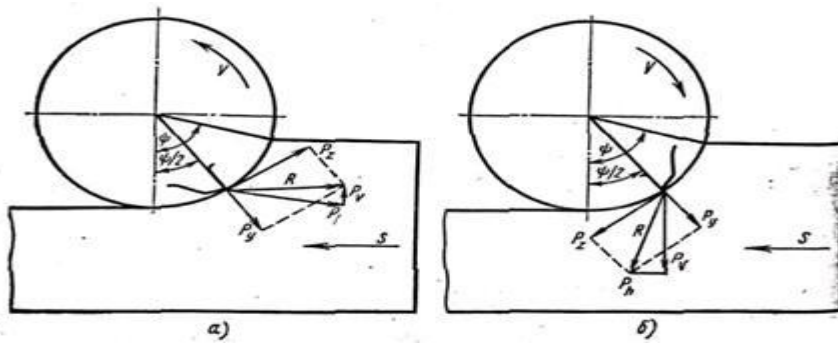


Рис. 15. Составляющие силы резания при цилиндрическом фрезеровании

Для прямозубой цилиндрической фрезы (рис. 15) равнодействующую силу резания  $P$  всех одновременно режущих зубьев фрезы можно разложить «на окружную составляющую  $P_z$ , направленную по касательной к траектории движения точки на лезвии фрезы (перпендикулярно радиусу), и радиальную составляющую  $P_y$ , направленную по радиусам.

Равнодействующую силу  $R$  по правилу параллелограмма можно разложить на две взаимно перпендикулярные составляющие: горизонтальную и вертикальную.

Окружная составляющая сила резания  $P_z$  оказывает влияние на мощность резания. Горизонтальная составляющая силы резания  $Ph$  воздействует на механизм подачи стола фрезерного станка. Вертикальная составляющая силы резания  $Pv$  стремится отжать стол при фрезеровании против подачи (рис. 15, д), а при фрезеровании по подаче (рис. 15, б) — прижать стол к направляющим.

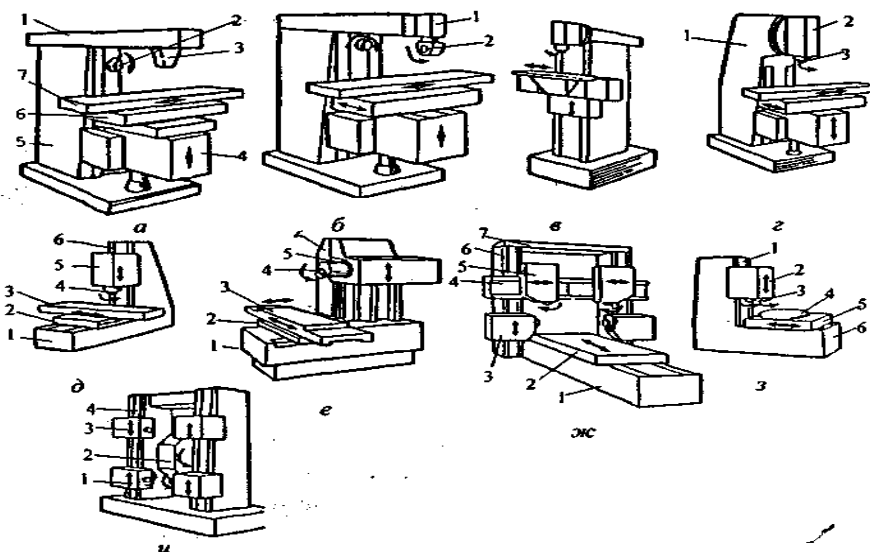
Мощность (Вт), необходимая для осуществления процесса резания, равна произведению окружной составляющей силы резания  $P_z$  на скорость резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z v \cdot 736}{75 \cdot 60}$$

#### Литература:

1. Власов А.Ф. Безопасность труда при обработке металлов резанием. – М.: Машиностроение, 1986.
2. Барбашов Ф.А. Фрезерное дело (плакаты). – М.: Высшая школа, 1991.
3. Константинов В.В. Материаловедение для металлостроителей. – М.: Высшая школа, 1994.
4. Вышнепольский И.С. Техническое черчение. – М.: Академия, 2000.
5. Косовский В.Л. Справочник молодого фрезеровщика. – М.: Высшая школа, 1990.

#### Приложение 1





**Рис.16.** Схемы универсальных фрезерных станков и их основные формообразующие движения: *а* ~ универсальный консольный горизонтально-фрезерный; *б* - широкоуниверсальный консольный горизонтально-фрезерный; *в* - широкоуниверсальный бесконсольно-фрезерный; *г* - консольный вертикально-фрезерный; *д* - бесконсольный вертикально-фрезерный; *е* - бесконсольный горизонтально-фрезерный; *ж* - продольно-фрезерный; *з* - карусельно-фрезерный; *и* - барабанно-фрезерный.

## Практическая работа № 20

Тема: Составление характеристики техники шлифования

**Цель работы:** Изучить технику шлифования, виды шлифовальной обработки и его инструмента.

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить представленный материал.
2. Дать определение шлифованию.
3. Перечислить абразивные материалы и описать порядок восстановления режущих свойств абразивных инструментов
4. Описать характеристику метода шлифования.
5. Описать основные типы шлифовальных станков.
6. Описать все виды обработки шлифования и зарисовать.

### 1. Характеристика метода шлифования

**Шлифованием** называют процесс обработки заготовок резанием с помощью абразивного инструмента, совершающего с высокой скоростью главное движение резания. К абразивным материалам относятся твердые горные породы — алмаз, корунд, гранат, кварц и др. и искусственные горные породы — карборунд, карбид бора и др., применяемые для обработки материалов в виде абразивных (наждачных) кругов, паст или бумаги (ткани) с нанесенным слоем абразива. Абразивные зерна расположены в круге беспорядочно и удерживаются связующим материалом. Для формообразования поверхностей необходимо вращательное движение круга и относительное перемещение вдоль одной из координатных осей. При вращении круга в зоне его контакта с заготовкой часть зерен срезает материал в виде очень большого числа тонких стружек. Процесс резания каждым зерном осуществляется почти мгновенно. Обработанная поверхность представляет собой совокупность микроследов абразивных зерен и имеет малую шероховатость. Часть зерен ориентирована так, что резать не может. Такие зерна производят работу трения по поверхности резания.

Абразивные зерна оказывают на заготовку существенное силовое воздействие, вызывают поверхностное пластическое деформирование материала, что приводит к упрочнению обработанной поверхности. Но этот эффект оказывается менее ощутимым, чем при обработке лезвийным инструментом.

Тепловое и силовое воздействие на обработанную поверхность приводит к структурным превращениям и к образованию дефектного поверхностного слоя. Для уменьшения теплового воздействия процесс шлифования выполняют при обильной подаче смазочно-охлаждающих жидкостей.

Шлифование применяют для чистовой и отделочной обработки деталей с высокой точностью. Для заготовок из закаленных сталей шлифование является одним из наиболее распространенных методов формообразования.

### 2. Основные типы шлифовальных станков

Наиболее распространенными шлифовальными станками являются круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные, бесцентровошлифовальные, заточные, а также специализированные станки.

**Круглошлифовальные станки** (рис. 4.21, а) имеют поворотную переднюю 3, шлифовальную 4 и заднюю 5 бабки. Бабки 3 и 4 можно повернуть на заданный угол вокруг вертикальной оси. Возвратно-поступательное перемещение стола 2 по станине 1 производится с помощью гидропривода 6.

**Плоскошлифовальные станки** с прямоугольным столом (рис. 4.21, б) имеют шлифовальную бабку 3, которая перемещается по направляющим стойки 4. Движение подачи производится в крайних положениях стола 5. Возвратно-поступательное движение стола по станине 1 осуществляется с помощью гидропривода 2.

Закрепление заготовок на шлифовальных станках зависит от метода шлифования. На круглошлифовальных станках заготовки шлифуют в центрах, расположенных на передней и задней бабках. Круговое движение подачи заготовки обеспечивает поводковое устройство, приводимое во вращение планшайбой. Возможно закрепление заготовок в кулачковых патронах. На плоскошлифовальных станках заготовки закрепляют с помощью магнитных плит, а также в зажимных приспособлениях. Станки снабжают специальными устройствами для правки круга после его износа, а также приспособлениями для балансировки (уравновешивания) круга.

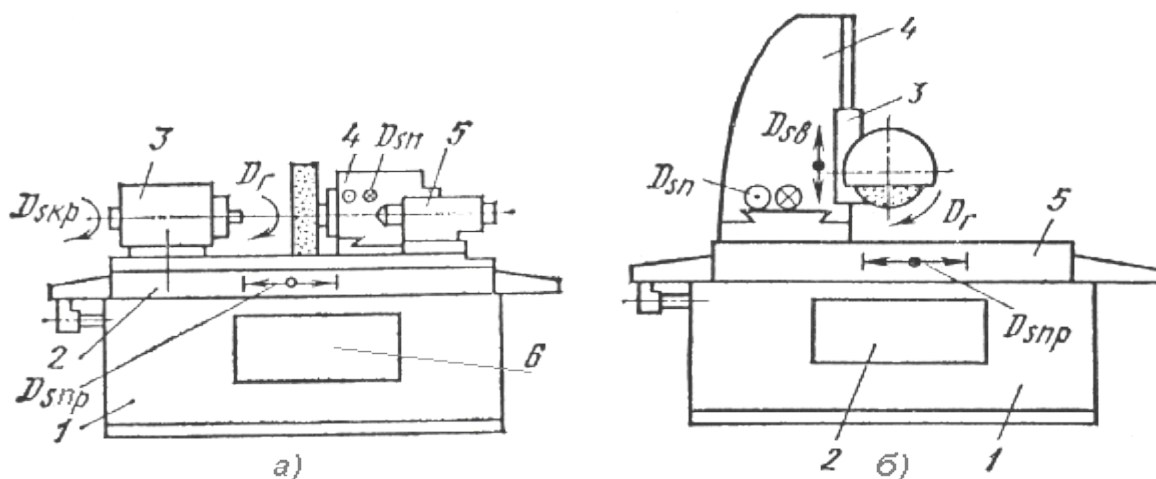


Рис. 4.21. Шлифовальные станки

### 3. Режущий абразивный инструмент

**Абразивные инструменты** различают по геометрической форме и размерам, типу абразивного материала, зернистости, связке, твердости и структуре. При изготовлении инструмента абразивные зерна скрепляют друг с другом с помощью связки. Наиболее широко применяется связка керамическая, бакелитовая и вулканитовая. *Керамическую связку* готовят из глины, полевого шпата, кварца и других веществ, тонко измельчая и смешивая их в определенных пропорциях. *Бакелитовая связка* состоит в основном из синтетической смолы-бакелита. *Вулканитовая связка* представляет собой каучук, подвергнутый вулканизации для превращения его в прочный, твердый эбонит.

Алмазные круги состоят из корпуса и алмазноносного слоя. Корпус изготовлен из алюминия, пластмассы или стали. Толщина алмазноносного слоя обычно 1,5-3 мм.

Шлифовальные круги маркируются. Условные обозначения расположены в определенной последовательности: абразивный материал и его марка, номер зернистости, степень твердости, номер структуры, вид связки.

В процессе шлифования абразивные зерна изнашиваются, затупляются, поры между зернами заполняются шлифовальными отходами. Поверхность круга теряет свою первоначальную форму, и точность обработки снижается. Для восстановления режущих свойств абразивные инструменты подвергают *правке*, обычно алмазом. Алмаз укреплен в специальной державке и перемещается относительно вращающегося круга, при этом удаляются затупившиеся зерна и круг приобретает правильную геометрическую форму. Толщина слоя, удаляемая за один проход алмаза, не превышает обычно 0,03 мм.

Перед установкой на станок круги испытывают при вращении со скоростью, в 1,5 раза превышающей рабочую.

#### 4. Схемы обработки шлифования

На круглошлифовальных станках наиболее распространены методы шлифования в центрах. **Круглое шлифование** (рис. 4.22) выполняется при вращательном главном движении резания шлифовального круга и круговом движении подачи заготовки.

При *шлифовании с продольным движением подачи* (рис. 4.22, а) заготовка вращается и совершает возвратно-поступательное движение. В конце хода заготовки круг перемещается на расстояние, равное поперечной подаче, и при следующем ходе вновь срезается слой металла заданной глубины.

*Врезное шлифование* (рис. 4.22, б) применяется, когда ширина шлифуемого участка меньше ширины шлифовального круга. Этот метод также используют в тех случаях, когда необходимо шлифовать фасонные поверхности и кольцевые канавки.

*Глубинное шлифование* (рис. 4.22, в) позволяет за один рабочий ход снять слой металла на всю необходимую глубину. Шлифовальный круг имеет конический участок длиной 8-12 мм, который удаляет основную часть срезаемого слоя, а цилиндрический участок зачищает обработанную поверхность.

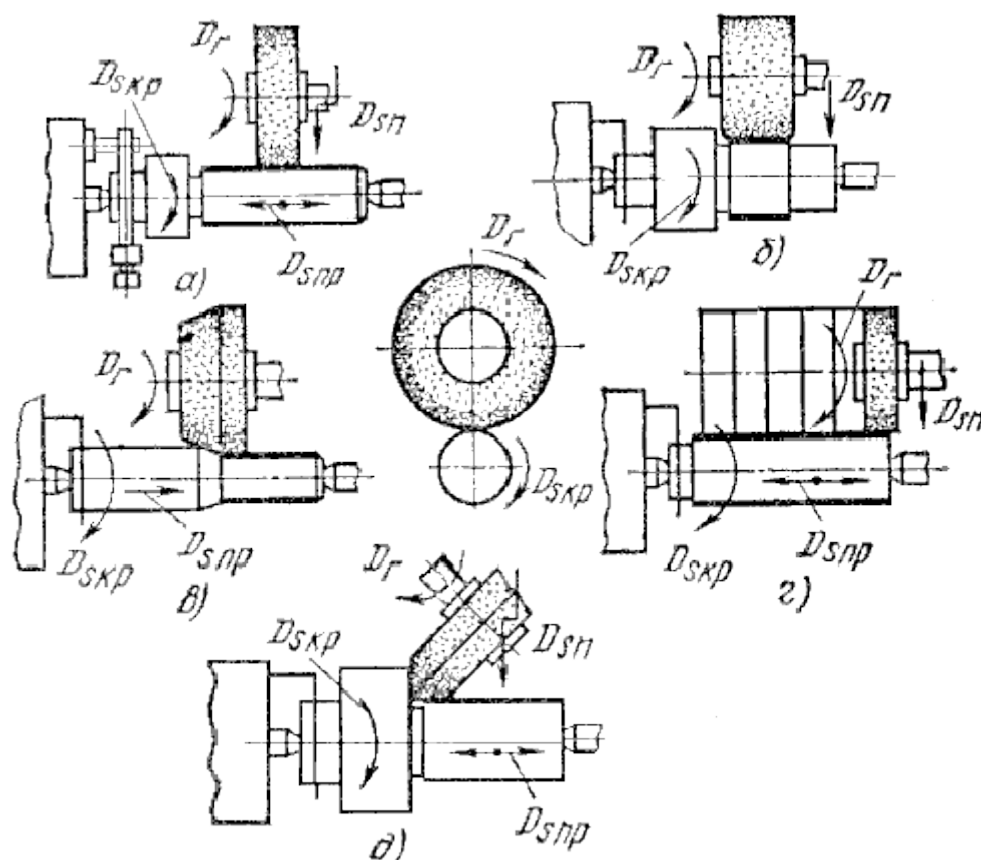


Рис. 4.22. Схемы круглого шлифования

При *шлифовании уступами* (рис. 4.22, г) производят обработку врезанием с поперечной подачей, периодически передвигая стол на 0,8-0,9 ширины круга. Затем выполняют несколько ходов с продольным движением подачи для зачистки поверхности при выключенной поперечной подаче.



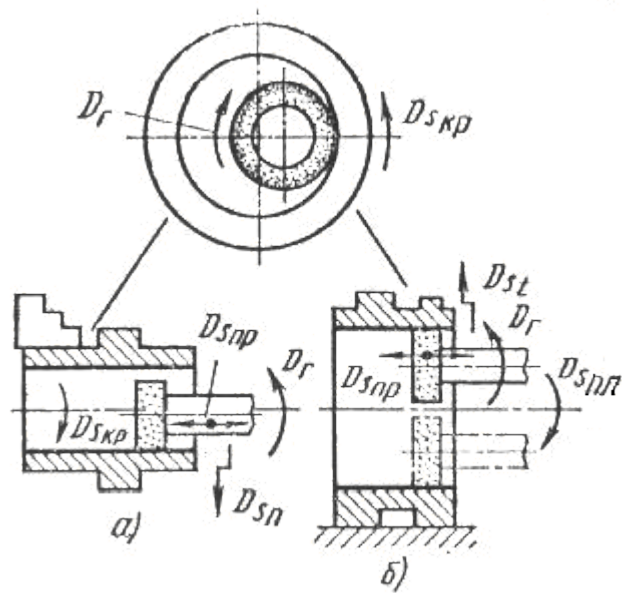


Рис. 4.23. Схемы внутреннего шлифования

Для одновременной обработки цилиндрических и плоских (торцовых) поверхностей шлифовальный круг заправляют специальным образом и поворачивают на определенный угол (рис. 4.22, д). Шлифование производят коническими участками круга.

**Внутреннее шлифование** выполняют двумя методами (рис. 4.23). При *шлифовании с продольным движением подачи* (рис. 4.23, а) заготовки закрепляют в трехкулачковом патроне. Отверстия шлифуют на всю их длину либо часть длины, когда необходимо обрабатывать лишь определенные участки. На внутришлифовальных станках обрабатывают также внутренние торцовые, фасонные и конические поверхности.

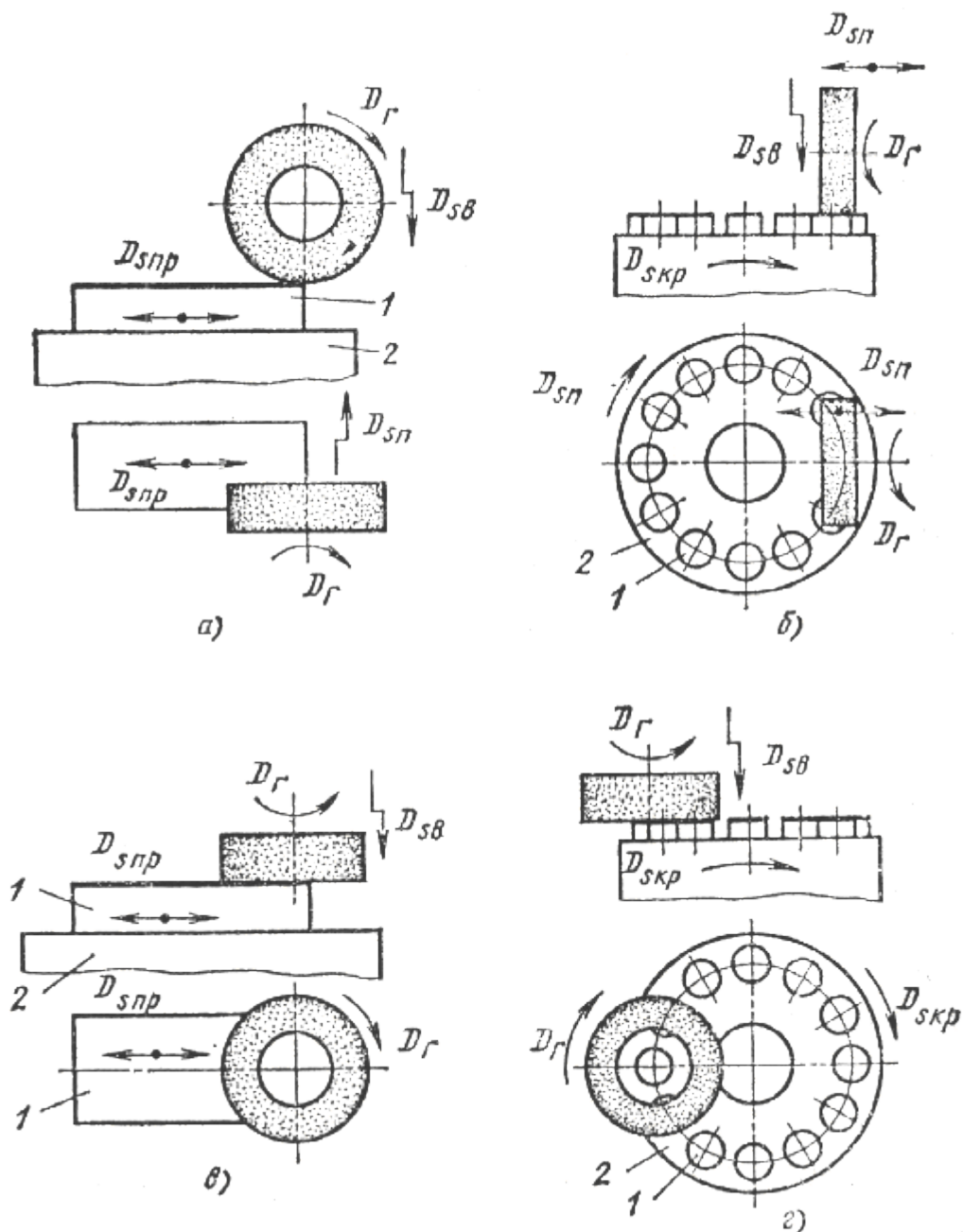


Рис. 4.24. Схемы плоского шлифования

*Планетарное шлифование* (рис. 4.23, б) применяют при обработке заготовок больших размеров. Заготовка неподвижно закрепляется на столе станка, шлифовальный круг вращается не только вокруг своей оси, но и вокруг оси отверстия, т. е. совершает планетарное движение, что аналогично круговому движению подачи. Периодически круг перемещается в радиальном направлении на глубину резания.

Методы **плоского шлифования** (рис. 4.24) делят на четыре основных вида. Заготовки 1 закрепляют на прямоугольных или круглых столах 2. Прямоугольные столы совершают возвратно-поступательные движения (продольное движение подачи), движение подачи на глубину резания производится в крайних положениях столов. Круглые столы совершают вращательные движения, обеспечивая круговое движение подачи.

*Шлифование торцом круга* (рис. 4.24, в, г) более производительно, так как одновременно в работе участвует большее число абразивных зерен, однако *шлифование периферией круга* (рис. 4.24, а, б) позволяет выполнить большее число разнообразных работ.

При **бесцентровом шлифовании** (рис. 4.25) заготовку 2 не закрепляют, она располагается на ноже 3 и одновременно контактирует с двумя кругами - шлифующим 4 и ведущим 1, которые вращаются в одном направлении, но с разными скоростями. Трение между ведущим кругом и заготовкой больше, чем между заготовкой и шлифовальным кругом, поэтому заготовка вращается

со скоростью, близкой к окружной скорости ведущего круга. Перед шлифованием ведущий круг устанавливают под углом  $\varphi$  к оси заготовки. При разложении на составляющие вектора окружной скорости этого круга выделяется продольная составляющая (скорость продольной подачи  $V_s$ ). С этой скоростью заготовка перемещается по ножу и шлифуется по всей длине (рис. 4.25, а).

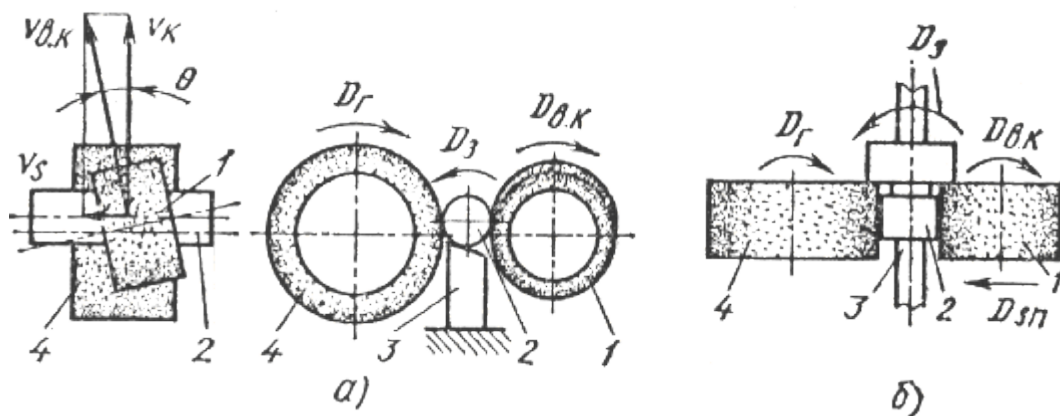


Рис. 4.25. Схема бесцентрового шлифования

При шлифовании заготовок с уступами (рис. 4.25, б) бабку ведущего круга не поворачивают, а перемещают по направляющим станины до определенного положения, т. е. используют метод врезания.

#### Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое шлифование?
2. Какие виды станков применяют при шлифовании?
3. Из чего изготавливают абразивные инструменты?
4. Какой вид шлифования наиболее эффективен?

#### Список литературы.

1. Лоскутов В.В. Шлифовальные станки 1988 (М. Машиностроение 1988).
2. Лоскутов В.В. Шлифование металлов Учебник 1985 (М. Машиностроение 1985).
3. Якимов А.В., Паршаков А.Н., Свирщев В.И., Ларшин В.П. Управление процессом шлифования 1983 (К. Техніка 1983)

## СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование работы	Стр.
1	Практическая работа № 1	5
2	Практическая работа № 2	10
3	Практическая работа № 3	21
4	Практическая работа № 4	24
5	Практическая работа № 5	30
6	Практическая работа № 6	41
7	Практическая работа № 7	49
8	Практическая работа № 8	54
9	Практическая работа № 9	57
10	Практическая работа № 10	60
11	Практическая работа № 11	64
12	Практическая работа № 12	68
13	Практическая работа № 13	72
14	Практическая работа № 14	79
15	Практическая работа № 15	84
16	Практическая работа № 16	90
17	Практическая работа № 17	95
18	Практическая работа № 18	103
19	Практическая работа № 19	107
20	Практическая работа № 20	110

Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Самарской области  
«Чапаевский химико-технологический техникум»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Директора ГБПОУ «ЧХТТ»

\_\_\_\_\_ Е.В. Первухина

«12» января 2016 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
**«Технологическое оборудование»**

для студентов очного обучения

по специальности: 151031 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного  
оборудования в химической промышленности

г.о. Чапаевск 2016

СОГЛАСОВАНО

Предметной методической комиссией  
механических дисциплин  
Протокол № 6  
«11» января 2016 г.

Председатель \_\_\_\_\_ *Л.И.Карпова*

Составитель: *В.Л. Велигорская, преподаватель ГБПОУ «ЧХТТ»*

**Эксперты:**

Внутренняя экспертиза

Техническая экспертиза: *Л.И. Карпова, Председатель ПЦК механических дисциплин ГБПОУ «ЧХТТ»*

Внешняя экспертиза:

Содержательная экспертиза: *Е.В. Первухина. Зам. директора по УР ГБПОУ «ЧХТТ»*

Методические указания по выполнению практических работ учебной дисциплины «Технологическое оборудование» предназначен для закрепления и углубления теоретических знаний студентов и оценки результатов освоения программы учебной дисциплины «Технологическое оборудование» по специальности 151031 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования в химической промышленности базовый уровень.

## **Пояснительная записка**

Методические указания по выполнению практических работ учебной дисциплины «Технологическое оборудование» разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 151031 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования в химической промышленности (базовый уровень).

Программой дисциплины «Технологическое оборудование» предусмотрено читать кинематические схемы; определять параметры работы оборудования и его технические возможности; изучить назначение, область применения, устройство, принципы работы оборудования; технические характеристики и технологические возможности промышленного оборудования; нормы допустимых нагрузок оборудования в процессе эксплуатации

Преподавание дисциплины направлено и проводится в тесной взаимосвязи с общепрофессиональными и специальными дисциплинами.

Принцип постоянной связи теории с практики получает непосредственное осуществление на практических занятиях. Они активизируют познавательную деятельность студентов, так как требуют личного участия в проведении различного рода исследований и анализов, студенты получают необходимые знания, умения и навыки по расчетам прикуса, режимов резания.

Практические работы дисциплины «Технологическое оборудование» проводятся параллельно с изучением теоретического материала. Рабочей программой предусмотрено 40 часов практических занятий.

Каждая работа содержит: номер и название работы, её цель, основные теоретические сведения, используемое оборудование, пояснения к работе, задания, оформление отчета.

### ***Цели и задачи практических занятий***

Основная задача практических занятий – закрепление и углубление теоретических знаний студентов.

#### **Основная цель практических работ:**

1. Проверить уровень понимания вопросов, пройденных на уроках теоретического обучения;

2. Проверить расчетные навыки, необходимые для работы на производстве.

В процессе выполнения работы студент должен:

- а) Стремиться к самостоятельности в решении всех вопросов;
- б). Показать способность правильного применения теоретических положений и практических методов расчета;
- в) Организовать свою работу так, чтобы с наименьшей затратой времени и труда найти наилучшее техническое решение.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

- Вы правильно выполнили все (100%) задания. Работа оформлена чисто, без исправлений - 5(отлично).
- Вы смогли выполнить (80 %) . Работа оформлена аккуратно - 4 (хорошо).
- Вы смогли выполнить (70 %) . Работа оформлена аккуратно - 3 (удовлетворительно).
- Половина заданий не выполнено (50%) или у Вас вызвала затруднения - 2 (неудовлетворительно)



## Практическая работа № 1

**Тема:** Расчёт цилиндрических оболочек на внутреннее давление.

**Цель работы:** Произвести расчёт цилиндрических оболочек на внутреннее давление.

### 1.1 Оболочки, нагруженные внутренним давлением

1) расчет толщины стенки цилиндрической обечайки:

Толщину стенки цилиндрической обечайки, находящуюся под внутренним давлением рассчитывают:

$$S = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_p} + C_k + C_o,$$

где  $S$  – толщина цилиндрической обечайки, мм;

$P_p$  – расчетное внутреннее давление, МПа;

$D$  – внутренний диаметр, мм;

$[\sigma]$  – допускаемые напряжения, МПа;

$\varphi$  – коэффициент сварного шва;

$C_k$  – прибавка на коррозию, мм;

$C_o$  – прибавка на округление до стандартного размера, мм.

Т.к. корпус аппарата сварной, то необходимо учитывать влияние сварного шва.

Примем  $\varphi = 0,9$  как для аппарата, сваренного ручной односторонней сваркой.

$$S = \frac{0,75 \cdot 1200}{2 \cdot 113,4 \cdot 0,9 - 0,75} + C_k + C_o = 6,43 + C_o, \text{ мм}$$

По сортаменту листовой стали выбираем толщину  $S=8$  мм с учетом допускаемых отклонений от стандартной толщины и  $C_o=1,57$  мм.

2) расчет эллиптической крышки:

Для стандартных крышек исполнительная толщина стенки:

$$S_3 = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P_p} + C_k + C_o$$

где  $S_3$  – толщина стенки эллиптической крышки, мм

$$S_3 = \frac{0,75 \cdot 1200}{2 \cdot 113,4 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,75} + 2 + C_o = 6,42 + C_o, \text{ мм}$$

По сортаменту листовой стали выбираем толщину  $S=8$  мм с учетом допускаемых отклонений от стандартной толщины и  $C_o=1,58$  мм.

3) расчет толщины рубашки

$$S_9 = \frac{P_{руб} \cdot D_1}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_{руб}} + C_k + C_o$$

где  $P_{руб}$  – давление в рубашке, МПа;

$D_1$  – внешний диаметр корпуса.

$D_1=1300$  мм.

$$S_3 = \frac{0,5 \cdot 1300}{2 \cdot 113,4 \cdot 0,9 - 0,5} + C_k + C_o = 5,19 + C_o$$

По сортаменту листовой стали выбираем толщину  $S=6$  мм с учетом допускаемых отклонений от стандартной толщины и  $C_o=0,81$  мм.

4) расчет конического днища:

$$S_k = \frac{P_p \cdot D_p}{(2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_p) \cdot \cos \alpha} + C_k + C_o$$

где  $S_k$  – толщина стенки конического днища, мм;

$D_p = 0,8 \cdot D$  – расчетный диаметр конического днища, мм

$D_p = 0,8 \cdot 1200 = 960$  мм

$$S_k = \frac{0,75 \cdot 960}{(2 \cdot 113,4 \cdot 0,9 - 0,75) \cdot 0,707} + 2 + C_o = 7,01 + C_o \text{ мм}$$

По сортаменту листовой стали выбираем толщину  $S=8$  мм с учетом допускаемых отклонений от стандартной толщины и  $C_o=0,99$  мм.

### Контрольные вопросы

Какие сосуды считаются тонкостенными?

В каких случаях обечайки проверяют на устойчивость?

Какие обечайки более устойчивы?

У каких обечаек устойчивость не зависит от ее длины?

### Литература

1. Поляков А. А. Механика химических производств. – СПб: Химия, 1995.

2. Вихман Л. Г., Круглов С. А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Машиностроение, 1978.

3. Михалев М. Ф., Третьяков Н. П., Мильченко А. И., Зобнин В. В. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: примеры и задачи /под ред. Михалева М. Ф. – Л.: Машиностроение, 1984.

4. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. – М.: Изд-во стандартов, 1990.

### Варианты заданий (АБВ)

Варианты А	1	2	3	4	5	6
Диаметр обечайки $D$ , м	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	2,0

Варианты Б	1	2	3	4
Материал обечайки	Сталь Ст 3	Сталь Ст 20	Сталь 17ГС	Сталь 08Х18Н10Т
Допускаемое напряжение $[\sigma]$ , МПа	140	147	187	166

Варианты В	1	2	3	4
Коэффициент запаса устойчивости $n_{\gamma}$	0,4	0,6	0,7	0,8

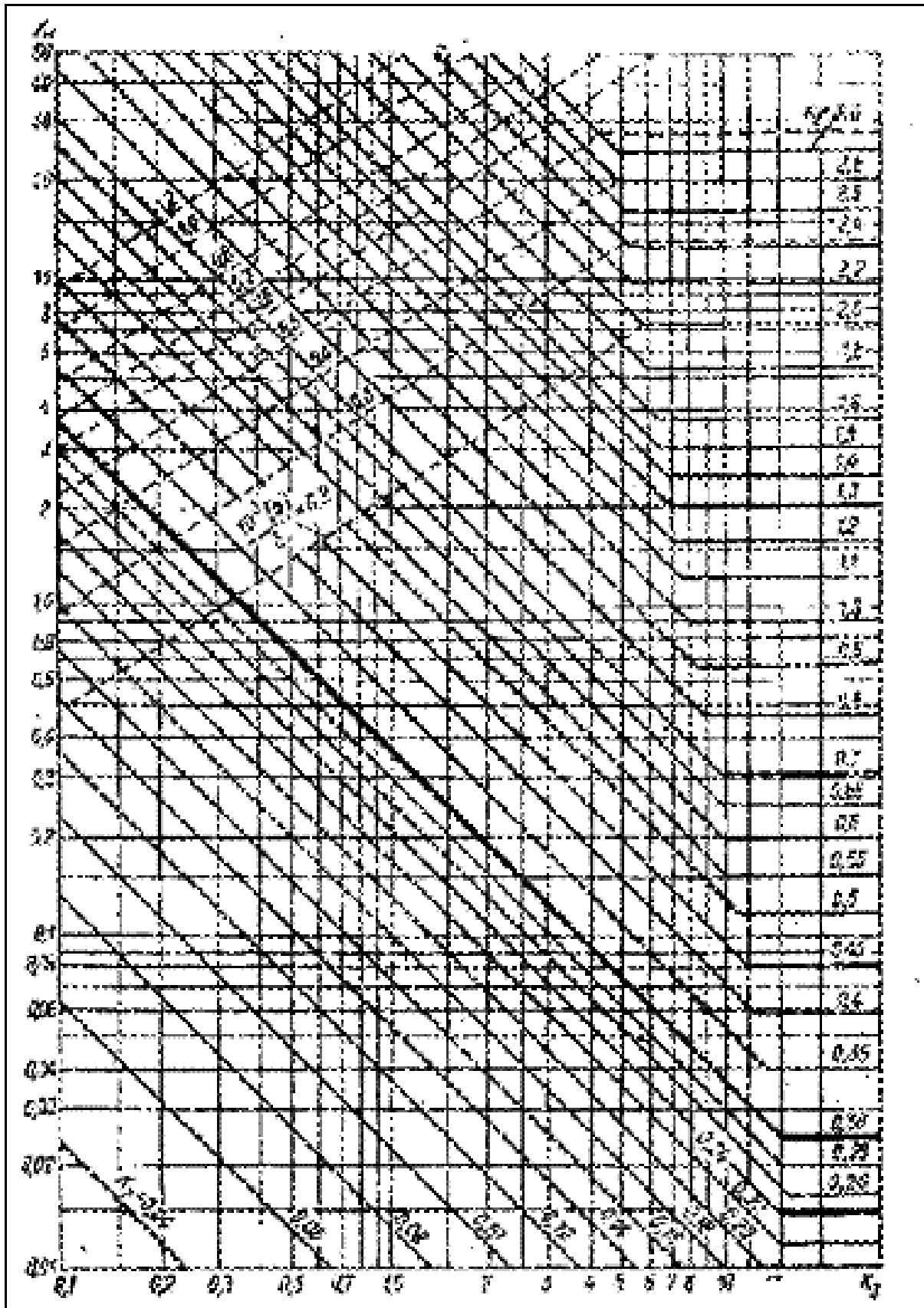


Рис. 1. Диаграмма для определения коэффициентов при расчете обечаек на устойчивость

## Практическая работа № 2

**Тема: Расчёт цилиндрических аппаратов нагруженных наружным давлением.**

**Цель работы:** Произвести расчёт цилиндрических аппаратов нагруженных наружным давлением.

### 1.2 Оболочки, нагруженные наружным давлением

1) Толщину стенки цилиндрической обечайки предварительно определяют по формуле:

$$S = \max \left\{ K_2 \cdot D \cdot 10^{-2}; \frac{1.1 \cdot P_{p.n.} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \right\} + C_k + C_0$$

где  $S$  – толщина стенки аппарата, мм;

$K_2$  – коэффициент устойчивости;

$D$  – внутренний диаметр обечайки, мм;

$P_{p.n.}$  – расчетное наружное давление, МПа;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение, МПа,

$C_k$  – прибавка на коррозию, мм;

$C_0$  – прибавка на округление до стандартного размера, мм.

Коэффициент  $K_2$  находят по номограмме по вспомогательным коэффициентам  $K_1$  и  $K_3$ .

Коэффициент  $K_1$  находят:

$$K_1 = \frac{n_y \cdot P_{p.n.}}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E}$$

где  $n_y = 2,4$  – коэффициент запаса устойчивости в рабочем состоянии;

$P_{p.n.}$  – расчетное наружное давление, МПа;

$E$  – модуль упругости, МПа.

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 0,58}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,81 \cdot 10^5} = 3,20$$

Коэффициент  $K_3$ :

$$K_3 = \frac{L}{D}$$

где  $L$  – длина цилиндрической части оболочки, мм;

$D$  – внутренний диаметр, мм.

Длина цилиндрической части корпуса находят:

$$L = H_2 - H_6 + \frac{D}{3 \cdot \operatorname{tg} 45}$$

где  $H_2 = 1060$  мм;

$H_6 = 712$  мм.

$$L = 1060 - 712 + \frac{1200}{3} = 748 \text{ мм}$$

$$K_3 = \frac{748}{1200} = 0,62$$

По номограмме находим  $K_2=0,61$ .

$$S = \max\left\{0,56 \cdot 1200 \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot 0,58 \cdot 1200}{2 \cdot 1134}\right\} + 2 + C_0 = \max\{7,32; 3,38\} + 2 + C_0 = 9,32 + C_0 \text{ мм}$$

По сортаменту листовой стали, выбираем сталь толщиной 12 мм с учетом всех отклонений.

После предварительного определения толщины стенки обечайки проверяют допускаемое наружное давление:

$$[P] = \frac{[P_p]}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P_p]}{[P_E]}\right)^2}} \geq P_{p.n.}$$

где давление из условия прочности:

$$[P_p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - C_k)}{D + S - C_k},$$

а допускаемое давление из условия устойчивости:

$$[P_E] = \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{L} \cdot \left(\frac{100 \cdot (S - C_k)}{D}\right)^{2,5}$$

Вспомогательный коэффициент  $B_1$  рассчитывают из соотношения:

$$B_1 = \min\left\{1,0; 8,15 \cdot \frac{D}{L} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S - C_k)}}\right\}$$

$$[P_p] = \frac{2 \cdot 1134 \cdot (12 - 2)}{1200 + 12 - 2} = 1,87 \text{ МПа}$$

$$B_1 = \min\left\{1,0; 8,15 \cdot \frac{1200}{748} \cdot \sqrt{\frac{1200}{100 \cdot (12 - 2)}}\right\} = \min\{1,0; 14,32\} = 1,0$$

$$[P_E] = \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 1,81 \cdot 10^5}{2,4 \cdot 1,0} \cdot \frac{1200}{748} \cdot \left(\frac{100 \cdot (12 - 2)}{1200}\right)^{2,5} = 1,38 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление равно:

$$[P] = \frac{1,87}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,87}{1,38}\right)^2}} = 1,1 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление больше расчетного наружного давления,  $1,1 \geq 0,58$  МПа.

2) толщина стенки стандартного днища, работающего под наружным давлением, определяется:

$$S_3 = \max\left\{\frac{0,9 \cdot D}{510} \cdot \sqrt{\frac{n_y \cdot P_{p.n.}}{10^{-6} \cdot E}}; \frac{P_{p.n.} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]}\right\} + C_k + C_0$$



$$S_3 = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot 1200}{510} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 0,58}{10^{-6} \cdot 1,81 \cdot 10^5}}; \frac{0,58 \cdot 1200}{2 \cdot 113,4} \right\} + C_k + C_o = \max\{5,87; 3,07\} + 2 + C_o =$$

$$= 7,87 + C_o \text{ мм}$$

По сортаменту листовой стали, выбираем сталь толщиной 12 мм с учетом всех отклонений.

3) толщину стенки конического днища считают условно равной толщине стенки цилиндрической обечайки. После этого проверяем допускаемое наружное давление:

$$[P] = \frac{[P_p]}{\sqrt{1 + \left( \frac{[P_p]}{[P_E]} \right)^2}} \geq P_{p.n.}$$

$$[P_p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - C_k)}{D \cdot \cos(\alpha) + (S - C_k)}$$

где  $\alpha$  – угол при вершине конуса, градусы.

$$[P_p] = \frac{2 \cdot 113,4 \cdot (12 - 2)}{1200 \cdot \cos(45^\circ) + (12 - 2)} = 2,64 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия устойчивости находят:

$$[P_E] = \frac{6,9 \cdot 10^{-6} \cdot E}{B_1} \cdot \frac{D_p}{L_E} \cdot \left( \frac{100 \cdot (S - C_k)}{D_p} \right)^{2,5}$$

Вспомогательный коэффициент  $B_1$  определяется:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 8,15 \cdot \frac{D_p}{L_E} \cdot \sqrt{\frac{D_p}{100 \cdot (S - C_k)}} \right\}$$

где  $B_1$  – вспомогательный коэффициент;

$D_p$  – расчетный диаметр конического днища, мм;

$L_E$  – расчетная длина конического днища, мм;

Расчетную длину конического днища находят:

$$L_E = \frac{D - D_o}{2 \cdot \sin(\alpha)}$$

где  $D$  – внутренний диаметр конического днища, мм;

$D_o$  – внутренний диаметр нижнего штуцера, мм;

$\alpha$  – угол при вершине конуса, градусы.

$D_o = 100$  мм

$$L_E = \frac{1200-100}{2 \cdot \sin(45)} = 777,93 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр вычисляются по объединенной формуле:

$$D_P = \max \left\{ \frac{D+D_o}{2 \cdot \cos(\alpha)}; \frac{D}{\cos(\alpha)} - 0,31 \cdot (D+D_o) \cdot \sqrt{\frac{D+D_o}{100 \cdot (S-C_k)}} \cdot \text{tg}(\alpha) \right\}$$

$$D_P = \max \left\{ \frac{1200+100}{2 \cdot \cos(45^0)}; \frac{1200}{\cos(45^0)} - 0,31 \cdot (1200+100) \cdot \sqrt{\frac{1200+100}{100 \cdot (12-2)}} \cdot \text{tg}(45^0) \right\} =$$

$$= \max \{919,38; 1237,82\} = 1237,82 \text{ мм}$$

Коэффициент  $B_1$  равен:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 8,15 \cdot \frac{1237,82}{777,93} \cdot \sqrt{\frac{1237,82}{100 \cdot (12-2)}} \right\} = \min \{1,0; 14,43\} = 1,0$$

Допускаемое давление из условия устойчивости равно:

$$[P_E] = \frac{6,9 \cdot 10^{-6} \cdot 1,81 \cdot 10^5}{1,0} \cdot \frac{1237,82}{777,93} \cdot \left( \frac{100 \cdot (12-2)}{1237,82} \right)^{2,5} = 1,17 \text{ МПа}$$

Допустимое наружное давление равно:

$$[P] = \frac{2,64}{\sqrt{1 + \left( \frac{2,64}{1,17} \right)^2}} = 1,07 \text{ МПа}$$

Таким образом, допустимое давление больше расчетного наружного давления, 1,07 МПа > 0,58 МПа. Толщины обечайки, крышки и днища подобраны верно.

### Контрольные вопросы

- Какие сосуды считаются тонкостенными?
- В каких случаях обечайки проверяют на устойчивость?
- Какие обечайки более устойчивы?
- У каких обечаек устойчивость не зависит от ее длины?

### Литература

1. Поляков А. А. Механика химических производств. – СПб: Химия, 1995.
2. Вихман Л. Г., Круглов С. А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Машиностроение, 1978.
3. Михалев М. Ф., Третьяков Н. П., Мильченко А. И., Зобнин В. В. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: примеры и задачи /под ред. Михалева М. Ф. – Л.: Машиностроение, 1984.
4. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. – М.: Изд-во стандартов, 1990.

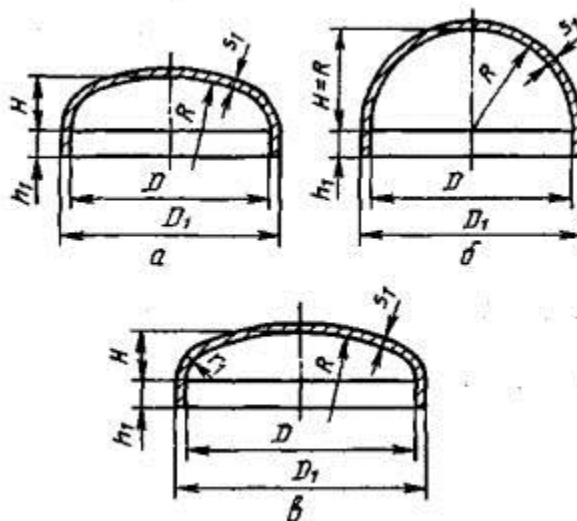
## Практическая работа № 3

**Тема: Расчёт выпуклых днищ на наружное давление**

**Цель работы: Произвести расчёт выпуклых днищ на наружное давление**



На рисунке 8 приведены расчетные схемы эллиптических, полусферических и торосферических днищ.



*a* - эллиптическое днище; *б* - полусферическое днище; *в* - торосферическое днище  
Рисунок 8 - Выпуклые днища

### 3.2. Условия применения расчетных формул

#### 3.2.1. Расчетные формулы применимы при выполнении условий:

- для эллиптических днищ

$$0,002 \leq \frac{s_1 - c}{D} \leq 0,100,$$

$$0,2 \leq H/D \leq 0,5;$$

- для торосферических днищ

$$0,002 \leq \frac{s_1 - c}{D} \leq 0,100.$$

Для торосферических днищ в зависимости от соотношения параметров  $R$ ,  $d_1$ ,  $r_1$  приняты следующие типы днищ

тип А  $R \gg D_1$ ,  $r_1 \geq 0,095 D_1$ ;

тип В  $R \gg 0,9 D_1$ ,  $r_1 \geq 0,170 D_1$ ;

тип С  $R \gg 0,8 D_1$ ,  $r_1 \geq 0,150 D_1$ .

3.2.2. Расчетные формулы, приведенные в пп. 3.3.2 и 3.4.2, применимы при условии, если расчетные температуры не превышают значений, при которых учитывается ползучесть материалов, т. е. при таких температурах, когда допускаемое напряжение определяют только по пределу текучести или временному сопротивлению (пределу прочности).

Если нет точных данных, то допускается формулы применять при условии, что расчетная температура стенки днища из углеродистой стали не превышает  $380^\circ\text{C}$ , из низколегированной не превышает  $420^\circ\text{C}$ , а из аустенитной не превышает  $525^\circ\text{C}$ .

### 3.3. Эллиптические и полусферические днища

#### 3.3.1. Эллиптические и полусферические днища, нагруженные внутренним избыточным давлением

3.3.1.1. Толщину стенки  $s_1$  следует рассчитывать по формулам  $s_1 \geq s_{1p} + c$ , (52)

$$\text{где } s_{1p} = \frac{pR}{2\varphi[\sigma] - 0,5p} \quad (53)$$

3.3.1.2. Допускаемое внутреннее избыточное давление  $[p]$  следует рассчитывать по формуле

$$[p] = \frac{2(s_1 - c) \varphi [\sigma]}{R + 0,5(s_1 - c)} \quad (54)$$

3.3.1.3. Радиус кривизны в вершине днища равен:

$$R = \frac{D^2}{4H} \quad (55)$$

где  $R = D$  - для эллиптических днищ с  $H = 0,25 D$ ;

$R = 0,5 D$  - для полусферических днищ с  $H = 0,5 D$ .

3.3.1.4. Если длина цилиндрической отбортованной части днища  $h_1 > 0,8 \sqrt{D(s_1 - c)}$  - для эллиптического днища или  $h_1 > 0,3 \sqrt{D(s_1 - c)}$  - для полусферического днища, то толщина днища должна быть не меньше толщины обечайки, рассчитанной в соответствии с п. 2.3.1 при  $j_p = 1$ .

3.3.1.5. Для днищ, изготовленных из одной заготовки, коэффициент  $j = 1$ . Для днищ, изготовленных из нескольких заготовок, коэффициент  $j$  следует определять в соответствии с приложением 5.

3.3.2. Эллиптические и полусферические днища, нагруженные наружным давлением

3.3.2.1. Толщину стенки приближенно определяют по формулам (56), (57) с последующей проверкой по формуле (58)

$s_1 \geq s_{1p} + c$ , (56)

$$s_{1p} = \max \left\{ \frac{K_3 R}{510} \sqrt{\frac{n_y p}{10^{-6} E}}; \frac{p R}{2[\sigma]} \right\} \quad (57)$$

где

Для предварительного расчета  $K_3$  принимают равным 0,9 для эллиптических днищ и 1,0 - для полусферических днищ.

3.3.2.2. Допускаемое наружное давление  $[p]$  следует рассчитывать по формуле

$$[p] = \frac{[p]_n}{\sqrt{1 + \left( \frac{[p]_n}{[p]_E} \right)^2}} \quad (58)$$

где допускаемое давление  $[p]_n$  из условия прочности

$$[p]_n = \frac{2[\sigma](s_1 - c)}{R + 0,5(s_1 - c)} \quad (59)$$

а допускаемое давление  $[p]_E$  из условия устойчивости в пределах упругости

$$[p]_E = \frac{26 \cdot 10^{-6} E}{n_y} \left[ \frac{100 k (s_1 - c)}{K_3 R} \right]^2 \quad (60)$$

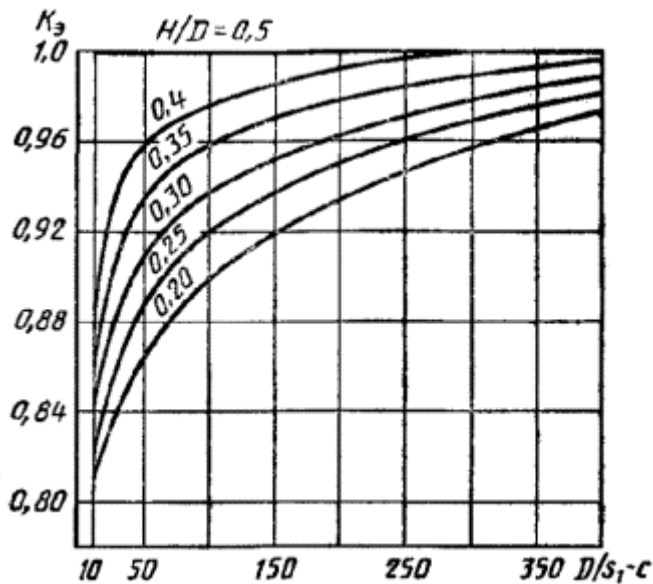
3.3.2.3. Коэффициент  $K_3$  следует определять в соответствии в черт. 13 или по формуле (61) в зависимости от отношений

$$K_3 = \frac{D}{s_1 - c} \text{ и } H/D, \quad (61)$$

$$x = 10 \frac{s_1 - c}{D} \left( \frac{D}{2H} - \frac{2H}{D} \right) \quad (62)$$

где

Черт. 13. График для определения коэффициента  $K_э$



#### Практическая работа № 4.

Тема: Расчёт и выбор фланцевых соединений

Цель работы: Произвести расчёт и выбор фланцевых соединений

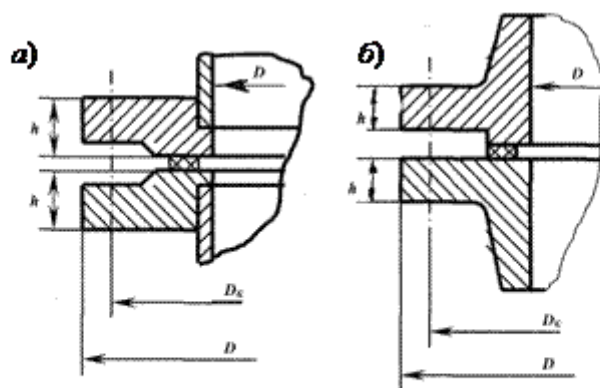


Рис.3.8. Конструкции стандартных фланцев:  
**а** – плоский приварный фланец, **б** – фланец приваренный встык

Фланцевые соединения – наиболее распространенный вид разъемных соединений, используемых в химическом машиностроении. Они обеспечивают герметичность, прочность, быструю сборку и разборку узлов и аппаратов. В частности, фланцевое соединение используется для крепления отъемной крышки к корпусу аппарата, для присоединения к аппаратам трубопроводов, запорных устройств, контрольно-измерительных приборов.

Конструкция фланцевого соединения зависит от рабочих параметров аппарата: так, например,

плоские приварные фланцы используются при давлении  $p \leq 2,5$  МПа, и

температуре  $t \leq 300^\circ\text{C}$ ; приварные встык фланцы – при  $p > 2,5$  МПа и температуре  $t > 300^\circ\text{C}$ .

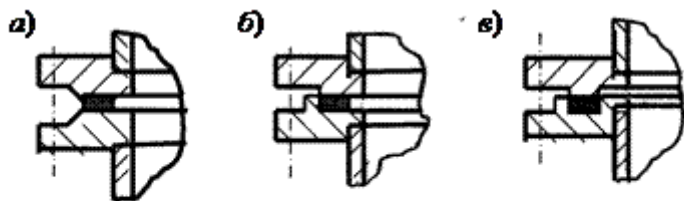
Фланцевое соединение состоит из двух фланцев, соединенных с помощью болтов (шпилек), гаек, шайб (рис.3.8). Между уплотнительными поверхностями фланцев устанавливается прокладка, которая обеспечивает герметичность соединения при относительно небольшом усилии затяжки болтов (рис.3.8). Фланцевые соединения стандартизованы.

Формы наиболее распространенных уплотнительных поверхностей представлены на рис.3.9.

Фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью применяются при внутреннем давлении до

0,6 МПа; с выступом-впадиной – при давлении от 0,6 до 1,6 МПа; с шипом-пазом – от 1,6 до 6,4 МПа.

Во фланцевых соединениях при  $p \leq 4$  МПа и  $t \leq 300^\circ\text{C}$  применяют болты, а при  $p > 4$  МПа и  $t > 300^\circ\text{C}$  – шпильки.

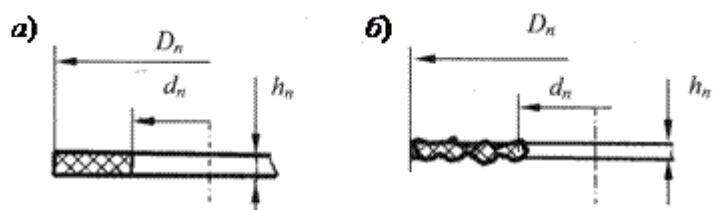


**Рис. 3.9. Типы ушлительных поверхностей фланцевых соединений: а – гладкая ушлительная поверхность; б – выступ-впадина; в – шип-паз.**

Герметичность фланцевого соединения в значительной степени зависит от правильного выбора прокладки, материал и форму которой выбирают с учетом рабочего давления, температуры и свойств перерабатываемой среды. В зависимости от материала прокладки бывают неметаллические, металлические и комбинированные.

Неметаллические прокладки (рис.3.10а) изготовляют из резины, паронита, асбеста, полимерных материалов. Резиновые прокладки применяют при небольших давлениях и температурах (не более  $60^\circ\text{--}70^\circ\text{C}$ ). Распространенным прокладочным материалом является паронит – композиционный материал, изготовленный из асбеста, каучука и различных наполнителей. Прокладки из паронита используют при температурах до  $450^\circ\text{C}$  и давлениях до 6 МПа в различных средах (вода, кислоты, растворители). Асбест для прокладок применяют в виде шнура или листового материала. Прокладки из асбеста обладают высокой термостойкостью (до  $500^\circ\text{C}$ ) и кислотостойкостью.

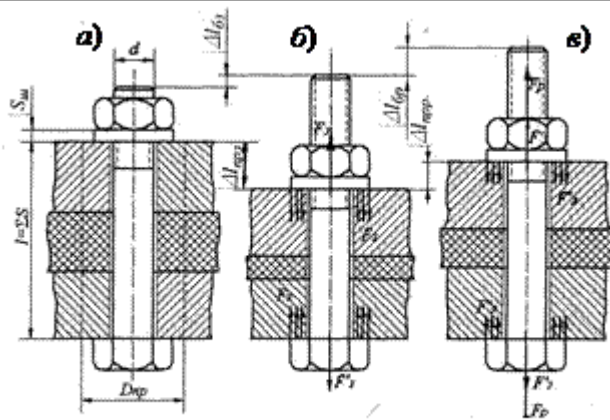
Металлические прокладки выполняют из пластичных металлов (медь, алюминий), они находят применение при высоких давлениях (более 6 МПа). Комбинированные прокладки (рис.3.10б) состоят из металлических и неметаллических частей и применяют в диапазоне температур от  $-200^\circ$  до  $+500^\circ\text{C}$  и давлении до 6,4 МПа. Металлическая армировка придает жесткость, а неметаллический наполнитель обеспечивает герметичность соединений. Широко применяют асбометаллические прокладки.



**Рис. 3.10. Конструкции прокладок: а – плоская неметаллическая; б – комбинированная гофрированная**

*Расчет фланцевых соединений.* Выбор элементов фланцевого соединения осуществляется по соответствующим стандартам, что в значительной степени предопределяет надежную работу аппарата.

Фланцы, выполненные в соответствии с ГОСТом, в расчете не нуждаются. Расчет фланцевого соединения заключается в проверке прочности болтов (шпильки), которые для обеспечения герметичности соединения должны быть предварительно затянуты. Усилие затяжки болтов должно быть таким, чтобы под действием – давления в аппарате не произошло раскрытие стыка. Поэтому следует рассчитать требуемую силу затяжки болтов, обеспечивающую необходимую остаточную затяжку и проверить болты (шпильки) на прочность. При затяжке фланцевого соединения силой  $F$ , болт и прокладка получают



**Рис. 3.11. К расчету болтов фланцевого соединения**

деформации  $\Delta l_{сп}$  и  $\Delta l_{ксп}$  (рис.3.11 а,б).

Деформации сжатой прокладки и растянутого болта соответственно равны

$$\Delta l_{ксп} = F_3 \frac{l_{ксп}}{E_{ксп} A_{ксп}} = F_3 \lambda_{ксп} \quad \text{и} \quad \Delta l_{сп} = F_3 \frac{l_{сп}}{E_{сп} A_{сп}} = F_3 \lambda_{сп}$$

где  $l_b$  и  $l_{np}$  – коэффициенты податливости болта и прокладки;

$A_b$  и  $A_{np}$  – площади поперечного (деформируемого) сечения болта и прокладки:

$$A_b = \frac{\pi d_b^2}{4}; \quad A_{ксп} = \frac{\pi(D_{ксп}^2 - d_{ксп}^2)}{4},$$

где  $z$  – число болтов.

После приложения к соединению рабочей нагрузки (давление в аппарате)  $F_p$  болт и прокладка

получат дополнительную совместную деформацию  $\Delta l_{сп} = \Delta l_{ксп}$ , при этом болт удлинится

на  $\Delta l_{сп}$  а сжатие прокладки уменьшится на  $\Delta l_{ксп}$  (рис.3.11 б,в).

Вследствие упругого расширения прокладки, ранее стянутой начальным усилием затяжки  $F_3$ , последнее уменьшится до величины

остаточной затяжки  $F_3'$ . Изменение нагрузки равно  $F_3 - F_3'$ .

Усилие, растягивающее болт, возрастет до величины  $F = F_p + F_3' = F_3 + F_p'$ , где  $F_p'$  –

некоторая часть рабочей нагрузки, на которую увеличилась начальная затяжка болта  $F_3$ .

Используя условие совместности деформаций болта и деталей (прокладки)  $\Delta l_{сп} = \Delta l_{ксп}$ , можно записать

$$\frac{F_p'}{c_{сп}} = \frac{F_3 - F_3'}{c_{ксп}} = \frac{F_p - F_p'}{c_{ксп}},$$

где  $c_{сп} = 1/\lambda_{сп}$ ,  $c_{ксп} = 1/\lambda_{ксп}$  – коэффициенты жесткости болта и прокладки соответственно; откуда

$$F_p' = F_p \frac{c_{сп}}{c_{сп} + c_{ксп}} = F_p \chi;$$

$$F_3' = F_3 - F_p \frac{c_{ксп}}{c_{сп} + c_{ксп}} = F_3 - F_p (1 - \chi);$$

суммарная расчетная нагрузка на болт

$$F = F_s + F_p' = F_s + F_p \frac{c_b}{c_b + c_{np}} = F_s + F_p \chi$$

$$\chi = \frac{c_b}{c_b + c_{np}}$$

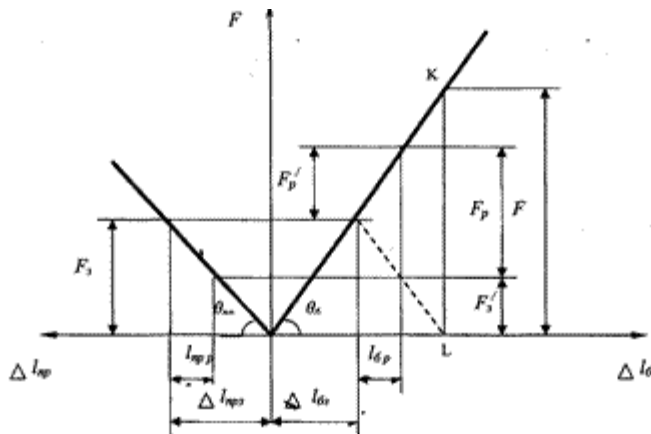
где

Соотношение всех найденных усилий и деформаций можно построить графически на диаграмме  $F - \Delta l$  (рис.3.12), удобной для исследования.

Заметим, что углы  $\varphi_b$  и  $\varphi_{np}$  на диаграмме характеризуют соответственно жесткости болта и деталей (прокладки) и определяются равенствами

$$\operatorname{tg} \varphi_b = c_b, \quad \operatorname{tg} \varphi_{np} = c_{np},$$

где  $c_b$  и  $c_{np}$  – коэффициенты жесткости болта и прокладки.



**Рис. 3.12. Диаграмма усилий и деформаций в затянутом болте**

На диаграмме видно, что предельная рабочая нагрузка, при которой начинается раскрытие стыка ( $F_s^0 = 0$ ) выражается ординатой  $KL$ . Во избежание нарушения герметичности остаточная

затяжка должна быть порядка  $F_s' = (1 \dots 1,5)F_s$ , целесообразно применение податливых прокладок ( $c_{np}$  снижается;  $c_b > c_{np}$ ). В этом случае значение  $\chi$  получается большим ( $\chi = 0,5, 0,8$ ), что и обеспечивает большую величину  $F_s'$ .

Начальная затяжка  $F_s = F_s' + F_p(1 - \chi) \approx F_s' [(2,0 \dots 2,5) - \chi]$ , расчетное

усилие  $F = F_s' + F_p \approx (2,0 \dots 2,5)F_p$ .

Зная расчетную нагрузку на болт, можно составить условие его прочности. Затянутый болт, находящийся под действием рабочей нагрузки, испытывает одновременно растяжение

силой  $F$  и кручение моментом  $T = F \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varphi')$ . Найдем напряжения растяжения и

$$\sigma_F = \frac{4F}{\pi d_1^2}; \quad \tau = \frac{16T}{\pi d_1^3} = \frac{16F \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varphi')}{\pi d_1^3};$$

Тогда, эквивалентная нагрузка

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_F^2 + 3\tau^2} = \frac{4F}{\pi d_1^2} \sqrt{1 + 3 \left[ 2 \frac{d_2}{d_1} \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \right]^2} = \frac{4kF}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_F],$$

где коэффициент, учитывающий кручение болта,

$$k = \sqrt{1 + 3 \left[ 2 \frac{d_2}{d_1} \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \right]^2}.$$

Подставляя средние значения для нормализованных болтов  $d_2/d_1 \approx 1,1$ ;  $\psi \approx 2^{30^\circ}$ ;  
 $f = \operatorname{tg}\varphi \approx 0,15$ , найдем  $k \approx 1,25$ .

Следовательно, расчет напряженных болтов можно вести на растяжение подобно ненапряженным, но с учетом кручения коэффициентом  $k \approx 1,25$  и по расчетной нагрузке  $F$ :

$$\sigma_F = \frac{4kF}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_F]; \quad d_1 = \sqrt{\frac{4kF}{\pi[\sigma_F]}}$$

#### Литература:

1. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. – М.: Высшая школа, 1986.
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов деталей машин. – М.: Академия, 2003.
3. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. – Л.: Машиностроение, 1981.
4. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1970.
5. Методические указания «Расчёт и конструирование аппаратов с перемешивающими устройствами». Уфа, УГНТУ, 1985.
6. Методические указания «Расчёт опор химических аппаратов». Уфа, УГНТУ, 1985.

### Практическая работа № 5.

#### Тема: Расчет мешалок

**Цель работы:** Произвести расчет мешалок

#### Расчёт мешалки

Тип мешалки выбирается в зависимости от свойств рабочей среды в аппарате и заданной угловой скорости перемешивающего устройства. Для обеспечения условия прочности наибольший крутящий момент на валу не должен превышать значений допустимого крутящего момента.

По диаметру мешалки подбираем:

$$d_m = 1000 \text{ мм}$$

$$b = 80 \text{ мм}$$

$$S = 10 \text{ мм}$$

$$d_{ст} = 110 \text{ мм}$$

$$h_{ст} = 130 \text{ мм}$$

Вылет ребра жесткости определяется:

$$h = \frac{\pi}{6} \cdot d_{ст},$$

где  $h$  – вылет ребра жесткости, мм

$d_{ст}$  – диаметр ступицы, мм.

$$h = \frac{3,14}{6} \cdot 110 = 57,57 \text{ мм}$$

Для рамной мешалки должно выполняться условие  $W_{тр} \leq W_{факт}$ . Фактический и требуемый моменты сопротивления находят:

$$W_{факт} = \frac{J_x}{y_c}$$

где  $W_{факт}$  – фактический момент сопротивления, мм<sup>3</sup>;

$J_x$  – момент инерции сечения, мм<sup>4</sup>;

$y_c$  – координата центра тяжести, мм.

$$W_{\text{тр}} = \frac{M}{[\sigma]},$$

где  $W_{\text{тр}}$  – требуемый момент сопротивления, мм<sup>3</sup>;  
 $M$  – изгибающий момент у основания лопасти, Н·мм;  
 $[\sigma]$  – допускаемые напряжения изгиба, МПа.  
 Координата центра тяжести лопасти рассчитывается:

$$y_c = \frac{(A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2)}{A_1 + A_2}$$

где  $y_1 = OC_1 = 5$  мм  
 $y_2 = OC_2 = 33,79$  мм

$$A_1 = b_1 \cdot h_1 = 80 \cdot 10 = 800 \text{ мм}^2$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2 = 12 \cdot 47,57 = 570,84 \text{ мм}^2$$

$$y_c = \frac{(800 \cdot 5 + 570,84 \cdot 33,79)}{800 + 570,84} = 16,99 \text{ мм}$$

$a_1 = CC_1 = OC - OC_1 = 11,99$  мм  
 $a_2 = CC_2 = OC_2 - OC = 16,80$  мм.

Момент инерции сечения рассчитывают по теореме Штейнера:

$$J_x = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + a_1^2 \cdot A_1 + \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + a_2^2 \cdot A_2$$

$$J_x = \frac{80 \cdot 10^3}{12} + 11,99^2 \cdot 800 + \frac{12 \cdot 47,57^3}{12} + 16,80^2 \cdot 570,84 = 390435,01 \text{ мм}^4$$

Фактический момент сопротивления сечения равен:

$$W_{\text{факт}} = \frac{390435,01}{16,99} = 22980,28 \text{ мм}^3$$

Изгибающий момент у основания лопасти находят:

$$M = F \cdot (r_0 - r),$$

где  $M$  – изгибающий момент у основания лопасти, Н·мм;  
 $F$  – равнодействующая сила, Н;  
 $r_0$  – расстояние до точки приложения равнодействующей, мм;  
 $r$  – радиус ступицы, мм.

Расстояние до точки приложения равнодействующей находят:

$$r_0 = \frac{3}{4} \cdot \frac{R^4 - r^4}{R^3 - r^3},$$

где  $r_0$  – расстояние до точки приложения равнодействующей, мм;



R – радиус мешалки, мм;

r – радиус ступицы, мм.

Равнодействующую силу рассчитывают:

$$F = \frac{T'}{r_0 \cdot z}$$

где F – равнодействующая сила, Н;

T' – крутящий момент, Н·мм;

r<sub>0</sub> – радиус ступицы, мм.

$$r_0 = \frac{3}{4} \cdot \frac{500^4 - 55^4}{500^3 - 55^3} = 375,44 \text{ мм}$$

$$F = \frac{651825,4}{375,44 \cdot 2} = 868,08 \text{ Н}$$

$$M = 868,08 \cdot (375,44 - 55) = 278167,56 \text{ Н·мм}$$

$$W_{mp} = \frac{278167,56}{113,4} = 2452,98 \text{ мм}^3$$

Условие прочности выполняется, W<sub>факт</sub> > W<sub>тр</sub>.

Литература:

1. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. – М.: Высшая школа, 1986.
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов деталей машин. – М.: Академия, 2003.
3. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. – Л.: Машиностроение, 1981.
4. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1970.
5. Методические указания «Расчёт и конструирование аппаратов с перемешивающими устройствами». Уфа, УГНТУ, 1985.
6. Методические указания «Расчёт опор химических аппаратов». Уфа, УГНТУ, 1985.

### Практическая работа № 6.

**Тема:** Составление кинематических схем приводов мешалок.

**Цель работы:** Составить кинематические схемы приводов мешалок.

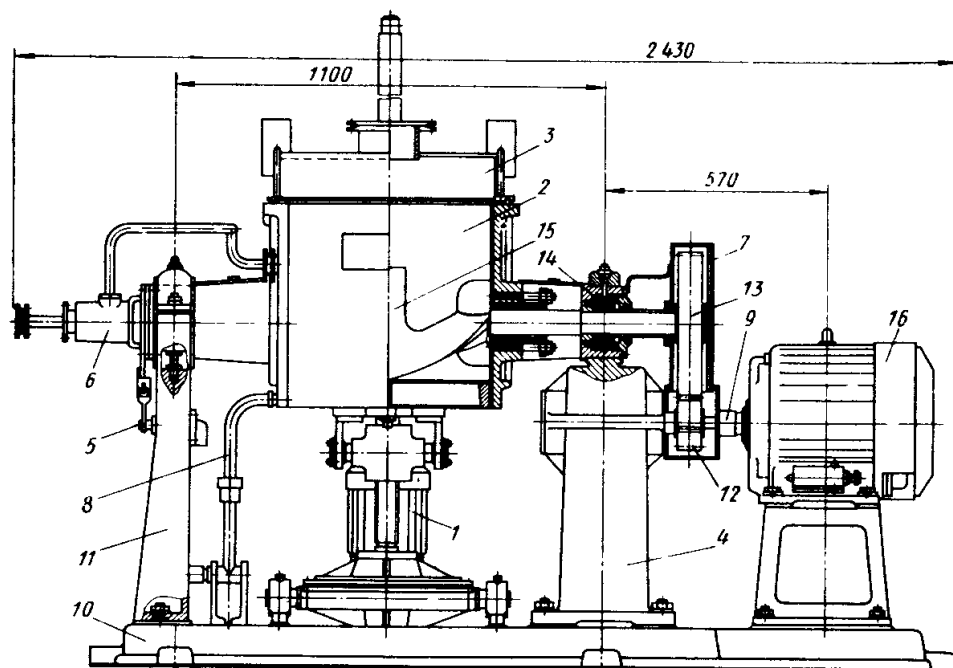


Рис. 10-III. Лопастной смеситель емкостью

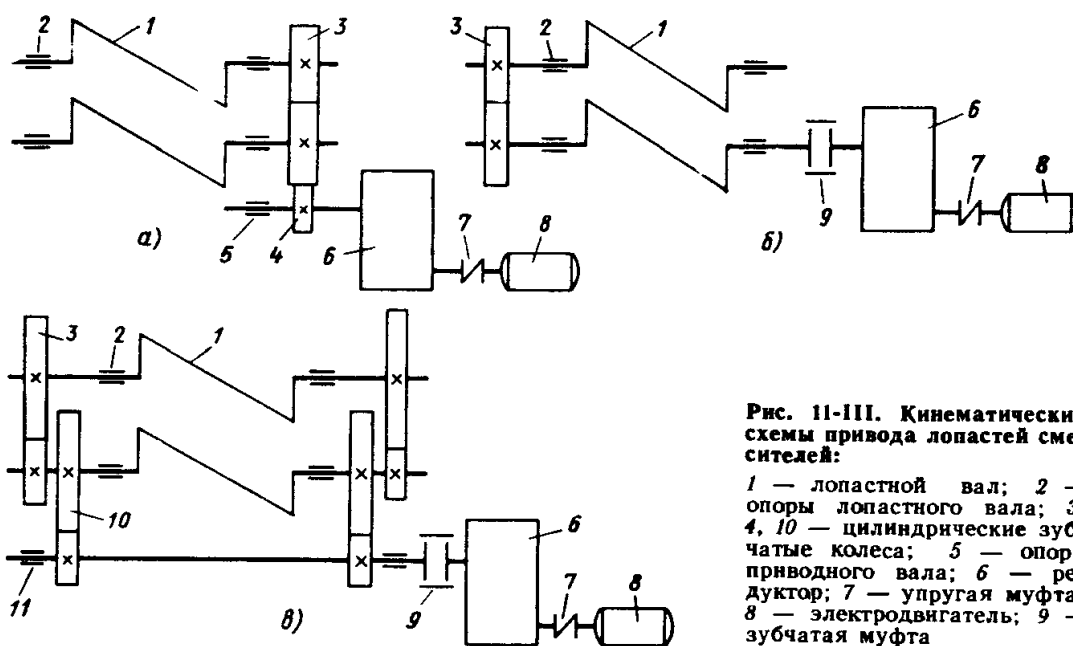


Рис. 11-III. Кинематические схемы привода лопастей смесителей:

1 — лопастной вал; 2 — опоры лопастного вала; 3, 4, 10 — цилиндрические зубчатые колеса; 5 — опора приводного вала; 6 — редуктор; 7 — упругая муфта; 8 — электродвигатель; 9 — зубчатая муфта

на осях два поворотных люка 2, к которым прикреплены головки кронштейнов 3 для размещения на них концов тяг 4. Последние закреплены шарнирно крышками 5. На фундаментной плите 6 смесителя установлена опора 18, через которую проходит направляющий вал 14. Концы вала опираются на две дополнитель-

ные опоры 12. Ползун 17 может перемещаться на валу 14; для фиксации ползуна от поворота служит шпонка 8. В ползуне предусмотрены два шаровых гнезда для установки в них головок тяг 4, закрепляемых крышками 7. В верхней части ползуна 17 имеется бронзовая гайка 16, через которую проходит вал-винт 15, имею-

## Практическая работа № 7

Тема: Расчёт мешалок на критическое число оборотов.

**Цель работы:** Произвести расчёт мешалок на критическое число оборотов.

При вращении вала за счет центробежных сил, возникающих вследствие даже незначительного несовпадения оси вращения вала с центром тяжести, может возникнуть поперечный погиб вала. При приближении скорости вращения к критической амплитуда поперечных колебаний вала возрастает и возможна поломка вала. Поэтому при изготовлении карданный вал подвергается балансировке.

- На величину критической угловой скорости  $\omega_{кр}$  влияют:
- характер заземления вала в опорах;
- величины зазоров в соединениях и подшипниках;
- несоосность деталей;
- некруглость и разностенность трубы и ряд других факторов.

Для вала постоянного сечения с равномерно распределенной нагрузкой, равной собственному весу, и свободно лежащего на опорах, которые не воспринимают изгибающих моментов

$$\omega_{\psi} = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

где  $l$  – длина вала между опорами,  $l = 1,299$  м;

$E$  – модуль упругости,  $E = 2 \times 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>;

$I$  – момент инерции сечения вала;

$m$  – масса единицы длины вала.

Учитывая, что  $I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$  и что  $m = 7800 \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$  ( $D, d$  – наружный и внутренний диаметры полого сечения вала, равные 75 мм и 71 мм соответственно), получаем следующую формулу для определения критической угловой скорости

$$\omega_{\psi} \approx 12500 \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{l^2}$$

Тогда критическая частота вращения карданного вала будет определяться

$$n_{\psi} = \frac{30\omega_{\psi}}{\pi} \approx 12 \cdot 10^4 \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{l^2} = 12 \cdot 10^4 \frac{\sqrt{(0,075)^2 + (0,071)^2}}{(1,299)^2} = 7345 \text{ об/мин}$$

Для нормальной работы карданного вала необходимо, чтобы выполнялось следующее условие  $n_{кр}^3 (1,15 \dots 1,2) \leq n_{max}$ . Здесь  $n_{max}$  – максимальная частота вращения карданного вала. Она равна максимальной частоте вращения двигателя, которая для ГАЗ-2410 составляет около 5000 об/мин. Таким образом,  $n_{кр}$  не должна быть меньше 5750...6000 об/мин.

## Практическая работа № 8

Тема: Расчёт мешалок на прочность.

**Цель работы:** Произвести расчёт мешалок на прочность..

Размер опоры лапы или стойки выбирается в зависимости от внутреннего диаметра корпуса аппарата в соответствии с ОСТ 26–665–72.

### Расчет опор–лап.

Выбираем опоры-лапы типа 1, исполнение 2.

1. Нагрузку на одну опору  $G_1$  рассчитывают:

$$G_1 = \frac{G_{\max}}{n}$$

где  $G_1$  – нагрузка на одну опору, Н;

$G_{\max}$  – максимальный вес аппарата, Н;

$n$  – число опор.

$$G_{\max} = g \cdot (m_{\text{кр}} + m_{\text{дн}} + m_{\text{цил.об}} + m_{\text{вод. ап.}} + m_{\text{пр}} + m_{\text{вала}} + m_{\text{муфты}} + m_{\text{меш}} + m_{\text{упл.}}),$$

где  $G_{\max}$  – максимальный вес аппарата, Н;

$g = 9,8$  – ускорение свободного падения, м/с;

$m_{\text{кр}}$  – масса крышки аппарата, кг;

$m_{\text{дн}}$  – масса днища аппарата, кг;

$m_{\text{цил.об}}$  – масса цилиндрической обечайки, кг;

$m_{\text{вод. ап.}}$  – масса воды в аппарате при гидравлических испытаниях, кг;

$m_{\text{пр}}$  – масса привода, кг;

$m_{\text{вала}}$  – масса вала, кг;

$m_{\text{муфты}}$  – масса муфты, кг;

$m_{\text{меш}}$  – масса мешалки, кг;

$m_{\text{упл}}$  – масса уплотнения, кг.

$$m_{\text{цил.об.}} = \frac{\pi \cdot h \cdot (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2)}{4} \cdot 7,85 \cdot 10^3 = \frac{3,14 \cdot 0,748 \cdot (1,224^2 - 1,2^2)}{4} \cdot 7,85 \cdot 10^3 = 268,15 \text{ кг}$$

$$m_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{н}}^3 - D_{\text{вн}}^3)}{24} \cdot 7,85 \cdot 10^3 = \frac{3,14 \cdot (1,220^3 - 1,2^3)}{24} \cdot 7,85 \cdot 10^3 = 90,22 \text{ кг}$$

$$m_{\text{дн}} = \frac{\pi \cdot h \cdot (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2)}{12} \cdot 7,85 \cdot 10^3 = \frac{3,14 \cdot 0,712 \cdot (1,224^2 - 1,2^2)}{12} \cdot 7,85 \cdot 10^3 = 85,08 \text{ кг}$$

$$m_{\text{вод. ап.}} = V_{\text{ном}} \cdot \rho_{\text{воды}} = 1,0 \cdot 1000 = 1000 \text{ кг};$$

$$m_{\text{пр}} = 308 \text{ кг};$$

$$m_{\text{муфты}} = 26,4 \text{ кг};$$

$$m_{\text{меш}} = 26 \text{ кг};$$

$$m_{\text{упл}} = 58 \text{ кг}.$$

$$G_{\max} = 9,8 \cdot (268,15 + 90,22 + 85,08 + 1000 + 308 + 58 + 26 + 26,4 + 56,24) = 18797,28 \text{ Н}$$

$$G_1 = \frac{18797,28}{4} = 4699,32 \text{ Н}$$

Проверка опоры на грузоподъёмность по условию  $G_1 < [G]$

$[G] = 63 \text{ кН}$ ,  $4699,32 < 63000$  – условие выполняется.

2. Фактическую площадь подошвы определяют:

$$A_{\text{факт}} = a_2 \cdot b_2,$$

где  $A_{\text{факт}}$  – фактическая площадь подкладного листа, мм<sup>2</sup>;

$a_2, b_2$  – размеры подкладного листа, мм.

$$A_{\text{факт}} = 150 \cdot 160 = 24000 \text{ мм}^2$$

Требуемая площадь подошвы из условия прочности фундамента:

$$A_{\text{треб}} = \frac{G_1}{[q]},$$

где  $A_{\text{треб}}$  – требуемая площадь подкладного листа,  $\text{мм}^2$ ;

$G_1$  – нагрузка на одну опору, Н;

$[q]$  – допускаемое удельное давление на фундамент, МПа,

$[q]=14$  МПа – для бетона марки 200.

$$A_{\text{треб}} = \frac{4699,32}{14} = 335,67 \text{ мм}^2$$

$A_{\text{факт}} > A_{\text{треб}}$  – условие выполняется.

3. Вертикальные ребра опор проверяют на сжатие и устойчивость:

$$\sigma = \frac{2,24 \cdot G_1}{K_1 \cdot Z_p \cdot S_1 \cdot b} \leq K_2 \cdot [\sigma],$$

где  $\sigma$  – напряжения сжатия в ребре при продольном изгибе, МПа;

$G_1$  – нагрузка на одну опору, Н;

$K_1$  – коэффициент гибкости ребра;

$Z_p = 2$  – число ребер жесткости в опоре;

$S_1$  – толщина ребра, мм;

$b$  – вылет ребра, мм;

$[\sigma]=100$ -допускаемые напряжения для материала ребер опоры, МПа;

$K_2$  – коэффициент уменьшения допускаемых напряжений при продольном изгибе.

Коэффициент  $K_1$  определяется в зависимости от гибкости ребра  $\lambda$ , рассчитываемому:

$$\lambda = \frac{l}{0,289 \cdot S_1},$$

где  $\lambda$  – гибкость ребра;

$l$  – гипотенуза ребра, мм;

$S_1$  – толщина ребра, мм.

Для опоры стойки величина  $l$  определяется из эскиза, а для опоры лапы рассчитывается:

$$l = \sqrt{(b - K)^2 + (h - K_1)^2},$$

$$l = \sqrt{(230 - 35)^2 + (345 - 60)^2} = 345,33 \text{ мм}$$

$$\lambda = \frac{345,33}{0,289 \cdot 12} = 99,57$$

По графику определяем  $K_1 = 0,63$

$$\sigma = \frac{2,24 \cdot 4699,32}{0,63 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 230} = 3,03 \leq 0,6 \cdot 63 \text{ МПа}$$

$3,03 < 37,8$  МПа – условие выполняется.

4. Проверка на срез прочности угловых сварных швов, соединяющих рёбра с корпусом аппарата выполняется исходя из:

$$\tau = \frac{G_1}{0,7 \cdot \Delta \cdot L} \leq [\tau],$$

где  $\tau$  – напряжения сдвига в ребре, МПа;

$G_1$  – нагрузка на опору, Н;

$\Delta = 0,85 \cdot S_1$  – катет шва, мм;

$L$  – общая длина швов, мм;

$[\tau]$  – допускаемое напряжение в сварном шве, МПа, (не более 80 МПа)

$\Delta = 0,85 \cdot 12 = 10,2$  мм

$$\tau = \frac{4699,32}{0,7 \cdot 10,2 \cdot 690} = 0,95 \text{ МПа}$$

$0,95 < 80$  МПа – условие выполняется.

### Практическая работа № 9.

**Тема:** Расчёт резервуаров на прочность

**Цель работы:** Произвести расчёт резервуаров на прочность.

Расчет на прочность стенки резервуара, находящейся в безмоментном напряженном состоянии, выполнена по формуле

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (8.1 [3])$$

где  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  — нормальные напряжения в кольцевом и меридиональном направлениях;

$\gamma_c$  — коэффициент условий работы, равный для нижнего пояса — 0,7, для остальных поясов — 0,8;

Так как расчетное сопротивление сварного шва встык растяжению для конструкций из стали С245 при автоматической, полуавтоматической и ручной сварке с физическим контролем качества шва  $R_{wy} = R_y = 240$  МПа (табл. 51\* [3]) расчет производим по материалу стенки резервуара.

Расчетные напряжения принимаем из таблицы сочетаний по приложению 2.

Первый пояс (элемент 877)

$$\sqrt{81,17^2 + 81,17 \cdot 0,344 + 0,344^2 + 3 \cdot 0,118^2} = 81,34 \text{ МПа} < 240 \cdot 0,7 = 168 \text{ МПа}$$

Второй пояс (элемент 901)

$$\sqrt{138,12^2 + 138,12 \cdot 0,565 + 0,565^2 + 3 \cdot 0,003^2} = 159,16 \text{ МПа} < 240 \cdot 0,8 = 192 \text{ МПа}$$

Третий пояс (элемент 925)

$$\sqrt{127,4^2 + 127,4 \cdot 0,514 + 0,514^2 + 3 \cdot 0,003^2} = 143 \text{ МПа}$$

Пояс 4 (элемент 949)

$$\sqrt{115,75^2 + 115,75 \cdot 0,464 + 0,464^2 + 3 \cdot 0,0461^2} = 115,98 \text{ МПа}$$

Аналогично выполнен расчет и других поясов. Расчет поясов стенки сведен в таблицу.

Таблица 4.1 Расчет поясов стенки резервуара

Номер пояса	1	2	3	4	5	6	7	8
Напряжения в поясе $\sigma$ , МПа	81,3	159,2	143	116	89,6	65,3	40,4	15,2

Проверяем напряжения в нижнем поясе стенки резервуара с учетом действия краевого момента  $M_k$ . Изгибающий момент в месте сопряжения корпуса с плоским днищем при упругом заземлении стенки определяем по формуле

$$M_k = \alpha \cdot P \cdot r \cdot t = 0,1 \cdot 117,4 \cdot 10^{-2} \cdot 1140 \cdot 0,9 = 120,45 \text{ кНсм},$$

где  $P$  — внутреннее давление в месте сопряжения корпуса с днищем

$$P = \gamma_{f_1} \cdot \rho \cdot x_1 + \gamma_{f_2} \cdot P_0 = 1,1 \cdot 9 \cdot 11,62 + 2,3 = 117,4 \text{ кПа}$$

## Практическая работа № 10.

**Тема:** Решение задач по расчёту вертикального цилиндрического, прямоугольного, горизонтального резервуаров. цилиндрического резервуаров.

**Цель работы:** Решить задачи по расчёту вертикального цилиндрического, прямоугольного, горизонтального резервуаров. цилиндрического резервуаров.

1 Расчет на прочность стенки резервуара следует выполнять по формуле

$$\sigma_{2i} \leq \gamma_c R_{шв}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{2i}$  - кольцевое растягивающее напряжения в  $i$ -ом поясе стенки резервуара;

$R_{шв}$  - расчетное сопротивление стыковых сварных соединений сжатию, растяжению и изгибу по пределу текучести;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, равный 0,7 для первого пояса резервуара и 0,8 для остальных поясов.

2 Кольцевые растягивающие напряжения в стенке резервуара следует определять по формуле

$$\sigma_{2i} = \frac{[\gamma_{f1} \gamma_p (h - x) + \gamma_{f2} p] r}{t_i}, \quad (2)$$

где  $\gamma_{f1}$  - коэффициент надежности по нагрузке от гидростатического давления жидкости, принимаемый равным 1,1;

$\gamma_{f2}$  - коэффициент надежности по нагрузке от избыточного давления и вакуума, принимаемый равным 1,2;

$h$  - полная высота залива резервуара жидким продуктом;

$x$  - кратчайшее расстояние от места соединения стенки с днищем до рассматриваемой точки стенки;

$p$  - избыточное давление;

$r$  - радиус резервуара;

$t_i$  - толщина  $i$ -го пояса стенки;

$\gamma_p$  - удельный вес жидкости.

## 2 Расчет резервуаров на устойчивость

1 Расчет на устойчивость стенки резервуара, равномерно сжатой параллельно образующим, следует выполнять по формуле

$$\sigma_1 \leq \sigma_{cr1} \gamma_c, \quad (3)$$

где  $\sigma_1$  - напряжение в стенке от осевого сжатия (вдоль образующих);

- критическое напряжение в стенке при ее сжатии;

- коэффициент условия работы, равный 1,0.

Напряжение в стенке от осевого сжатия следует определять по формуле

$$\sigma_1 = \frac{q_1}{t_1}, \quad (4)$$

где  $t_1$  - толщина стенки -го пояса;

$q_1$  - равномерно распределенная погонная нагрузка, приходящаяся на единицу длины периметра стенки резервуара от собственного веса конструкции кровли, стенки, грунтовой засыпки (для казематных резервуаров), снега.

Критическое напряжение в стенке при сжатии вдоль образующих следует определять по формуле

$$\sigma_{cr1} = \frac{cEt_1}{r}, \quad (5)$$

где  $E$  - модуль упругости стали, равный  $2,1 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup> ;

$c$  - коэффициент, определяемый по таблице 1.

Таблица 1 - Значение коэффициента для расчета критического напряжения

	50	100	200	300	400	600	800	1000	1500	2500
	0,30	0,22	0,18	0,16	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06

3.1.2.2 Расчет на устойчивость стенки резервуара при действии равномерного давления, нормального к боковой поверхности, следует выполнять по формуле

$$\sigma_2 \leq \sigma_{cr2} \gamma_c, \quad (6)$$

где  $\sigma_2$  - кольцевое сжимающее напряжение в стенке;

$\sigma_{cr2}$  - критическое кольцевое напряжение в стенке резервуара;

$\gamma_c$  - то же, что и формуле (3).

Кольцевое сжимающее напряжение в стенке от воздействия вакуума и ветровой нагрузки следует определять по формуле

$$\sigma_2 = \frac{(P_{va} \gamma_{f2} + P_w \gamma_{f3}) \psi_2 r}{t_{mid}}, \quad (7)$$

где  $P_{va}$  - расчетная величина вакуума в резервуаре;



- коэффициент надежности по нагрузке от избыточного давления и вакуума;
- коэффициент надежности по ветровой нагрузке, принимаемый равным 1,4;
- коэффициент сочетаний нагрузок, равный 0,9;
- средняя толщина стенки резервуара, определяемая по формуле

$$t_{mid} = \frac{\sum t_i}{n},$$

где  $n$  - число поясов;

$p_w$  - ветровое давление на стенку резервуара:

$$p_w = 0,5w_0k_c,$$

где  $w_0$  - нормативное значение ветрового давления по таблице 5 СНиП 2.01.07;

$k_c$  - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, определяемый по таблице 6 СНиП 2.01.07;

$k_z$  - аэродинамический коэффициент, определяемый по приложению 4 СНиП 2.01.07.

Критическое кольцевое напряжение в стенке резервуара следует определять по формуле

$$\sigma_{cr2} = 0,55E \frac{r}{h_r} \left( \frac{t_{mid}}{r} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (8)$$

где  $h_r$  - высота стенки резервуара.

3 Расчет стенки резервуара на устойчивость следует проводить с учетом вертикальных осевых и кольцевых напряжений по формуле

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \leq \gamma_c, \quad (9)$$

где  $\gamma_c$  - то же, что и в формуле (3);

$\sigma_1, \sigma_2$  - то же, что и в формулах (5), (8).

### 3 Расчет узла сопряжения стенки резервуара с днищем

1 Для расчета узла сопряжения стенки резервуара с днищем необходимо определить следующие характеристики:

$D_w$  - цилиндрическую жесткость стенки

$$D_w = \frac{Et_1^3}{12(1-\nu^2)}, \quad (10)$$

где  $t_1$  - толщина первого пояса стенки резервуара;

$\nu$  - коэффициент Пуассона;

- коэффициент постели стенки

$$k_w = \frac{Et_1}{r^2}; \quad (11)$$

- коэффициент деформации стенки

$$m_w = 4\sqrt{\frac{k_w}{4D_w}}; \quad (12)$$

- цилиндрическую жесткость днища

$$D_b = \frac{Et_b^3}{12(1-\nu^2)}, \quad (13)$$

где  $t_1$  - толщина крайков днища;

- коэффициент деформации днища

$$m_b = 4\sqrt{\frac{k_0}{4D_b}}, \quad (14)$$

где  $k_0$  - коэффициент постели песчаного основания.

Изгибающий момент и поперечная сила в нижнем узле резервуара определяются в результате решения системы канонических уравнений

$$\left. \begin{aligned} (\delta_{11}^w + \delta_{11}^b)X_1 + \delta_{12}^w X_2 + \Delta_{1p}^w + \Delta_{1q_1}^b + \Delta_{1q_0}^b &= 0, \\ \delta_{21}^w X_1 + \delta_{22}^w X_2 + \Delta_{2p}^w &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где  $\Delta_{1p}^w$  - соответствует меридиональному изгибающему моменту  $M_{1p}^w$ , действующему на стыке стенки с днищем;

$\Delta_{2p}^w$  - соответствует меридиональной поперечной силе  $Q_{2p}^w$ , действующей на стыке стенки с днищем.

Единичные перемещения стенки резервуара следует определять по формулам

$$\delta_{11}^w = \frac{1}{m_w D_w}; \quad \delta_{12}^w = \delta_{21}^w = \frac{1}{2m_w^2 D_w}; \quad \delta_{22}^w = \frac{1}{2m_w^3 D_w}; \quad \Delta_{1p}^w = \frac{\gamma_p}{k_w}; \quad \Delta_{2p}^w = \frac{\gamma_p h}{k_w}.$$

Единичные перемещения днища резервуара следует определять по формулам

$$\delta_{11}^b = \frac{1}{m_b D_b} \frac{1+U^2+2T^2}{4}; \quad \Delta_{1q_0}^b = \frac{-q_0 m_b}{2k_0} (1-UW+2TV); \quad \Delta_{1q_1}^b = \frac{q_1}{2m_b^2 D_b} T^2,$$

где  $q_0$  - интенсивность равномерно распределенного гидростатического давления хранимого продукта на днище;

$U, V, T, W$  - то же, что и в формуле (4);

и - обозначения те же, что и в формуле (2);

функции, которые находятся по аргументу  $\xi = m_b c$  из таблицы затухающих функций для расчета балок на упругом основании и цилиндрических резервуаров (приложение А);

- ширина выступа днища за наружную поверхность стенки резервуара.

2 Расчет на прочность стенки резервуара в узле ее сопряжения с днищем следует выполнять по формуле

$$\sigma_{1wc} = \frac{6M_{wc}}{t_1^2} \leq \gamma_c R_{wp}, \quad (16)$$

где - напряжение от меридионального изгиба стенки в узле ее сопряжения с днищем;

- коэффициент условий работы для узла сопряжения стенки с днищем, равный 1,2;

- толщина первого пояса стенки резервуара;

- то же, что и в формуле (1).

Для резервуаров, расположенных на песчаной подушке вне казематов, максимальный изгибающий меридиональный момент в стенке, в узле ее сопряжения с днищем, допускается определять по формуле

$$M_{wc} = 0,115 \gamma_p h r t_1 \gamma_{f1}$$

## Практическая работа № 11

**Тема: Расчёт аппаратов высокого давления**

**Цель работы: Произвести расчёт аппаратов высокого давления**

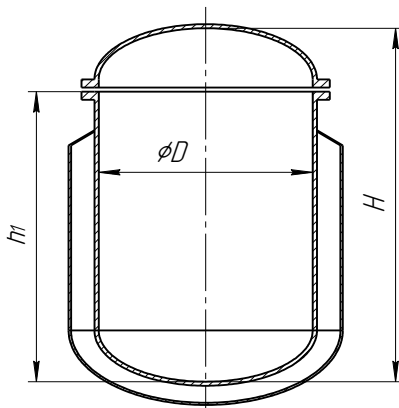
### *ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ*

Объем аппарата  $V = 0,40 \text{ м}^3$ .

Внутренний диаметр аппарата  $D = 800 \text{ мм}$ .

Высота корпуса аппарата  $H = 950 \text{ мм}$ .

Внутреннее давление в аппарате  $P = 1,0 \text{ МПа}$ ,



Давление в рубашке  $P_{руб} = 0,5$  МПа.  
 Среда в аппарате: анилин.  
 Концентрация вещества:  $C^* = 3\%$ .  
 Температура среды в аппарате  $t = 20^\circ\text{C}$ .  
 Срок службы аппарата  $\tau = 5$  лет.  
 Тип мешалки: лопастная.  
 Число оборотов мешалки в минуту  $n = 85$  об/мин.  
 Плотность:  $\rho = 1020$  кг/м<sup>3</sup>.  
 Коэффициент динамической вязкости:  $M = 4,4$  Па·с  
 Марка стали: 08Х18Н10Т, любая толщина.  
 Скорость коррозии:  $P = 0,1$  мм/год.  
 Рисунок 1 - Корпус аппарата Вода пресная: 20К.  
 Расчет выполняем по методике, изложенной в [1] ÷ [6].

## 2. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТА

### 2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АППАРАТА

#### 2.1.1 ВЫСОТА КОРПУСА АППАРАТА

Высоту корпуса аппарата находим, используя рис.1:

$$h_1 = H - (H_3 + 100), \quad (3)$$

где  $H_3 = 0,25 \cdot D$  - высота эллиптической части крышки,  
 100 мм - размер, который примерно учитывает высоту цилиндрической отбортовки крышки  
 и толщину фланца крышки.

Получаем:

$$h_1 = 950 - (200 + 100) = 950 - 300 = 650 \text{ мм.}$$

#### 2.1.2 ВЫСОТА ЖИДКОСТИ В АППАРАТЕ

Обычно принимают высоту жидкости в аппарате меньше высоты корпуса аппарата на 50-100 мм, получаем:

$$h_{ж} = h_1 - (50 \dots 100) = 650 - (50 \dots 100) = 600 \dots 500 \text{ м.} \quad (4)$$

Для расчетов принимаем  $h_{ж} = 600 \text{ мм} = 0,6 \text{ м.}$

#### 2.1.3 РАСЧЕТНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ДАВЛЕНИЕ В АППАРАТЕ

Расчетное внутреннее давление в аппарате складывается из заданного внутреннего давления и гидростатического давления среды:

$$P_P = P + P_G, \quad (5)$$

где  $P_G$  - гидростатическое давление среды.

Очевидно:

$$P_G = \rho \cdot g \cdot h_{ж} = 1020 \cdot 9,81 \cdot 0,6 = 6003,72 \text{ Па} \approx 0,006 \text{ МПа}, \quad (6)$$

здесь  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> - ускорение свободного падения,  
 $\rho = 1020$  кг/м<sup>3</sup> - плотность среды (см. таблицу Б1 приложения Б).

Оцениваем величину гидростатического давления по сравнению с давлением в аппарате

$$\Delta P\% = (P_{г}/p) \cdot 100 = (0,006/1,0) \cdot 100 = 0,6\% \quad (7)$$

Если  $\Delta P\% \leq 5\%$ , то гидростатическое давление не учитывают (если  $\Delta P\% > 5\%$ , то расчетное давление равно  $P_p = P$ )

В нашем случае расчетное давление равно

$$P_p = P = 1,0 \text{ МПа.}$$

### Практическая работа № 12

**Тема: Решение задач на расчет аппаратов высокого давления**

**Цель работы: Решить задачи на расчет аппаратов высокого давления**

#### Задача на расчет давления твердых тел

**Задача:** Станок весом 12000 Н имеет площадь опоры 2,5 м<sup>2</sup>. Определите давление станка на фундамент.

Дано:

$$P = 12000 \text{ Н}$$

$$S = 2,5 \text{ м}^2$$

$p$  - ?

Решение:

$$p = P/S$$

$$F = P$$

$$\Rightarrow p = P/S$$

$$p = 12000 \text{ Н} / 2,5 \text{ м}^2 = 4,8 \text{ кПа}$$

Ответ.  $p = 4,8 \text{ кПа}$

**Задача:** Ящик весом 960 Н оказывает на опору давление 5 кПа. Какую площадь опоры имеет ящик?

Дано:

$$P = 960 \text{ Н}$$

$$p = 5 \text{ кПа}$$

$S$  - ?

$$SI = 5 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Решение:

$$p = F/S$$

$$P = F$$

$$\Rightarrow p = P/S$$

$$\Rightarrow S = P/p$$

$$S = 960 \text{ Н} / 5 \cdot 10^3 \text{ Па} = 0,192 \text{ м}^2$$

Ответ.  $S = 0,192 \text{ м}^2$

**Задача:** Двухосный прицеп с грузом имеет массу 2,5 т. рассчитайте давление, производимое прицепом на дорогу, если площадь соприкосновения каждого колеса с дорогой равна 125 см<sup>2</sup>.

Дано:

$$m = 2,5 \text{ т}$$

$$S = 125 \text{ см}^2$$

2 оси;

4 колеса

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$p = ?$

$$SI = 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг} = 125 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Решение:

$$p = F/S$$

$$F = m \cdot g$$

$$S = 4S_k$$

$$\Rightarrow p = m \cdot g / 4S_k$$

$$p = 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} / 4 \cdot 125 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Ответ.  $p = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$

**Задача.**

Мальчик массой 48 кг оказывает давление на опору. Рассчитайте, какое давление он оказывает, если общая площадь его подошв составляет  $320 \text{ см}^2$ .

Проанализировав условие, запишем его в краткой форме, указав массу мальчика и площадь его подошв (Рис. 1). Затем в отдельной колонке запишем в системе СИ те величины, которые в условии приведены во внесистемных единицах. Масса мальчика приведена в системе СИ, а вот площадь, выраженную в квадратных сантиметрах, следует выразить в квадратных метрах:  
 $320 \text{ см}^2 = 320 \cdot (0,01 \text{ м})^2 = 320 \cdot 0,0001 \text{ м}^2 = 0,032 \text{ м}^2$ .

Дано:	СИ	
$m = 48 \text{ кг}$		
$S = 320 \text{ см}^2$	$0,032 \text{ м}^2$	
$p = ?$		

Рис. 1. Краткое условие задачи №1

Для нахождения давления нам необходимо силу, с которой мальчик действует на опору, разделить на площадь опоры:

$$p = \frac{F}{S} .$$

Значение силы нам неизвестно, однако в условие задачи входит масса мальчика. Сила, с которой он действует на опору, – это его вес. Предполагая, что мальчик неподвижен, можно считать, что его вес равен силе тяжести, которая равна произведению массы мальчика на ускорение свободного падения

$$F = mg .$$

Теперь мы можем объединить обе формулы в одну конечную. Для этого вместо силы  $F$  мы подставим в первую формулу произведение  $mg$  из второй формулы. Тогда расчетная формула будет иметь вид:

$$p = \frac{mg}{S} .$$

Следующий этап – проверка размерности полученного результата. Размерность массы  $[m] = \text{кг}$ , размерность ускорения свободного падения  $[g] = \text{Н/кг}$ , размерность площади  $[S] = \text{м}^2$ . Тогда

$$[p] = \frac{\text{кг} \cdot \text{Н}}{\text{м}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па} .$$

Наконец, подставим числовые данные из условия задачи в конечную формулу:

$$p = \frac{48 \cdot 10}{0,032} = 15000 \text{ (Па)} .$$

Не забываем записать ответ. В ответе мы можем использовать кратные величины

Ответ:  $p = 15 \text{ кПа}$ .

(Если в ответе вы запишете  $= 15\,000 \text{ Па}$ , то тоже будет правильно.)

Полное решение в окончательном виде будет выглядеть так (Рис. 2):

Дано:	СИ	Решение:
$m = 48 \text{ кг}$	0,032 м <sup>2</sup>	$p = \frac{F}{S}$ $F = m \cdot g$
$S = 320 \text{ см}^2$		
$p = ?$		$p = \frac{m \cdot g}{S}$ $[p] = \frac{\text{кг} \cdot \text{Н}}{\text{м}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$
Ответ: $p = 15 \text{ кПа}$		$p = \frac{48 \cdot 10}{0,032} = 15000 \text{ (Па)}$

Рис. 2. Полное решение задачи №1

## 2. Задача №2

Брусok действует на опору с силой 200 Н, при этом он оказывает давление 4 кПа. Какова площадь опоры бруска?

Запишем краткое условие и выразим давление в системе СИ (4 кПа = 4000 Па) (Рис. 3).

Дано:	СИ	Решение:
$p = 4 \text{ кПа}$	4000 Па	
$F = 200 \text{ Н}$		
$S = ?$		

Рис. 3. Краткое условие задачи №2

Величина площади поверхности входит в известную нам формулу для расчета давления.

$$p = \frac{F}{S} .$$

Из этой формулы нам необходимо выразить площадь опоры. Вспомним математические правила. Сила  $F$  – делимое, площадь опоры  $S$  – делитель, давление  $p$  – частное. Чтобы найти неизвестный делитель, необходимо делимое разделить на частное. Мы получим:

$$S = \frac{F}{p} .$$

Проверим размерность полученного результата. Площадь должна выражаться в квадратных метрах.

$$[S] = \frac{\text{Н}}{\text{Па}} = \text{Н} : \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Н}} = \text{м}^2 .$$

Выполняя проверку, мы паскалы заменили ньютонами на квадратный метр, а дробную черту – знаком деления. Вспомним, что деление дробей заменяется умножением. При этом дробь, которая является делителем, переворачивается, то есть ее числитель и знаменатель меняются местами. После этого ньютон в числителе (перед дробью) и ньютон в знаменателе дроби сокращаются, и остаются квадратные метры.

Отметим, что проверка размерности является очень важным этапом решения задачи, так как позволяет обнаружить ошибки, случайно допущенные при выполнении математических преобразований.

После проверки размерности результата проведем расчет числового значения площади, подставляя данные из краткого условия:

$$S = \frac{200}{4000} = 0,05 \text{ (м}^2\text{)} .$$

Не забудем зафиксировать ответ.

Ответ:  $S = 0,05 \text{ м}^2$ .

Полностью оформленное решение задачи будет выглядеть так (Рис. 4):

Дано:	СИ	Решение:
$p = 4 \text{ кПа}$	$4000 \text{ Па}$	$p = \frac{F}{S} \Rightarrow S = \frac{F}{p}$
$F = 200 \text{ Н}$		$[S] = \frac{\text{Н}}{\text{Па}} = \text{Н} : \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Н}} = \text{м}^2$
Найти:		
$S = ?$		$S = \frac{200}{4000} = 0,05 \text{ (м}^2\text{)}$
Ответ: $S = 0,05 \text{ м}^2$		

Рис 4. Полное решение задачи №2

1. В.М. Рамм. «Абсорбция газов». М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В.А. Иванова, Москва, 1985. ;
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю.И. Дытнерского. М, «Химия» 1991 г.
4. К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Л., «Химия», 1976г.
5. А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». М, 1968г.
- 6 Отраслевой стандарт ОСТ 26-808-73.
7. Каталог «Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1991г.
8. Каталог «Емкостная стальная сварная аппаратура». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1969г.

### Практическая работа № 13

**Тема: Расчёт кожухотрубных теплообменников.**

**Цель работы: Произвести расчёт кожухотрубных теплообменников.**

Расход жидкости из десорбера

$$G_{\text{ж}} = La \cdot \frac{18}{3600} = 479 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Примем температуру воды на входе и выходе из холодильника:

Вода из десорбера, С: 40 а 20  $t_{\text{вд н}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$   $t_{\text{вд к}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Охлаждающая вода, С 30 а 10  $t_{\text{ов н}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$   $t_{\text{ов к}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Найдем среднюю разность температур:

$$\Delta t_{\text{б}} = t_{\text{вд н}} - t_{\text{ов к}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{\text{вд к}} - t_{\text{ов н}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Свойства воды при средних температурах [4, стр. 512, табл. XXXIX]

Средние температуры охлаждающей жидкости:

$$t_{20} = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_{30} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

Плотность:

$$\rho_{20} = 998 \text{ кг/м}^3 \quad \rho_{30} = 996 \text{ кг/м}^3$$



Теплоемкость:

$$c_{20} = 4190 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К} \quad c_{30} = 4180 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$$

Теплопроводность:

$$\lambda_{20} = 0,599 \text{ Вт/м}\cdot\text{К} \quad \lambda_{30} = 0,618 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Динамическая вязкость:

$$\mu_{20} = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} \quad \mu_{30} = 8,04 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Значение критерия Прандтля:

$$Pr_{20} = 7,02 \quad Pr_{30} = 5,42$$

1. В.М. Рамм. «Абсорбция газов». М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В.А. Иванова, Москва, 1985. ;
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю. И. Дытнерского. М, «Химия» 1991 г.
4. К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Л., «Химия», 1976г.
5. А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». М, 1968г.
6. Отраслевой стандарт ОСТ 26-808-73.
7. Каталог «Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1991г.
8. Каталог «Емкостная стальная сварная аппаратура». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1969г.

#### Практическая работа № 14

##### Тема: Расчет трубных решеток и трубок теплообменников

**Цель работы: Произвести расчёт трубных решеток и трубок теплообменников**  
Расчет трубной решетки

В соответствии с общим чертежом, приведенным в начале данной работы, выбираем тип соединения, показанный на рисунке

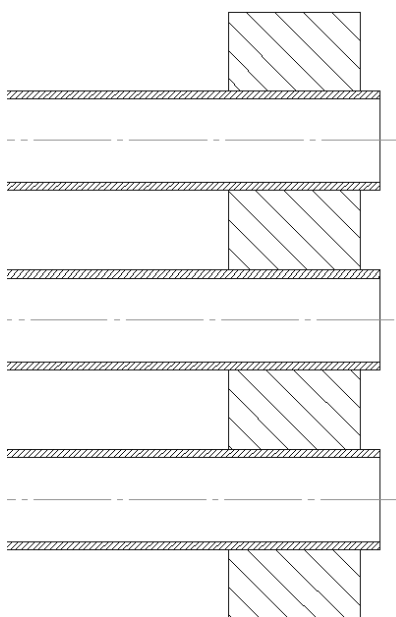


Рисунок 6 - Конструкция плоской трубной решетки

##### 2.5.1 Конструктивные размеры трубной решетки

Расчетная высота средней части решетки, определяется по формуле:

$$h = kD \sqrt{\frac{p}{\sigma \cdot \varphi}} + c$$

где:  $k$  – коэффициент, зависящий от конструкции решетки;  
в соответствии [4, с. 312]  $k = 0.43$

$\varphi$  – коэффициент прочности решетки, определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{D_a - z \cdot d_n}{D_a}$$

где:  $z$  – число отверстий по диаметру.

$$z = 17$$

$d_n$  – диаметр отверстия под трубу.

$$d_n = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\varphi = \frac{0.6 - 17 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}{0.6} = 0.292$$

$c$  – прибавка к толщине стенки.

$$c = 2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-3} = 3.2 \cdot 10^{-3}$$

$$h = 0.43 \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{0.6}{155 \cdot 0.292}} + 3.2 \cdot 10^{-3} = 0.033 \text{ м}$$

### 2.5.2 Расчет закрепления труб в трубной решетке

Расчетная осевая сила  $P_m$ , действующая в месте закрепления трубы в решетке:

$$P_{m1} = 0.785 d_n^2 p_T$$

где:  $p_T$  – давление в трубном пространстве.

$$p_T = 0.6 \text{ МПа}$$

$$P_{m1} = 0.785 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0.6 \cdot 10^6 = 294.375 \text{ Н}$$

$$P_{m2} = 0.785 d_n^2 p_M$$

где:  $p_M$  – давление в межтрубном пространстве.

$$p_M = 0.2 \text{ МПа}$$

$$P_{m2} = 0.785 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0.2 \cdot 10^6 = 98.125 \text{ Н}$$

$$P_m = \max\{P_{m1}; P_{m2}\}$$

$$P_m = \max\{294.375; 98.125\} = 294.375 \text{ Н}$$

Вальцовочное закрепление трубы в решетке должно отвечать условию для гладкой развальцовки:

$$P_m < 12.5 \cdot 10^4 \cdot d_n$$

$$294.375 < 3125$$

Условие выполняется.

## Литература.

1. В.М. Рамм. «Абсорбция газов». М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В.А. Иванова, Москва, 1985. ;
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю. И. Дытнерского. М., «Химия» 1991 г.
4. К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Л., «Химия», 1976г.
5. А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». М, 1968г.
6. Отраслевой стандарт ОСТ 26-808-73.
7. Каталог «Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1991г.
8. Каталог «Емкостная стальная сварная аппаратура». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1969г.

### Практическая работа № 15.

Тема: Расчёт корпуса колонны.

**Цель работы: Произвести расчет корпуса колонны**

#### 1. Исходные данные

Разделяемая смесь: толуол - хлорбензол.

$M(C_6H_5CH_3) = 12 \cdot 6 + 5 + 12 + 3 = 92$  г/моль (легколетучий);

$M(C_6H_5Cl) = 12 \cdot 6 + 5 + 35 \cdot 5 = 112,5$  г/моль (труднолетучий).

Производительность: 5500 т/ч.

~~$X_{масс} = 90\%$~~  ;

~~$X_{масс} = 8\%$~~  ;

~~$X_{масс} = 3\%$~~  .

Давление греющего пара в кубе 3 ат.

Давление в колонне 400 мм рт. ст.

Тип колонны: колпачковая.

$t_{\text{квч. смеси, квч.}}$

$t_{\text{дист., куб. ж.}} = 30^\circ\text{C}$ .

#### 2. Исходные данные к расчёту

Исходная смесь подаётся в колонну на питающую тарелку при температуре кипения на ней.

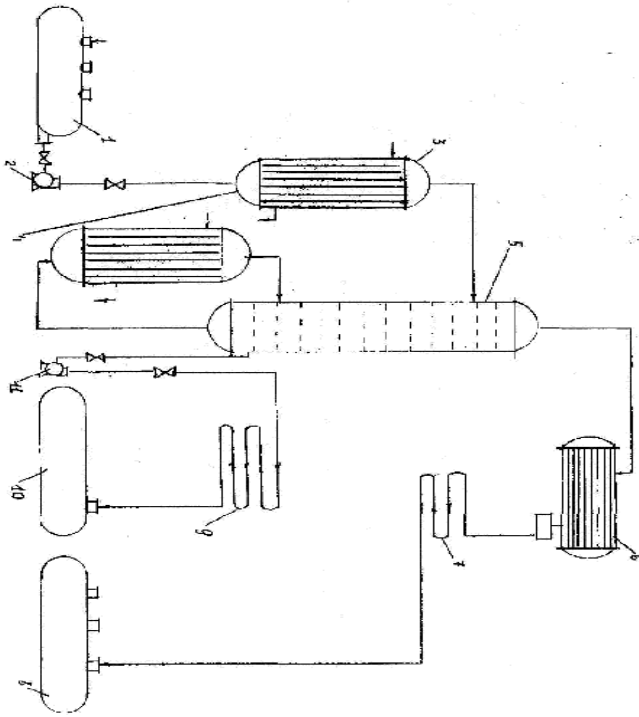


Рис. 1

Рис.1. Принципиальная схема ректификационной установки непрерывного действия:

- 1 - ёмкость для исходной смеси;
- 2, 11 - насосы;
- 3 - теплообменник-подогреватель;
- 4 - кипятильник;
- 5 - ректификационная колонна;
- 6 - дефлегматор;
- 7 - холодильник дистиллята;
- 8 - ёмкость для сбора дистиллята;
- 9 - холодильник кубовой жидкости;
- 10 - ёмкость для кубовой жидкости.

### 3. Расчёт ректификационной колонны

Расчёт ректификационной колонны сводится к определению основных геометрических размеров - диаметра и высоты. Обе эти величины определяются нагрузкой по пару и жидкости, типом контактного устройства, физическими свойствами взаимодействующих фаз.

#### 3.1 Расчёт материальных потоков

Материальные расчёты процесса ректификации в основном выполняются в мольных количествах. Если заданы концентрации летучего компонента в массовых долях или процентах, перевод в мольные доли или проценты осуществляется по зависимостям:

$$X_p = \frac{\frac{\bar{X}_p}{M_p}}{\frac{\bar{X}_p}{M_p} + (1 - \frac{\bar{X}_p}{M_p}) \frac{M_T}{M_p}}, \quad X_f = \frac{\frac{\bar{X}_f}{M_f}}{\frac{\bar{X}_f}{M_f} + (1 - \frac{\bar{X}_f}{M_f}) \frac{M_T}{M_f}}, \quad X_w = \frac{\frac{\bar{X}_w}{M_w}}{\frac{\bar{X}_w}{M_w} + (1 - \frac{\bar{X}_w}{M_w}) \frac{M_T}{M_w}}$$

$$X_p = \frac{\frac{0,9}{92}}{\frac{0,9}{92} + (1 - 0,9) \frac{112,5}{92}} = 0,917; \quad X_f = \frac{\frac{0,38}{92}}{\frac{0,38}{92} + (1 - 0,38) \frac{112,5}{92}} = 0,428; \quad X_w = \frac{\frac{0,03}{92}}{\frac{0,03}{92} + (1 - 0,03) \frac{112,5}{92}} = 0,0366.$$

Расчёт средних молекулярных масс дистиллята, исходной смеси и кубового остатка производится по формулам:

$$M_{cp} = X \square M_p + (1 - X) \square M_T$$

$$\frac{1}{M_{cp}} = \frac{\bar{X}}{M_D} + \frac{1 - \bar{X}}{M_T}$$

или

где

$M_{cp}$  - средняя молекулярная масса потока, кг/моль;

$X$  - мольная концентрация компонента, моль. доли;

$\bar{X}$  - массовая концентрация компонента, масс. доли.

$$M_{cp,p} = 0,917 \cdot 92 + (1 - 0,917) \cdot 112,5 = 93,7 \text{ кг/кмоль};$$

$$M_{cp,f} = 0,428 \cdot 92 + (1 - 0,428) \cdot 112,5 = 103,7 \text{ кг/кмоль};$$

$$M_{cp,w} = 0,0366 \cdot 92 + (1 - 0,0366) \cdot 112,5 = 111,75 \text{ кг/кмоль}.$$

Для расчёта материальных потоков составляем уравнения материального баланса для всего количества смеси (3.1) и летучего компонента (3.7):

$$G_f = G_p + G_w;$$

$$G_f \cdot \bar{X}_f = G_p \cdot \bar{X}_p + G_w \cdot \bar{X}_w,$$

где  $G_p, G_f, G_w$  - массовый расход дистиллята, исходной смеси, кубового остатка, кг/с.

$$G_{\text{гс}} = \frac{G_f (\bar{X}_p - \bar{X}_f)}{\bar{X}_p - \bar{X}_w} = \frac{1,527(0,9 - 0,38)}{0,9 - 0,03} = 0,91 \text{ /};$$

$$G_p = G_f - G_{\text{гс}} = 1,527 - 0,91 = 0,617 \text{ /}.$$

таблица 1.

наименование жидкости	средн. молекулярная масса, кг/моль	состав, моль. масс		расход, кг/с
дистиллят	93,7	0,917	0,9	0,617
исх. жидкость	103,7	0,428	0,38	1,527
кубовый остаток	111,75	0,0366	0,03	0,91

Полученные расходы, концентрации, давления и температуры наносят на технологическую схему.

### Литература.

1. В.М. Рамм. «Абсорбция газов». М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В.А. Иванова, Москва, 1985. ;
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю.И. Дытнерского. М., «Химия» 1991 г.
4. К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Л., «Химия», 1976г.
5. А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». М., 1968г.
6. Отраслевой стандарт ОСТ 26-808-73.
7. Каталог «Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1991г.
8. Каталог «Емкостная стальная сварная аппаратура». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1969г.

**Практическая работа № 16**  
**Тема: Расчёт тарелок.**

**1 Гидравлическое сопротивление колпачковой тарелки**

Гидравлическое сопротивление колпачковой тарелки складывается из сопротивления сухой тарелки при открытых прорезях  $\Delta P_1$ , сопротивления, обусловленного силами поверхностного натяжения  $\Delta P_2$ , гидростатического давления столба жидкости над верхним обрезом прорези  $\Delta P_4$ , Па.

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4$$

$$\Delta P_1 = \xi \frac{\rho v_{\text{сп}}^2}{2}, \text{ где}$$

$v_{\text{сп}}$  - скорость пара в прорезях колпачка, находится в пределах 2-8 м/с; для колонн, работающих под вакуумом - в пределах 0,8-3 м/с;

$\xi$  - коэффициент сопротивления ( $\xi = 1,5-2$ )

$$\Delta P_2 = 2\sigma s \left[ \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right] \text{ где}$$

$\sigma$  - поверхностное натяжение, Н/м.

$$\Delta P_3 + \Delta P_4 = \rho \frac{1}{2l_1} + h_{\text{сп}}$$

$$\Delta P_1 = 1,8 \frac{1,8 \rho v^2}{2} = 58,32 \text{ Па}; \quad d = 43,4 \text{ Н/м}$$

$$\Delta P_2 = 2 \cdot 43,4 \left[ \frac{1}{0,03} + \frac{1}{0,04} \right] = 2 \cdot 43,4 \cdot 58,33 = 5063,044 \text{ Па}$$

$$\Delta P_3 + \Delta P_4 = 865,9 \left[ \frac{1}{2 \cdot 0,075} + 0,03 \right] = 5792,8 \text{ Па}$$

$$\Delta P = 58,32 + 5063,044 + 5792,8 = 10914,2 \text{ Па.}$$

**Литература.**

1. В.М. Рамм. «Абсорбция газов». М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В.А. Иванова, Москва, 1985. ;
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю.И. Дытнерского. М, «Химия» 1991 г.
4. К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Л., «Химия», 1976г.
5. А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». М, 1968г.
6. Отраслевой стандарт ОСТ 26-808-73.
7. Каталог «Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1991г.
8. Каталог «Емкостная стальная сварная аппаратура». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1969г.

## Практическая работа № 17

### Тема: Конструирование и расчёт опор колонны

Цель работы: Изучить и произвести расчет опор колонны.

#### 1. ВЫБОР КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Согласно задания проекта применяем высоколегированную сталь 08X18H10T. Это сталь аустенитного класса, обладает стойкостью почти ко всем средам, хорошо деформируется в горячем и холодном состоянии, легко сваривается. Скорость коррозии этой стали принята  $\Pi=0,1$  мм/год.

Допускаемые напряжения и модуль упругости.

Для стали 08X18H10T (табл. Б1, приложение Б) находим:

Допускаемое напряжение при температуре  $20^{\circ}\text{C}$   $[\sigma]^{20}=168$  МПа, модуль упругости  $E^{20}=2\cdot 10^5$  МПа, при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  значения этих характеристик следующие:  $[\sigma]^{100}=156$  МПа  $=156$  Н/мм<sup>2</sup>,  $E^{100}=2\cdot 10^5$  МПа.

Для материала рубашки (сталь 20К) допускаемое напряжение и модуль упругости также находим линейным интерполированием аналогично рассмотренному:

при  $20^{\circ}\text{C}$   $[\sigma]^{20}=147$  МПа,  $E^{20}=1,99\cdot 10^5$  МПа,

при  $100^{\circ}\text{C}$   $[\sigma]^{100}=142$  МПа,  $E^{100}=1,91\cdot 10^5$  МПа.

Значит принимаем, при  $t=20^{\circ}\text{C}$ :

$[\sigma]^{20}=168$  МПа (1)

$E^{20}=2,00\cdot 10^5$  МПа (2)

#### 2 ВЫБОР И РАСЧЕТ ОПОР АППАРАТА

Для выбора опор необходимо определить массу всего аппарата, которую можно рассчитать по формуле:

$$m_{АП} = 1,1 \cdot (3 \cdot m_{ДН} + 2 \cdot m_{ОБ} + m_{ПР} + m_{Ж}), \quad (48)$$

где 1,1 - коэффициент, учитывающий вес неучтенных в этой формуле частей аппарата;

3 - коэффициент, учитывающий вес днища, крышки и днища рубашки;

2 - коэффициент, учитывающий вес обечайки аппарата и рубашки;

Сначала определим массы составных частей аппарата, а потом массу всего аппарата.

Массу днища определяем по таблице Д1 приложения Д.

$m_{ДН} = 24,0$  кг.

Масса обечайки

$$m_{ОБ} = \rho \cdot V, \quad (49)$$

где  $\rho$  - плотность металла обечайки ( $\rho = 7,8\cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>),

$V$  - объем металла, необходимого для изготовления обечайки.

$$V = \pi \cdot D \cdot H_{ОБ} \cdot S = 3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,55 \cdot 0,010 = 0,013816 \text{ м}^3. \quad (50)$$

Здесь  $D = 0,8$  м - внутренний диаметр аппарата,

$$H_{ОБ} = H - 2H_{ДН} = 950 - 2\cdot 200 = 550 \text{ мм} = 0,55 \text{ м}$$

Здесь  $H_{ДН} = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 800 = 200$  мм  $= 0,20$  м - высота днища аппарата,

$S = 0,010$  м - толщина обечайки.

Тогда

$$m_{об} = 7,8 \cdot 10^3 \cdot 0,013816 = 107,7648 \text{ кг (51)}$$

Масса  $m_{пр} = 109,3$  кг - вес привода  
 Масса жидкостной среды в аппарате

$$m_{жс} = 0,8 \cdot V_{ан} \cdot \rho = 0,8 \cdot 0,40 \cdot 1020 = 326,4 \text{ кг. (52)}$$

Здесь 0,8 - коэффициент заполнения аппарата,  
 $V_{ан} = 0,40 \text{ м}^3$  - объем аппарата,  
 $\rho = 1020 \text{ кг/м}^3$  - плотность жидкостной среды в аппарате.  
 Масса всего аппарата

$$m_{ан} = 1,1 \cdot (3 \cdot m_{дн} + 2 \cdot m_{об} + m_{пр} + m_{жс}) = 1,1 \cdot (3 \cdot 24,0 + 2 \cdot 107,7648 + 109,3 + 326,4) = 795,55256 \text{ кг.}$$

Вес аппарата

$$G_{ан} = 9,81 \cdot m_{ан} = 9,81 \cdot 795,55256 \approx 7804,4 \text{ Н}$$

Обычно вертикальные аппараты устанавливаются с помощью опор на межэтажном перекрытии или на металлической раме.

В качестве опор рекомендованы опорные лапы подвесных сосудов и аппаратов (ГОСТ 26296-84 исполнения 2). Используем опорную лапу с подкладным листом для увеличения жесткости рубашки аппарата, к которой приваривается опора. Толщина подкладного листа равна толщине стенки обечайки рубашки.

Вес, который приходится на одну опору

$$G_{оп} = \frac{K_H \cdot G_{АП}}{Z} \quad (53)$$

Здесь  $K_H = 1,5 \dots 2$  - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между опорами, принимаем  $K_H = 2$ .

$Z$  - количество опор.

Принимаем  $Z = 4$ .

Тогда

$$G_{оп} = \frac{2 \cdot 7804,4}{4} = 3902,2 \text{ Н}$$

Опору подбираем по таблице Р1 приложения Р. Принимаем лапу опорную подвесных сосудов и аппаратов с максимальной нагрузкой на одну опору 6300 Н, ее обозначение "Опорная лапа 2-6300 ГОСТ 26296-84".

Геометрические размеры опоры приведены в таблице Р1 приложения Р.

### Литература.

1. В.М. Рамм. «Абсорбция газов». М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В.А. Иванова, Москва, 1985. ;
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю.И. Дытнерского. М., «Химия» 1991 г.
4. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Л., «Химия», 1976г.
5. А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». М., 1968г.
6. Отраслевой стандарт ОСТ 26-808-73.



7. Каталог «Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1991г.  
 8. Каталог «Емкостная стальная сварная аппаратура». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1969г.

### Практическая работа № 18

**Тема:** Расчет вращающихся барабанов

**Цель работы:** Произвести расчет вращающихся барабанов

Расчет сушильной камеры

1.1 Количество влаги, испаряемой за час

$$W = G_H \frac{U_H - U_K}{100 - U_K} = 800 \frac{12 - 0,4}{100 - 0,4} = \frac{93,2 \text{ кг}}{\text{ч}} = 0,026 \text{ кг/сек.}$$

1.2 Количество материала, высушенного за час

$$G_K = G_H - W = 800 - 93,2 = \frac{706,8 \text{ кг}}{\text{ч}} = 0,19 \text{ кг/с}$$

1.3 Размеры сушильного барабана

Объем барабана

$$V_\delta = \frac{W}{A} = \frac{93,2}{4} = 23,3 \text{ м}^3$$

Где А- напряжение барабана по влаги, определяемое опытным путем, [приложение А4]. А=4 кг/(м<sup>3</sup> \* ч)

Отношение длины барабана к диаметру должно быть 3,5ч7; принимают  $\frac{L}{D} = 5$ . Диаметр барабана находят из соотношения

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L = 0,785 \cdot d^2 \cdot 5 \cdot d = 3,925d^3 ; d = \sqrt[3]{\frac{V_\delta}{3,925}} = \sqrt[3]{\frac{23,3}{3,925}} = 1,81 \text{ м}$$

Длина барабана

$$L = 5d = 5 \cdot 1,56 = 9,05 \text{ м}$$

По нормальям завода «Прогресс» выбирают сушильный барабан с диаметром d=2000мм и длиной L=8000мм.

Число оборотов барабана в 1сек

$$n = \frac{L}{\pi d \cdot \text{tga}}$$

Где а- опытный коэффициент; tg а-тангенс угла наклона барабана; τ-время пребывания материала в барабане, сек.

Время пребывания материала в барабане

$$\tau = \frac{V_\delta \rho_{\text{ср}} \beta}{G_{\text{ср}}} = \frac{23,3 \cdot 745 \cdot 0,12}{0,32} = 6509 \text{ сек} = 108,5 \text{ мин}$$

Здесь G<sub>ср</sub>- средняя масса материала, проходящего через барабан; β=0,12- коэффициент заполнения барабана; ρ<sub>ср</sub> ≈ ρ<sub>м</sub>=745 кг/м<sup>3</sup> - средняя насыпная плотность материала.

$$G_{\text{ср}} = \frac{G_H + G_K}{2} = \frac{800 + 706,8}{2} = 1153,4 \text{ кг/ч} = 0,32 \text{ кг/сек}$$

Барабаны имеют угол наклона к горизонту 0,5-6°; принимают α = 2°, tgα=0,035. Тогда

$$n = \frac{8}{1,2 \cdot 6509 \cdot 2 \cdot 0,035} = 0,0146 \text{ об/сек} \approx 1 \text{ об/мин}$$

Где 1,2-коэффициент α для подъемно-лопастной насадки.

Потери тепла в окружающую среду

$$Q_n = F_{\text{бок}}(t_{\text{ст}} - t_0)\alpha \text{ вт},$$

Где  $F_{\text{бок}}$  – боковая поверхность барабана, м<sup>2</sup>;  $t_{\text{ст}}$  – температура стенки барабана с внешней стороны, °C;  $t_0$  – температура окружающей среды, °C;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от стенки барабана в окружающую среду,  $\text{вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ . Он равен:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{\text{л}},$$

Где  $\alpha_k$  – коэффициент теплоотдачи за счет вынужденной конвекции окружающей среды относительно наружной поверхности вращающегося барабана,  $\text{вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;  $\alpha_{\text{л}}$  – коэффициент теплоотдачи излучением,  $\text{вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ .

Принимают  $t_{\text{ст}} = 25^\circ\text{C}$  и определяют режим движения окружающего воздуха относительно наружной поверхности барабана:

$$Re = \frac{w_{\text{в}} \rho_{\text{в}}}{\mu} = \frac{0,11 \cdot 1,1 \cdot 1,185}{0,0188 \cdot 10^{-3}} = 7626,9.$$

Здесь

$$w_2 = \frac{\pi d_{\text{нар}} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 2,1 \cdot 1}{60} = 0,11 \text{ м/сек} - \text{относительная скорость движения воздуха; } L=d=2,1\text{ м}$$

– в данном случае определяющий размер с учетом возможной толщины тепловой

$$\text{изоляция; } \rho_{\text{в}} = \rho_0 \frac{T_0}{T} = 1,293 \frac{273}{273+25} = 1,185 \text{ кг/м}^3 - \text{плотность воздуха при } 25^\circ\text{C};$$

$$\mu = 0,0188 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{сек/м}^2 - \text{вязкость воздуха при } 25^\circ\text{C}.$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки барабана в окружающую среду за счет вынужденной конвекции

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \varepsilon_i = 0,018 \cdot 7626,9^{0,8} \cdot 1,27 = 30;$$

$$\varepsilon_i = 1,27 \left( \text{при } Re = 7626,9, \frac{L}{D} = 5 \right);$$

$$\alpha_k = \frac{Nu \lambda_{\text{в}}}{L} = \frac{30 \cdot 0,0261}{2,1} = 0,37 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}),$$

где  $\lambda_{\text{в}} = 0,0261 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  – теплопроводность воздуха при  $25^\circ\text{C}$ .

Определяют коэффициент теплоотдачи излучением

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{\varepsilon c_0 \cdot \left[ \left( \frac{T_{\text{СТ}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right]}{t_{\text{СТ}} - t_0} = \frac{0,95 \cdot 5,7 \cdot \left[ \left( \frac{273+35}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+25}{100} \right)^4 \right]}{35 - 25} \\ = 5,95 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}),$$

Где  $c_0 = 5,7 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  – коэффициент лучеиспускания абсолютного тепла;  $\varepsilon = 0,95$  – степень черноты для поверхности покрытой черной краской.

Коэффициент теплоотдачи от стенки барабана к воздуху

$$\alpha = 0,37 + 5,95 = 6,32 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}).$$

Определяют необходимую толщину слоя изоляции. В качестве изоляционного материала

выбирают шлаковую вату с  $\lambda = 0,076 \text{ вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ . Поверх изоляции толщиной  $\delta_2$  имеется кожух из листового железа ( $\delta_3 = 1 \text{ мм}$ ), покрытый масляной краской. Толщина стенки барабана  $\delta_1 = 1,2 \text{ мм}$ . Можно принять  $t_1 = t_2 = 60^\circ\text{C}$  и  $t_3 = t_4 = 35^\circ\text{C}$ . Здесь  $t_1$  и  $t_2$  – температура стенок защитного кожуха.

Расчет ведут по известным формулам теплопроводности через цилиндрическую стенку



$$eE = ef\Delta.$$

Здесь

$$\Delta = c_B c_m'' + q_d - \sum q = 4,19 \cdot 19 - 0,19 \cdot 0,16(55 - 18)/0,026 - 22,6 = 15,11 \text{ кДж/кг влаги};$$

$c_B$  - теплоемкость воды, кДж/(кг·град);  $q_d$ -дополнительный подвод тепла, кДж/кг влаги (в барабанной сушилке  $q_d = 0$ );  $\sum q$ -сумма потерь тепла (с выпущенным материалом, в окружающую среду и с транспортными приспособлениями), кДж/кг влаги.

В барабанной сушилке потерь тепла, связанных с транспортными приспособлениями, нет.

Потери тепла с высушенного материала

$$q_M = \frac{G_k c_M'' (t_m'' - t_m')}{W}$$

Теплоемкость высушенного материала

$$c_m'' = c \frac{100 - U_k}{100} + \frac{U_k}{100} = 1,6 \frac{100 - 0,4}{100} + \frac{0,4}{100} \approx 0,1600 \text{ кДж/(кг · град)}$$

Здесь

$$c = \frac{\sum c_A}{M} = \frac{1_c + 1_{c_1}}{A_1 + A_{c_1}} = \frac{2 \cdot 26 + 8 \cdot 9,6 + 22,6 + 4 \cdot 16,8}{132} = 1,6 \text{ кДж/(кг · град)}$$

- теплоемкость сухого хлорида калия;  $\sum c_A$ -сумма атомных теплоемкостей; кДж/(катом · град);  $M$ -молекулярная масса.

После подстановки получают

$$q_M = \frac{0,19 \cdot 0,16 \cdot (55 - 18)}{0,026} = 1,09 \text{ кДж/кг влаги.}$$

Определяют отрезок  $eE$ :

$$I = I_1 + \Delta(x - x_1) = 119 + 15,11(0,015 - 0,010) = 120$$

$$\begin{aligned} eE = ef\Delta &= (x_2^1 - x_0) \cdot [c_B t_m^1 - (q_M + q_n)] \\ &= (0,03 - 0,01)[4,19 \cdot 20 - (2662 + 54,7)] \\ &= 4,66 \text{ кДж/кг сухого воздуха.} \end{aligned}$$

Здесь,  $e = x_2^1 - x_0$  берется для произвольно выбранной точки  $e$  на линии  $\Pi = \text{const}$  (Рис 10);

$c_B = 4,19$  кДж/(кг·град)-теплоемкость влаги при  $t = 200^\circ\text{C}$

Здесь  $\Delta > 0$ , происходит дополнительный подогрев и отрезок  $eE$  откладывается от точки  $e$  вертикально вверх; Точку  $B$  соединяют с полученной точкой  $E$  и продолжают прямую до пересечения с заданной изотермой  $t_2$ . Полученная точка  $C$ , характеризует состояние воздуха после сушки:

$I_2 = 125$  кДж/кг сухого воздуха;

$X_2 = 0,0265$  кг влаги/кг сухого воздуха.

Расход сухого воздуха

$$L = W1 = W \frac{1}{x - x_0} = 93,2 \frac{1}{0,0265 - 0,010} = 5648 \text{ кг/ч}$$

Объем влажного воздуха, проходящего через, сушилку за 1 час рассчитывают по формуле

$$V = LV_{уд}, \text{ м}^3$$

Где  $V_{уд}$ - удельный объем влажного воздуха, отнесенный к 1 кг сухого воздуха.

$$V_{уд} = \frac{R_B T}{P_{об} - \phi P_{мас}} = \frac{R_B T}{P_{об} - P_n} \text{ м}^3/\text{кг сухого воздуха}$$

Здесь R-газовая постоянная для воздуха, равная 287 дж/(кг\*град)(29,7 кгс\*м/кгс\*град); T- абсолютная температура воздуха, 0К; P<sub>об</sub> –общее давление паровоздушной смеси, н/м<sup>2</sup> ; P<sub>n</sub>= φP<sub>мас</sub>-парциальное давление водяного пара, н/м<sup>2</sup>

Принимают общее давление P<sub>об</sub>=745 мм рт.ст.

На входе в калорифер t<sub>0</sub>=250С, X<sub>0</sub>=0,010 кг влаги/кг сухого воздуха, P<sub>n</sub>=10,27 мм рт.ст.

$$V_1 = 5648 \frac{287 \cdot (273 + 25)}{(745 - 10,27) \cdot 133,3} = 5666 \text{ м}^3/\text{ч}$$

На выходе из калорифера t<sub>1</sub>=900С, x<sub>1</sub>=x<sub>2</sub>=0,010 кг влаги/кг сухого воздуха, P<sub>n</sub> =11,5 мм рт.ст.

$$V_2 = 5648 \frac{287 \cdot (273 + 90)}{(745 - 10,27) \cdot 133,3} = 1711 \text{ м}^3/\text{ч}$$

При входе из барабана t<sub>1</sub>=55С, x<sub>2</sub>=0,024 кг влаги/кг сухого воздуха, P<sub>n</sub>=29,25 мм рт.ст.

$$V_3 = 5648 \frac{287 \cdot (273 + 55)}{(745 - 29,25) \cdot 133,3} = 950 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расход тепла в калорифере

$$Q_k = W_{чк} = W \frac{I_1 - I_0}{x_2 - x_0} = 93,2 \frac{119 - 50,7}{(0,0265 - 0,01) \cdot 3600} = 10716 \text{ КВт}(212500 \text{ ккал/ч})$$

Расход пара в калорифере

$$G_n = \frac{Q_k}{r} = \frac{107,16 \cdot 3600}{2171} = 178 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Где r=2171 кдж/кг – теплота парообразования при P=3 ата

## Список литературы

1. В.М. Рамм.«Абсорбция газов».М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В А. Иванова, Москва, 1985. ;
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю. И. Дытнерского. М, «Химия» 1991 г.
4. К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Л., «Химия», 1976г.
5. А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». М, 1968г.
- 6 Отраслевой стандарт ОСТ 26-808-73.
7. Каталог «Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1991г.
8. Каталог «Емкостная стальная сварная аппаратура». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1969г.

## Практическая работа № 19

Тема: Расчёт центрифуг

Цель работы: Произвести расчет центрифуг

Очистка масла в системе смазки двигателей осуществляется фильтрами, центрифугами, магнитными улавливателями. Распространение получили фильтры грубой очистки: ленточно- и пластинчато-щелевые и тонкой очистки, преимущественно бумажные, и центробежные (центрифуги) (рис.51).

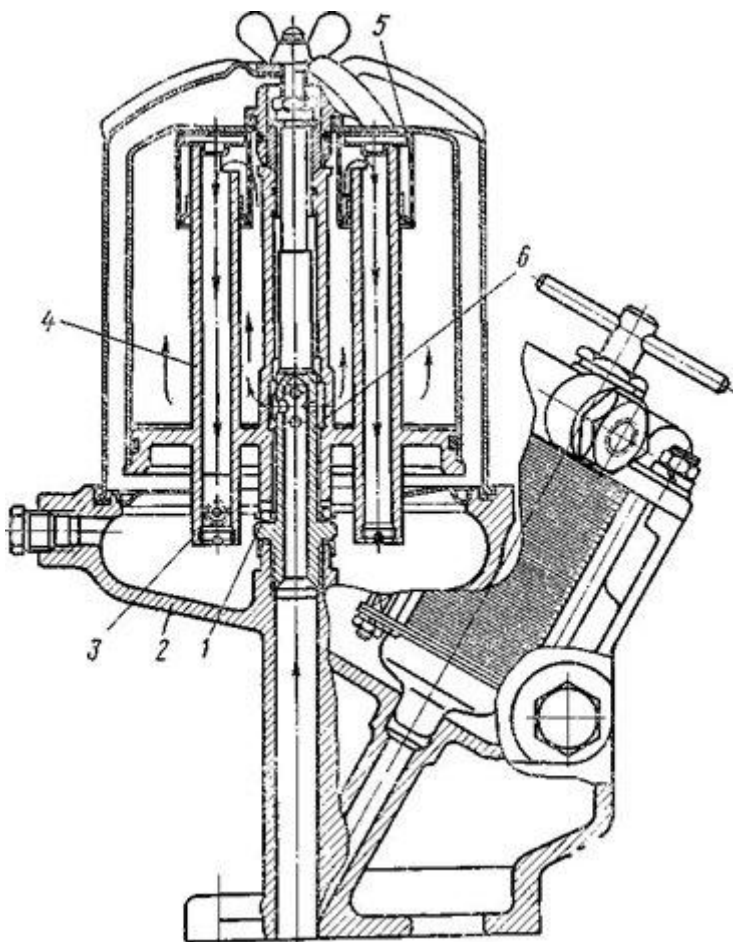


Рис. 51. Масляный фильтр двигателя ЗИЛ-130 с центрифугой:  
 1 — подшипник; 2 — корпус; 3 — жиклер; 4 — ротор; 5 — сетка; 6 — ось

Пропускную способность фильтров подбирают по скорости прохождения масла через фильтрующий элемент (м/с):

Ленточно-целевые ..... 3÷6

Пластинчато-щелевые .. 6÷8

Фильтры тонкой очистки бумажные (АСФО) обеспечивают очистку масла от частиц размером до 0,001 мм и поэтому обладают большим сопротивлением, включаются в систему смазки подшипников параллельно.

В современных двигателях широко распространена в качестве фильтра тонкой очистки центробежная очистка масла центрифугами. Центрифугу в систему смазки включают последовательно (полнопоточная) и параллельно (неполнопоточная). Очистка масла осуществляется за счет центробежных сил, возникающих при вращении ротора центрифуги с частотой вращения 5000—7000 об/мин.

Для получения указанной частоты вращения ротора масло поступает в центрифугу под давлением 0,4÷0,6 МПа.

При установившейся частоте вращения ротора центрифуги реактивная сила (Н), приложенная по оси отверстий сопла,

$$P = 0,5G(v_m - v_n) = 0,5\rho V[V/(2ef) - \pi nR/30], \quad (168)$$

где  $G$  — секундный расход масла через сопла, кг/с;  $v_m$  — скорость истечения масла из сопла, м/с;  $v_n$  — скорость насадки (сопла), м/с;  $\rho$  — плотность масла, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  — секундный расход масла (объемный) через одно сопло, м<sup>3</sup>/с;  $e$  — коэффициент сжатия струи масла;  $f$  — площадь отверстия сопла, м<sup>2</sup>;  $n$  — частота вращения ротора, об/мин;  $R$  — расстояние оси сопла от оси вращения ротора.

Реактивный крутящий момент ротора центрифуги (Н-м)

$$M_{кр} = PRz, \quad (169)$$

где  $P$  — реактивная сила, приложенная по оси сопла;  $z$  — число сопл (насадок).

Момент сопротивления ротора вращению, по данным НАМИ,

$$M_{\text{сопр}} = a + kn, \quad (170)$$

где  $a = 6 \cdot 10^{-4} \Omega \mu = (5 \div 20) 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

$$k = (0,03 + 0,02 \mu) 10^{-3} \Omega = (0,03 \div 0,10) 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м} / (\text{об} / \text{мин}).$$

$W$  — емкость ротора,  $\text{см}^3$ ;  $m = 15 \div 100$  — вязкость масла, сП;  $n$  — частота вращения ротора, об/мин:

$$n = \frac{\rho V^2 R / (2 \epsilon f) - a}{k + \pi \rho V R^2 / 30}. \quad (171)$$

Определив секундный объемный расход масла через сопла центрифуги, можно по табл. 10 выбрать центрифугу для двигателя.

Секундный объемный расход масла через сопла

$$V_m = 2 \mu_1 f \sqrt{(2/\rho) p_1 (1 - \psi) + (\pi m / 30) (R^2 - r_0^2)}, \quad (172)$$

где  $m_1$  — коэффициент расхода масла через сопло;  $p_1$  — давление масла на входе в центрифугу;  $\psi$  — коэффициент гидравлических потерь

Таблица 10

Параметры	Типоразмер центрифуги			
	1	2	3	4
Рабочая емкость ротора $\Omega$ , $\text{см}^3$	500 <sup>+50</sup>	750 <sup>+100</sup>	1000 <sup>+100</sup>	1250 <sup>+100</sup>
Внутренний диаметр ротора $D_{\text{вн}}$ , мм	96	117	105	125
Внутренняя высота ротора $H_{\text{вн}}$ , мм	84	93	105	114
Плечо реактивного момента $2R$ , мм	70	80	85	90
Диаметр сопла $d_c$ , мм	1,6	2	2	2,2
Частота вращения ротора $n$ , об/мин	5000	5000	5000	5000
Расход масла через сопла при $p=0,3 \text{ МПа}$ и $\mu=20 \text{ сСт}$ , л/мин	6	9	10	12
Мощность двигателя, для которого предназначена, кВт	35÷75	75÷130	130÷175	175÷240

на участке от входа масла в центрифугу до сопл;  $r_0$  — радиус оси ротора.

Расстояние от оси сопла до оси вращения ротора

$$R = 2 a \epsilon f / (\rho V_m^2) + \sqrt{2 a \epsilon f / (\rho V_m^2) + 30 k / (\pi \rho V_m)}. \quad (173)$$

## Список литературы

1. В.М. Рамм. «Абсорбция газов». М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В.А. Иванова, Москва, 1985. ;
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю.И. Дытнерского. М., «Химия» 1991 г.
4. К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии». Л., «Химия», 1976г.
5. А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры». М, 1968г.
6. Отраслевой стандарт ОСТ 26-808-73.



7. Каталог «Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1991г.

8. Каталог «Емкостная стальная сварная аппаратура». М., «ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ», 1969г.

### Практическая работа № 20

**Тема:** Расчет диаметра трубопровода

**Цель работы:** Произвести расчет диаметра трубопровод

Расчет оптимального диаметра трубопровода – сложная задача, требующая технико-экономических расчетов и учета множества частных факторов. Это связано с тесной взаимосвязанностью параметров проектируемого трубопровода и потока перекачиваемой по нему среды. Увеличение скорости перекачиваемой среды позволяет уменьшить необходимый для поддержания заданного расхода диаметр трубопровода, что снижает его материалоемкость, облегчает и удешевляет монтаж системы. В то же время увеличение скорости неизбежно влечет за собой потери напора, требующие дополнительных затрат энергии на перекачку среды. Чрезмерное снижение скорости так же может повлечь за собой нежелательные последствия.

Формула для расчета оптимального диаметра трубопровода основана на формуле для расхода (для трубы круглого сечения):

$$Q = (\pi d^2 / 4) \cdot w$$

Q – расход перекачиваемой жидкости, м<sup>3</sup>/с

d – диаметр трубопровода, м

w – скорость потока, м/с

В задачах на проектирование трубопровода расход чаще всего является величиной заданной. В таком случае неизвестными остаются только диаметр трубопровода и скорость потока. Полный технико-экономический расчет может быть очень трудоемок и сложен, поэтому на практике для расчета оптимального диаметра трубопровода используют значения оптимальных скоростей перекачиваемой среды, взятые из справочных материалов, составленных на опытных данных:

Перекачиваемая среда		Оптимальная скорость в трубопроводе, м/с
ЖИДКОСТИ	Движение самотеком:	
	Вязкие жидкости	0,1 – 0,5
	Маловязкие жидкости	0,5 – 1
	Перекачивание носом:	
	Всасывающий трубопровод	0,8 – 2
	Нагнетательный трубопровод	1,5 – 3
ГАЗЫ	Естественная тяга	2 – 4
	Малое давление (вентиляторы)	4 – 15
	Большое давление (компрессор)	15 – 25
ПАРЫ	Перегретые	30 – 50
	Насыщенные пары при давлении:	
	Более 105 Па	15 – 25
	(1-0,5)·105 Па	20 – 40



	$(0,5-0,2) \cdot 105 \text{ Па}$	40 – 60
	$(0,2-0,05) \cdot 105 \text{ Па}$	60 – 75

Итоговая расчетная формула для оптимального диаметра трубопровода выглядит следующим образом:

$$d = \sqrt[3]{4Q/Pw}$$

Q – расход перекачиваемой жидкости, м<sup>3</sup>/с

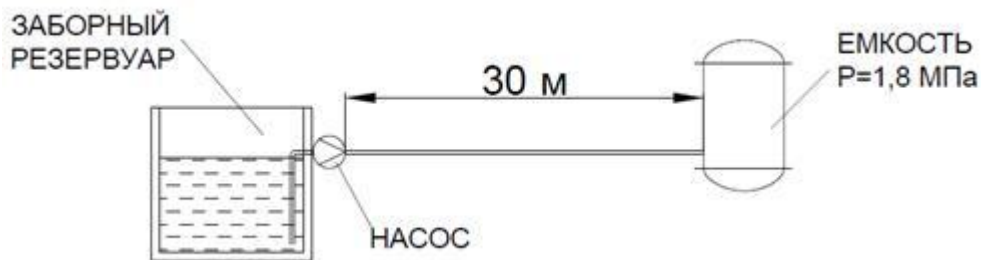
d – диаметр трубопровода, м

w – скорость потока, м/с

### Примеры задач по расчету и подбору трубопроводов с решениями:

#### Пример №1

Каковы потери напора на местные сопротивления в горизонтальном трубопроводе диаметром 20x4 мм, по которому из открытого резервуара насосом перекачивается вода в реактор с давлением 1,8 бар? Расстояние между резервуаром и реактором составляет 30 м. Расход воды составляет 90 м<sup>3</sup>/час. Общий напор равен 25 м. Коэффициент трения принять равным 0,028.



Решение:

Скорость потока воды в трубопроводе равна:

$$w = (4 \cdot Q) / (\pi \cdot d^2) = ((4 \cdot 90) / (3,14 \cdot [0,012]^2)) \cdot (1/3600) = 1,6 \text{ м/с}$$

Найдем потери напора на трение в трубопроводе:

$$H_T = (\lambda \cdot l) / (d_s \cdot [w^2 / (2 \cdot g)]) = (0,028 \cdot 30) / (0,012 \cdot [1,6]^2 / (2 \cdot 9,81)) = 9,13 \text{ м}$$

Общие потери составляют:

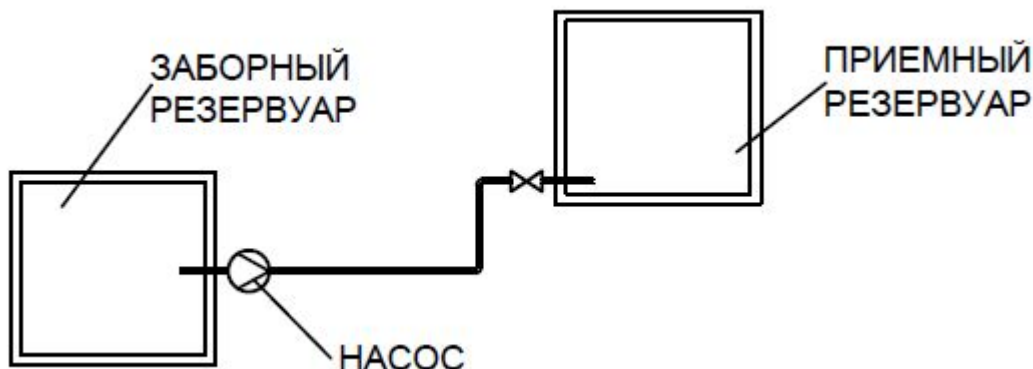
$$h_n = H - [(p_2 - p_1) / (\rho \cdot g)] - H_z = 25 - [(1,8 - 1) \cdot 10^5] / (1000 \cdot 9,81) - 0 = 16,85 \text{ м}$$

На потери на местные сопротивления приходится:

$$16,85 - 9,13 = 7,72 \text{ м}$$

#### Пример №2

Вода перекачивается центробежным насосом по горизонтальному трубопроводу со скоростью 1,5 м/с. Общий создаваемый напор равен 7 м. Какова максимальная длина трубопровода, если забор воды идет из открытого резервуара, перекачивается по горизонтальному трубопроводу, имеющему один вентиль и два колена под 90°, и свободно изливается из трубы в другой резервуар? Диаметр трубопровода равен 100 мм. Относительную шероховатость принять равной  $4 \cdot 10^{-5}$ .



Решение:

Для трубы диаметром 100 мм коэффициенты местных сопротивлений будут составлять: Для колена под 90° – 1,1; вентиля – 4,1; выхода из трубы – 1.

Затем определим значение скоростного напора:

$$w^2 / (2 \cdot g) = 1,5^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,125 \text{ м}$$

Потери напора на местные сопротивления составят:

$$\sum \zeta_{MC} \cdot [w^2 / (2 \cdot g)] = (2 \cdot 1,1 + 4,1 + 1) \cdot 0,125 = 0,9125 \text{ м}$$

Общие потери напора на сопротивление трению и местные сопротивления найдем из формулы общего напора насоса (геометрическая высота подъема при данных условиях равна 0):

$$h_n = H - (p_2 - p_1) / (\rho \cdot g) - H_z = 7 - ((1-1) \cdot 10^5) / (1000 \cdot 9,81) - 0 = 7 \text{ м}$$

Тогда потери напора на трение составят:

$$7 - 0,9125 = 6,0875 \text{ м}$$

Рассчитаем значение числа Рейнольдса для потока в трубопроводе (динамическую вязкость воды примем  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с, а плотность –  $1000$  кг/м<sup>3</sup>):

$$Re = (w \cdot d \cdot \rho) / \mu = (1,5 \cdot 0,1 \cdot 1000) / (1 \cdot 10^{-3}) = 150000$$

Согласно нему по таблице рассчитаем коэффициент трения (формула расчета выбрана исходя из того, что значение  $Re$  попадает в промежуток  $2320 < Re < 10/e$ , соответствующий гладкому течению):

$$\lambda = 0,316 / Re^{0,25} = 0,316 / 150000^{0,25} = 0,016$$

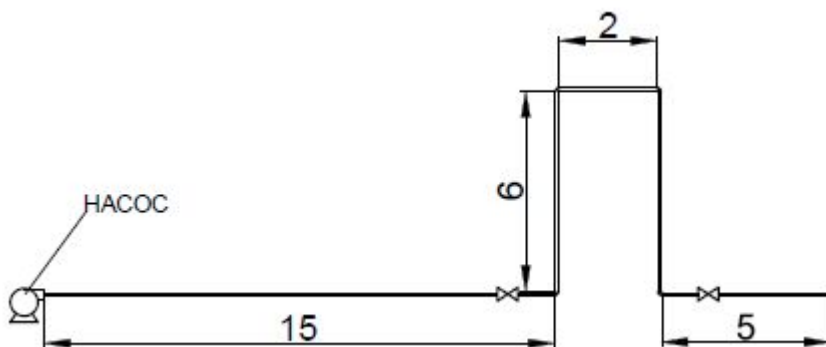
Выразим и найдем максимальную длину трубопровода из формулы потерь напора на трение:

$$l = (H_{об} \cdot d_3) / (\lambda \cdot [w^2 / (2g)]) = (6,0875 \cdot 0,1) / (0,016 \cdot 0,125) = 304,375 \text{ м}$$

### Пример №3

Дан трубопровод с внутренним диаметром 42 мм. К нему подключен насос, перекачивающий воду с расходом  $10$  м<sup>3</sup>/час и создающий напор 12 м. Температура перекачиваемой среды  $20$  °С.

Конфигурация трубопровода представлена на рисунке. Необходимо рассчитать потери напора и проверить способность имеющегося насоса перекачивать воду при заданных параметрах трубопровода. Абсолютную шероховатость труб принять равной  $0,15$  мм.



Решение:

Рассчитаем скорость течения жидкости в трубопроводе:

$$w = (4 \cdot Q) / (\pi \cdot d^2) = (4 \cdot 10) / (3,14 \cdot 0,042^2) \cdot 1/3600 = 2 \text{ м/с}$$

Соответствующий найденной скорости скоростной напор будет равен:

$$w^2 / (2 \cdot g) = 2^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,204 \text{ м}$$

Перед расчетом потерь на трение в трубах необходимо рассчитать коэффициент трения. В первую очередь определим относительную шероховатость трубы:

$$e = \Delta / d_3 = 0,15 / 42 = 3,57 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

Критерий Рейнольдса для потока воды в трубопроводе (динамическая вязкость воды при  $20$  °С составляет  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с, а плотность –  $998$  кг/м<sup>3</sup>):

$$Re = (w \cdot d \cdot \rho) / \mu = (2 \cdot 0,042 \cdot 998) / (1 \cdot 10^{-3}) = 83832$$

Выясним режим течения воды:

$$10/e = 10 / 0,00357 = 2667$$

$$560/e = 560 / 0,00357 = 156863$$

Найденное значение критерия Рейнольдса попадает в промежуток  $2667 < 83832 < 156863$  ( $10/e < Re < 560/e$ ), следовательно, коэффициент трения должен быть рассчитан по следующей формуле:

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/Re)^{0,25} = 0,11 \cdot (0,00375 + 68/83832)^{0,25} = 0,0283$$

Потери напора на трение в трубопроводе составят:

$$H_T = (\lambda \cdot l) / d_3 \cdot [w^2 / (2 \cdot g)] = (0,0283 \cdot (15 + 6 + 2 + 1 + 6 + 5)) / 0,042 \cdot 0,204 = 4,8 \text{ м}$$

Далее необходимо рассчитать потери напора на местные сопротивления. Из схемы трубопровода следует, из местных сопротивлений присутствуют два вентиля, четыре прямоугольных колена и один выход из трубы.

В таблицах нет значений коэффициентов местных сопротивлений для нормальных вентиляй и прямоугольных колен при диаметре трубы 42 мм, поэтому воспользуемся одним из методов приближенного расчета интересующих нас значений.

Возьмем табличные значения коэффициентов местных сопротивлений нормального вентиля для диаметров 40 и 80 мм. Положим, что график значений коэффициентов на этом промежутке представляет собой прямую линию. Составим и решим систему уравнений с целью найти график функции зависимости коэффициента местного сопротивления от диаметра трубы:

$$\begin{cases} 4,9 = a \cdot 40 + b \\ 4 = a \cdot 80 + b \end{cases} = \begin{cases} a = -0,0225 \\ b = 5,8 \end{cases}$$

Искомое уравнение имеет вид:

$$\zeta = -0,0225 \cdot d + 5,8$$

При диаметре 42 мм коэффициент местного сопротивления будет равен:

$$\zeta = -0,0225 \cdot 42 + 5,8 = 4,855$$

Аналогично найдем значение коэффициента местного сопротивления для прямоугольного колена.

Возьмем табличные значения для диаметров 37 и 50 мм и составим и решим систему уравнений, вновь сделав аналогичное допущение о характере графика на данном участке:

$$\begin{cases} 1,6 = a \cdot 37 + b \\ 1,1 = a \cdot 50 + b \end{cases} = \begin{cases} a = -0,039 \\ b = 3,03 \end{cases}$$

Искомое уравнение имеет вид:

$$\zeta = -0,039 \cdot d + 3,03$$

При диаметре 42 мм коэффициент местного сопротивления будет равен:

$$\zeta = -0,039 \cdot 42 + 3,03 = 1,392$$

Для выхода из трубы коэффициент местного сопротивления принимается равным единице.

Потери напора на местные сопротивления составят:

$$\sum \zeta_{MC} \cdot [w^2 / (2g)] = (2 \cdot 4,855 + 4 \cdot 1,394 + 1) \cdot 0,204 = 3,3 \text{ м}$$

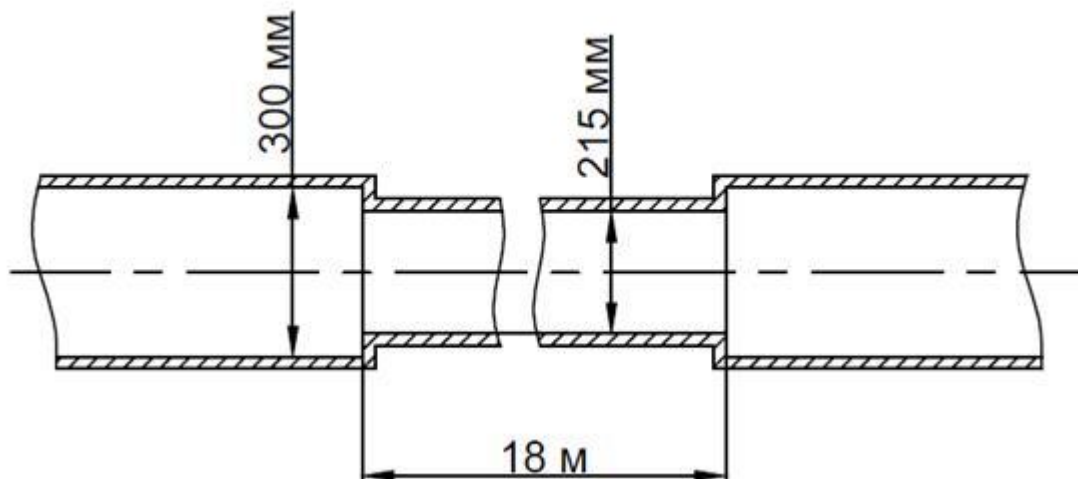
Суммарные потери напора в системе составят:

$$4,8 + 3,3 = 8,1 \text{ м}$$

Согласно полученным данным делаем вывод, что данный насос подходит для перекачивания воды по данному трубопроводу, так как создаваемый им напор больше суммарных потерь напора в системе, и скорость тока жидкости укладывается в границы оптимума.

#### Пример №4

Участок прямого, горизонтального трубопровода с внутренним диаметром 300 мм подвергся ремонту путем замены участка трубы длиной 10 м трубой с внутренним диаметром 215 мм. Общая длина ремонтируемого участка трубопровода составляет 50 м. Заменяемый участок расположен на расстоянии 18 м от начала. По трубопроводу течет вода при 20 °С со скоростью 1,5 м/сек. Необходимо выяснить как изменится гидравлическое сопротивление ремонтируемого участка трубопровода. Коэффициенты трения для труб диаметром 300 и 215 мм принять равными 0,01 и 0,012 соответственно.



Решение:

Исходный трубопровод создавал потерю напора только на трение жидкости о стенки при перекачке. Замена участка трубы привела к появлению двух местных сопротивлений (резкое сужение и резкое расширение проходного канала) и участка с изменившимся диаметром трубы, на котором потери на трение будут иными. Оставшаяся часть трубопровода не подверглась изменению, а следовательно их можно не рассматривать в пределах данной задачи.

Рассчитаем расход воды через трубопровод:

$$Q = (\pi \cdot d^2) / 4 \cdot w = (3,14 \cdot 0,3^2) / 4 \cdot 1,5 = 0,106 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Поскольку расход не меняется по длине трубопровода, мы можем определить скорость потока на участке трубы, подвергшемся замене:

$$w = (4 \cdot Q) / (\pi \cdot d^2) = (4 \cdot 0,106) / (3,14 \cdot 0,215^2) = 2,92 \text{ м/с}$$

Полученное значение скорости потока в замененном участке трубы укладывается в оптимальный диапазон.

Для определения коэффициентов местного сопротивления предварительно рассчитаем критерии Рейнольдса для разных диаметров труб и соотношение площадей поперечных сечений этих труб.

Критерий Рейнольдса для трубы диаметром 300 мм трубопроводе (динамическая вязкость воды при 20 °С составляет  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с, а плотность – 998 кг/м<sup>3</sup>):

$$e = (w \cdot d \cdot \rho) / \mu = (1,5 \cdot 0,3 \cdot 1000) / (1 \cdot 10^{-3}) = 450000$$

Критерий Рейнольдса для трубы диаметром 215 мм трубопроводе (динамическая вязкость воды при 20 °С составляет  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с, а плотность – 998 кг/м<sup>3</sup>):

$$Re = (w \cdot d \cdot \rho) / \mu = (1,5 \cdot 0,215 \cdot 1000) / (1 \cdot 10^{-3}) = 322500$$

Отношение площадей поперечных сечений труб равно:

$$((\pi \cdot d_1^2) / 4) / ((\pi \cdot d_2^2) / 4) = 0,215^2 / 0,3^2 = 5,1$$

По таблицам найдем значения коэффициентов местных сопротивлений, округлив отношение площадей до 5. Для внезапного расширения он составит 0,25, для внезапного сужения также 0,25.

Потери напора на местные сопротивления составят:

$$\sum \zeta_{MC} \cdot [w^2 / (2g)] = 0,25 \cdot [1,5^2 / (2 \cdot 9,81)] + 0,25 \cdot [2,92^2 / (2 \cdot 9,81)] = 0,137 \text{ м}$$

Теперь рассчитаем потери на трение в замененном участке трубопровода для исходного и нового отрезка трубы. Для трубы диаметром 300 мм они составят:

$$H_T = (\lambda \cdot l) / d \cdot [w^2 / (2g)] = (0,01 \cdot 10) / 0,3 \cdot [1,5^2 / (2 \cdot 9,81)] = 0,038 \text{ м}$$

Для трубы диаметром 215 мм:

$$H_T = (\lambda \cdot l) / d \cdot [w^2 / (2g)] = (0,012 \cdot 10) / 0,215 \cdot 2,92^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,243 \text{ м}$$

Отсюда делаем вывод, что потери на трение в трубопроводе возрастут на:

$$0,243 - 0,038 = 0,205 \text{ м}$$

Суммарное увеличение потерь на трение в трубопроводе составит:

$$0,205 + 0,137 = 0,342 \text{ м}$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. -Л.: / Машиностроение, 1970. -750с.
2. Прикладная механика. Курсовой проект. Аппарат вертикальный с механическим перемешивающим устройством / Сост.: Герасимов В.К., Лихачев А.И. - Рубежное: ИХТ ВНУ, 2008. -60 с.
3. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 79 с.
4. Михалев М.Ф., Третьяков Н.П. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. - Л.: Машиностроение, 1984. - 300 с.
5. ГОСТ 20680 - 75 Аппараты с механическими перемешивающими устройствами вертикальные.
6. Васильцов Э.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред: Справочное пособие. - Л., Машиностроение, 1979 - 272 с.
7. Бакланов Н.А. Перемешивание жидкостей - Л., Химия, 1979 - 64с.
8. Канторович З.Б. Основы расчета химических машин и аппаратов - М., Машгиз, 1946 - 600 с.
9. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками - Л., Химия, 1975 - 384с.

## СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование работы	Стр.
1	Практическая работа № 1	5
2	Практическая работа № 2	6
3	Практическая работа № 3	8
4	Практическая работа № 4	10
5	Практическая работа № 5	12
6	Практическая работа № 6	14
7	Практическая работа № 7	16
8	Практическая работа № 8	20
9	Практическая работа № 9	22
10	Практическая работа № 10	24
11	Практическая работа № 11	29
12	Практическая работа № 12	34
13	Практическая работа № 13	36
14	Практическая работа № 14	37
15	Практическая работа № 15	40
16	Практическая работа № 16	45
17	Практическая работа № 17	48
18	Практическая работа № 18	50
19	Практическая работа № 19	51
20	Практическая работа № 20	55



Министерство образования и науки Самарской области  
**Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Самарской области  
«Чапaeвский химико-технологический техникум»**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

по выполнению самостоятельной работы  
по дисциплине ОГСЭ. ВЧ.05 Русский язык и культура речи  
специальностей

- 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования в химической промышленности
- 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств в химической промышленности
- 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования в промышленности
- 18.02.06 Химическая технология органических веществ

Составил *преподаватель* Горельникова А.Н.

Одобрена

предметной (цикловой) комиссией  
электротехнических дисциплин

\_\_\_\_\_  
Протокол № \_\_ от «\_\_» августа  
2016 г.

Председатель

\_\_\_\_\_  
Э.А.Абрамова

Составлена

на основе федерального государственного  
образовательного стандарта СПО по специальности

151031 *Монтаж и техническая  
эксплуатация промышленного  
оборудования в химической  
промышленности*

Заместитель директора по учебной работе

\_\_\_\_\_  
Е.В.Первухина

Согласовано

с Методическим советом учреждения

Протокол № \_\_ от «\_\_» \_\_ 201 г.

Председатель \_\_\_\_\_ Е.В. Первухина

Автор: Горельникова А.Н., преподаватель ГБПОУ «ЧХТТ»

Рецензент: Первухина Е.В, преподаватель ГБПОУ «ЧХТТ»

Аннотация:

Методические рекомендации составлены в соответствии с требованиями Положения о методической разработке ГБПОУ Чапаевского химико-технологического техникума по дисциплине «Русский язык и культура речи». Предназначено для студентов очной формы обучения специальностей 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования в химической промышленности, 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств в химической промышленности, 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования в промышленности, 18.02.06 Химическая технология органических веществ.

В данных методических рекомендациях даны пояснения и рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Русский язык и культура речи».

Методические рекомендации содержат описание самостоятельной работы обучающихся и рекомендации по выполнению и оформлению самостоятельной работы по дисциплине.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ .....	5
РАБОТА С КНИГОЙ.....	7
СОЗДАНИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ .....	11
ОФОРМЛЕНИЯ РЕФЕРАТА.....	16
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>



## ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в техникуме является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

В результате выполнения самостоятельной работы, предусмотренных программой по данной специальности, **студент должен**

### **знать:**

- связь языка и истории, культуры русского и других народов;
- смысл понятий: речевая ситуация и ее компоненты, литературный язык, языковая норма, культура речи;
- основные единицы и уровни языка, их признаки и взаимосвязь;
- орфоэпические, лексические, грамматические, орфографические и пунктуационные нормы современного русского литературного языка; нормы речевого поведения в социально-культурной, учебно-научной, официально-деловой сферах общения;

### **уметь**

- осуществлять речевой самоконтроль; оценивать устные и письменные высказывания с точки зрения языкового оформления, эффективности достижения поставленных коммуникативных задач;
- анализировать языковые единицы с точки зрения правильности, точности и уместности их употребления;
- проводить лингвистический анализ текстов различных функциональных стилей и разновидностей языка;
- использовать основные виды чтения (ознакомительно-изучающее, ознакомительно-реферативное и др.) в зависимости от коммуникативной задачи;
- извлекать необходимую информацию из различных источников: учебно-научных текстов, справочной литературы, средств массовой информации, в том числе представленных в электронном виде на различных информационных носителях;
- создавать устные и письменные монологические и диалогические высказывания различных типов и жанров в учебно-научной (на материале изучаемых учебных дисциплин), социально-культурной и деловой сферах общения;
- применять в практике речевого общения основные орфоэпические, лексические, грамматические нормы современного русского литературного языка;
- соблюдать в практике письма орфографические и пунктуационные нормы современного русского литературного языка;

- соблюдать нормы речевого поведения в различных сферах и ситуациях общения, в том числе при обсуждении дискуссионных проблем;
- использовать основные приемы информационной переработки устного и письменного текста;

В ходе изучения студентами дисциплины «Русский язык и культура речи» предполагается выполнение самостоятельной работы рассчитанной на 28 часов.

Методические указания разработаны для студентов очной формы обучения.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. Они включают в себя:

- изучение и систематизацию официальных государственных документов - законов, постановлений, указов, нормативно-инструкционных и справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем и глобальной сети "Интернет";
- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;
- подготовку докладов и рефератов;
- участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.

Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

Ведущая цель организации и осуществления самостоятельной работы студента должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста. При организации самостоятельной работы студента важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами самостоятельной работы студента являются:

- 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;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, для эффективной подготовки к зачетам и экзаменам.

В образовательном процессе среднего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством

преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

- Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

- Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной преподавателем учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);

- написание рефератов;
- подготовка к семинарам и лабораторным работам, их оформление;
- выполнение микроисследований;
- подготовка практических разработок;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;

- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- коллоквиум как форма контроля освоения теоретического содержания дисциплин: (в часы консультаций, предусмотренных учебным планом);
- прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);
- прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р);
- выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС) и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

- Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:
- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и семинарских занятиях.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Объёма времени, отведённого на внеаудиторную самостоятельную работу по учебной дисциплине, осуществляется преподавателем и составляет 1/3 от объёма времени, отведённого на обязательную учебную загрузку по данной дисциплине.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику специальности, изучаемой дисциплины, индивидуальные особенности студента.

При предъявлении видов заданий на внеаудиторную самостоятельную работу рекомендуется использовать дифференцированный подход к студентам.

Перечень самостоятельной работы студентов по дисциплине «Русский язык и культура речи»

## РАБОТА С КНИГОЙ

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения - полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами - это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

- Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).

- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

- Естественно, все прочитанные книги, учебники и 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 – Ваша 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 для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

- Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

- «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

- Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае студент (или молодой ученый) будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько 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.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

4. 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 научному тексту связано существование и нескольких видов чтения:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. 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;

3. 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;

4. 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;

5. 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 литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. 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.

**Методические рекомендации по составлению конспекта:**

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. 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.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Правила написания научных текстов (рефератов, курсовых и дипломных работ):

- Важно разобраться сначала, какова истинная цель Вашего научного текста - это поможет Вам разумно распределить свои силы, время и.

- Важно разобраться, кто будет «читателем» Вашей работы.

- Писать серьезные работы следует тогда, когда есть о чем писать и когда есть настроение поделиться своими рассуждениями.

- Как создать у себя подходящее творческое настроение для работы над научным текстом (как найти «вдохновение»)? Во-первых, должна быть идея, а для этого нужно научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, важно уметь отвлекаться от окружающей суеты (многие талантливые люди просто «пропадают» в этой суете), для чего важно уметь выделять важнейшие приоритеты в своей учебно-исследовательской деятельности. В-третьих, научиться организовывать свое время, ведь, как известно, свободное (от всяких глупостей) время – важнейшее условие настоящего творчества, для него наконец-то появляется время. Иногда именно на организацию такого времени уходит немалая часть сил и талантов.

- Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой текст. Каждый раз надо представлять, что ваш текст будет кто-то читать и ему захочется сориентироваться в нем, быстро находить ответы на интересующие вопросы (заодно представьте себя на месте такого человека). Понятно, что работа, написанная «сплошным текстом» (без заголовков, без выделения крупным шрифтом наиболее важных мест и т. п.), у культурного читателя должна вызывать брезгливость и даже жалость к автору (исключения составляют некоторые древние тексты, когда и жанр был иной и к текстам относились иначе, да и самих текстов было гораздо меньше – не то, что в эпоху «информационного взрыва» и соответствующего «информационного мусора»).

- Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

## СОЗДАНИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ

### Методические рекомендации.

#### Цели:

Вы должны уметь:

- Объяснить назначение презентаций и сформулировать требования к ним;
- Соблюдать порядок создания презентации;
- Применять основные правила оформления презентаций;
- Разрабатывать презентации.

#### Содержание:

- 1) Что такое презентация
- 2) Виды презентаций
- 3) Порядок создания презентации
- 4) Основные приёмы создания и оформления презентации
- 5) Основные правила оформления презентации
- 6) Требования к презентации
- 7) Критерии оценки презентации
- 8) 10 советов, которые помогут вам использовать Power Point на пользу, а не во вред.

#### Что такое презентация?

Мультимедиа презентация – это уникальный и самый современный на сегодняшний день способ представления информации. Это программный продукт, который может содержать текстовые материалы, фотографии, рисунки, слайд-шоу, звуковое оформление и дикторское сопровождение, видеофрагменты и анимацию, трёхмерную графику.

#### Мультимедиа технология

Multimedia технология (multi- много, media – среда) позволяет одновременно использовать различные способы представления информации: числа, текст, графику, анимацию, видео и звук.

#### Виды презентации

- Компьютерная презентация (сопровождение во время лекции, доклада или иных выступлений)
- Цифровые образовательные ресурсы
- Видеоряд
- Рекламный ролик

#### Почему презентации эффективны

Известно, что человек большую часть информации воспринимает органами зрения (~80%), и органами слуха (~15%). Это давно замечено и эффективно используется в кино и на телевидении.

#### Порядок создания презентаций

Перед созданием презентации на компьютере важно определить:

- Назначение презентации, её тему, примерное количество слайдов;
- Как представить информацию наиболее удачным образом;
- Содержание слайдов;
- Графическое оформление каждого слайда.

#### Доклад в аудитории

В ситуации №1 (доклад) – наиболее частая ситуация! – только Вы решаете, что показывать, в какой последовательности. Даже если Вы не предусмотрели в презентации средства ветвления презентации, то Вы можете с помощью Навигатора слайдов в ходе презентации вызвать любой слайд, не обязательно следующий или предыдущий.

Навигатор слайдов – это меню, которое можно вызвать непосредственно в ходе показа; оно предоставляется самой программой Power Point и не требует от Вас создания гиперссылок.

#### Семинар, урок



Ситуация №2 (семинар, урок) предполагает, что слушатели видят на своих компьютерах Вашу презентацию и управляют ею.

### **Раздаточный электронный материал**

В направлении увеличения самостоятельности работы над презентацией следующим шагом является презентация, изначально нацеленная на то, чтобы использоваться слушателями самостоятельно.

### **Печатный раздаточный материал**

Первый способ – отдать команду распечатать слайды, после чего вы будете иметь каждый слайд на отдельной странице.

Второй способ – экспортировать презентацию в редактор Word, а дальше поступать обычным способом.

Третий способ – сохранить слайд (слайды) в качестве рисунков.

Четвертый способ – просто сделать «снимок экрана» (screenshot).

### **Этапы создания презентации**

Создание презентации состоит из трёх разделов:

- Планирование;
- Разработка;
- Репетиция презентации.

### **Шаги планирования**

- Определите цели
- Опишите себе Ваших слушателей
- Выделите основные идеи презентации
- Найдите дополнительную информацию
- Продумайте вступление
- Создайте структуру основной части презентации
- Проверьте логику подачи материала
- Подготовьте заключение

### **Определите цели**

Попробуйте сформулировать Ваши цели, начиная словами:

- По окончании моей презентации слушатели будут \_\_\_\_\_
- Цель моей презентации - \_\_\_\_\_
- Я буду говорить о \_\_\_\_\_ для того чтобы \_\_\_\_\_

### **Опишите себе Ваших слушателей**

Соберите необходимую информацию о ваших будущих слушателей, руководствуясь предлагаемым списком наиболее важных вопросов.

- Сколько человек будет присутствовать?
- Возрастная группа.
- Социальное положение.
- Уровень жизни.
- Образование.
- Каково их знание обсуждаемого предмета?
- Причины присутствия на презентации.
- Есть ли у них опасения, проблемы? Какие?
- Каковы их цели?
- Каковы их ожидания?
- Ценят ли они юмор?
- Как хорошо они знают вас?

### **Выделите основные идеи презентации**

Основные идеи должны:

- Служить конкретным целям;

- Содержать умозаключения;
- Быть интересными;
- И их не должно быть много (обычно не более четырёх – пяти).

### **Найдите дополнительную информацию**

Такой дополнительной информацией могут быть:

- Примеры;
- Сравнения;
- Цитаты;
- Открытия;
- Статистика;
- Графики;
- Аудио и видео материалы;
- Экспертные оценки.

### **Продумайте вступление**

Как минимум необходимо:

- Представится (имя, должность, организация);
- Сказать, сколько будет длиться ваша презентация;
- Договориться о том, когда можно задавать вопросы – во время презентации или после;
- Представить тему вашей презентации;
- Установить доверительные отношения со слушателями;
- Заставить аудиторию слушать презентацию.

### **Пять «смертных грехов» вступления включают:**

- Извинения;
- Длинные и медленные предложения;
- Очевидные наблюдения;
- Банальные вопросы;
- Истории и анекдоты, не относящиеся к предмету выступления.

### **Создайте структуру основной части презентации**

Переходы:

- От вступления к основной части презентации;
- От одной основной идеи к другой;
- От одного слайда к другому.

Переход – это между окончанием одной важной идеи и началом другой.

### **Проверьте логику подачи материала**

Материал можно излагать:

- В хронологическом порядке;
- В порядке приоритета;
- В территориальном порядке;
- В тематической последовательности;
- Структурируя его по принципу «проблема-решение».

### **Подготовьте заключение**

Ключевые составляющие заключения:

- Яркое высказывание – переход к заключению;
- Повторение основных идей презентации;
- Подведение итогов;
- Короткое и запоминающееся высказывание в конце.

### **Пять «смертных грехов» заключения включают:**

- Изменение стиля ведения презентации;
- Признание в том, что вы что-то забыли рассказать;

- Заключение без подведения итогов;
- Извинения;
- Бессвязная речь.

#### **Типы заключений:**

- Возвращение к теме вступления;
- Призыв к действиям;
- «Вызов»;
- Рассказ о том, что последует за этой презентацией.

#### **Этапы создания презентации**

- Выбор темы;
- Планирование;
- Определение структуры презентации, схематичное изображение слайдов;
- Создание «рабочих» слайдов;
- Работа с текстом слайда;
- Оформление слайдов;
- Настройка навигации;
- Доводка презентации.

#### **Обязательные слайды:**

- Титульный слайд;
- Содержание;
- Список источников;
- О проекте.

### **Психологические требования, предъявляемые к информации, выводимой на дисплей.**

#### **Расположение объектов на экране**

Наиболее существенная часть информации должна быть расположена в центре экрана, однако возможен сдвиг наиболее важного объекта информации от центра поля экрана под углом не более 30° от оси зрения в верхний левый квадрат.

Раньше и с большей точностью обнаруживаются знаки, находящиеся в верхнем левом квадрате, откуда обычно начинается маршрут движения глаз при чтении.

- При предъявлении более одного объекта графической информации (или нескольких разных смысловых элементов текста) их следует располагать таким образом, чтобы «технологический процесс» считывания при переходе с объекта на объект был направлен слева направо, хуже – по вертикали, ещё хуже – смесь того и другого.
- Горизонтальные линии на кадре подчёркивают широту и простор сюжета, а вертикальные – его высоту.
- Расположение элементов на кадре снизу вверх воспринимается как развитие; - то же вниз – воспринимается как спад, - то же по часовой стрелке – воспринимается как цикличность.
- Следует учитывать, что при считывании изображения с экрана глаз человека сначала схватывает предмет, форму в целом. Затем останавливается и анализирует яркие, контрастные информационно-ёмкие элементы. Поэтому в кадре должен быть выделен изобразительными средствами содержательный центр, чётко намечены его связи со значительными элементами и далее – со второстепенными и подчинёнными.
- При предъявлении любой знаковой информации следует учитывать, что повышение плотности фона ухудшает опознавание знака, а повышение плотности изображения знака по отношению к фону улучшает его опознавание и считывание.
- Цветное кодирование лучше всего соответствует задаче обнаружения или определения места сигнала, приводит к значительному уменьшению времени отыскания знака.

## **Психологические аспекты восприятия текстовой, цифровой и графической информации**

- При начертании букв: оптимальное соотношение ширины букв к их высоте близко к 2:3;
- При начертании цифр: цифры, образованные прямыми линиями (как на почтовых конвертах) по скорости и точности опознания выгодно отличаются от цифр обычного типа.

### **Некоторые закономерности связанные с восприятием визуальной информации:**

Плотно набранный текст с маленькими промежутками будет читаться трудно, даже если вы использовали крупный шрифт.

Лучше выбрать меньший шрифт, но увеличить промежутки между строчек.

**При выделении смысловых элементов текста,** кроме использования красных строк, прописных букв, кодирования цветом, можно использовать усиление жирности букв или их яркости (при быстром выборочном чтении, когда наиболее важное) или курсивный шрифт (когда весь текст предназначен для внимательного чтения, но необходимо обратить особое внимание на главную мысль).

### **При графическом изображении**

Для увеличения точности чтения чертежей, карт, схем можно рекомендовать повышенную разницу в обводке основных и второстепенных деталей объекта.

## ОФОРМЛЕНИЯ РЕФЕРАТА

Реферат (от лат. refero - "сообщаю") - краткое изложение в письменном виде или форме публичного доклада содержания книги, статьи или нескольких работ, научного труда, литературы по общей тематике.

Многие крупные научные результаты возникли просто из попыток привести в порядок известный материал.

Реферат - это самостоятельная учебно-исследовательская работа учащегося, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Содержание материала должно быть логичным, изложение материала носит проблемно-поисковый характер.

### Этапы работы над рефератом

1. Формулирование темы. Тема должна быть не только актуальной по своему значению, но оригинальной, интересной по содержанию.
2. Подбор и изучение основных источников по теме (как правило, не менее 8-10).
3. Составление библиографии.
4. Обработка и систематизация информации.
5. Разработка плана реферата.
6. Написание реферата.
7. Публичное выступление с результатами исследования. На семинарском занятии, заседании предметного кружка, студенческой научно-практической конференции.)

### Содержание работы должно отражать

- знание современного состояния проблемы;
- обоснование выбранной темы;
- использование известных результатов и фактов;
- полноту цитируемой литературы, ссылки на работы ученых, занимающихся данной проблемой;
- актуальность поставленной проблемы;
- материал, подтверждающий научное, либо практическое значение в настоящее время.

### Требования к оформлению и защите реферативных работ

#### 1. Общие положения:

1.1. Защита реферата предполагает предварительный выбор выпускником интересующей его темы работы с учетом рекомендаций преподавателя, последующее глубокое изучение избранной для реферата проблемы, изложение выводов по теме реферата. Выбор предмета и темы реферата осуществляется студентом в начале изучения дисциплины. Не позднее, чем за 2 дня до защиты или выступления реферат представляется на рецензию преподавателю. Оценка выставляется при наличии рецензии и после защиты реферата. Работа представляется в отдельной папке

1.2. Объем реферата – 15-20 страниц текста, оформленного в соответствии с требованиями.

1.3. В состав работы входят:

- реферат;
- рецензия преподавателя на реферат (представляет отдельный документ).

#### 2. Требования к тексту.

2.1. Реферат выполняется на стандартных страницах белой бумаги формата А-4 (верхнее, нижнее и правое поля – 1,5 см; левое – 2,5 см).

2.2. Текст печатается обычным шрифтом Times New Roman (размер шрифта – 12 кегель). Заголовки – полужирным шрифтом Times New Roman (размер шрифта – 14 кегель).

2.3. Интервал между строками – полуторный.

2.4. Текст оформляется на одной стороне листа.

- 2.5. Формулы, схемы, графики вписываются черной пастой (тушью), либо выполняются на компьютере.
- 2.6. В случае невозможности выполнить пункты 2.1.-2.5. данного раздела допускается рукописное оформление реферата.

### **3. Типовая структура реферата.**

1. Титульный лист.
2. План (простой или развернутый с указанием страниц реферата).
3. Введение.
4. Основная часть.
5. Заключение.
6. Список литературы.
7. Приложения (карты, схемы, графики, диаграммы, рисунки, фото и т.д.).

### **4. Требования к оформлению разделов реферата.**

#### **4.1. Титульный лист.** (Образец оформления титульного листа- приложение №1)

4.1.1. Титульный лист оформляется по единым требованиям. Он содержит:

- название образовательного учреждения;
- тему реферата;
- сведения об авторе;
- сведения о руководителе;
- наименование населенного пункта;
- год выполнения работы.

4.1.2. Верхнее, нижнее и правое поле – 1,5 см; левое – 2,5 см; текст выполняется полужирным шрифтом Times New Roman; размер шрифта – 14 кегель; размер шрифта для обозначения темы реферата допускается более 14 кегель.

#### **4.2. План.**

План реферата отражает основной его материал:

- I. Введение .....стр.
- II. Основная часть (по типу простого или развернутого).....стр.
- III. Заключение.....стр.
- IV. Список литературы.....стр.
- V. Приложения.....стр.

4.2.1. Введение имеет цель ознакомить читателя с сущностью излагаемого вопроса, с современным состоянием проблемы. Здесь должна быть четко сформулирована цель и задачи работы. Ознакомившись с введением, читатель должен ясно представить себе, о чем дальше пойдет речь. Объем введения – не более 1 страницы. Умение кратко и по существу излагать свои мысли – это одно из достоинств автора. Иллюстрации в раздел «Введение» не помещаются.

4.2.2. Основная часть. Следующий после «Введения» раздел должен иметь заглавие, выражающее основное содержание реферата, его суть. Главы основной части реферата должны соответствовать плану реферата (простому или развернутому) и указанным в плане страницам реферата. В этом разделе должен быть подробно представлен материал, полученный в ходе изучения различных источников информации (литературы). Все сокращения в тексте должны быть расшифрованы. Ссылки на авторов цитируемой литературы должны соответствовать номерам, под которыми они идут по списку литературы. Объем самого реферата – не менее 15 листов. Нумерация страниц реферата и приложений производится в правом верхнем углу арабскими цифрами без знака «№». Титульный лист считается первым, но не нумеруется. Страница с планом, таким образом, имеет номер «2».

4.2.3. Заключение. Формулировка его требует краткости и лаконичности. В этом разделе должна содержаться информация о том, насколько удалось достичь поставленной цели,

значимость выполненной работы, предложения по практическому использованию результатов, возможное дальнейшее продолжение работы.

4.2.4. Список литературы. Имеются в виду те источники информации, которые имеют прямое отношение к работе и использованы в ней. При этом в самом тексте работы должны быть обозначены номера источников информации, под которыми они находятся в списке литературы, и на которые ссылается автор. Эти номера в тексте работы заключаются в квадратные скобки, рядом через запятую указываются страницы, которые использовались как источник информации, например: [1, с.18]. В списке литературы эти квадратные скобки не ставятся. Оформляется список использованной литературы со всеми выходными данными. Он оформляется по алфавиту и имеет сквозную нумерацию арабскими цифрами.

4.2.5. Приложения (карты, схемы, графики, диаграммы, рисунки, фото и т.д.).

Для иллюстраций могут быть отведены отдельные страницы. В этом случае они (иллюстрации) оформляются как приложение и выполняются на отдельных страницах. Нумерация приложений производится в правом верхнем углу арабскими цифрами без знака «№».

### **5. Рецензия учителя на реферат.**

Рецензия может содержать информацию руководителя об актуальности данной работы, изученной литературе, проведенной работе учащегося при подготовке реферата, периоде работы, результате работы и его значимости, качествах, проявленных автором реферата. Рецензия подписывается учителем с указанием его специализации, места работы.

### **6. Требования к защите реферата.**

6.1. Реферат действителен только с рецензией учителя.

6.3. Защита продолжается в течение 10 минут по плану:

- актуальность темы, обоснование выбора темы;
- краткая характеристика изученной литературы и краткое содержание реферата;
- выводы по теме реферата с изложением своей точки зрения.

6.4. Автору реферата по окончании представления реферата экзаменаторами могут быть заданы вопросы по теме реферата.

Образец титульного листа (Приложение 1)





## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Русский язык и культура речи» формируются умения и знания:

- У1. Осуществлять речевой самоконтроль; оценивать устные и письменные высказывания с точки зрения языкового оформления, эффективности достижения поставленных коммуникативных задач.
- У2. Анализировать языковые единицы с точки зрения правильности, точности и уместности их употребления.
- У3. Проводить лингвистический анализ текстов различных функциональных стилей и разновидностей языка.
- З1. Связь языка и истории, культуры русского и других народов.
- З2. Смысл понятий: речевая ситуация и ее компоненты, литературный язык, языковая норма, культура речи.
- З3. Основные единицы и уровни языка, их признаки и взаимосвязь;
- З4. Орфоэпические, лексические, грамматические орфографические и пунктуационные нормы современного русского литературного языка, нормы речевого поведения в социально-культурной, учебно-научной, официально-деловой сферах общения.

В каждой самостоятельной работе студенты учатся определять возможность и способ решения конкретной задачи, правильно выделять этапы и выбирать инструменты для вычисления конечного результата, использовать программные средства для принятия профессиональных решений. Данные самостоятельные работы развивают навыки логического мышления и самообразования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

- Голуб.И.Б. Русский язык и культура речи./Голуб И.Б. – Москва: Логос, 2011- 342 стр.
- Введенская Л.А., Черкасова М.Н. Русский язык и культура речи.
- Введенская Л.А. – Ростов–на–Дону.: Феникс, 2007. – 382 с.

### Дополнительная

- Ожегов С.И. Словарь русского языка. / С.И. Ожегов. – М.: «АТЕМП», 2004. – 944с.
- Резниченко И.Л. Словарь ударений русского языка / И.Л. Резниченко. – М. : АСТ – ПРЕСС КНИГА, 2008. – 944 с.
- Розенталь Д.Э.Справочник по орфографии и пунктуации. / Д.Э. Розенталь. – М.: Айрис-пресс, 2008. – 832 с.
- Большой словарь иностранных слов / сост. А.Ю. Московик. – М.: ЗАО Центрполиграф, 2007. – 816 с.

Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Самарской области  
«Чапаевский химико-технологический техникум»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Директора ГБПОУ «ЧХТТ»

\_\_\_\_\_ Е.В. Первухина

«12» января 2016 г.

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

по выполнению самостоятельной работы студентов

учебная дисциплина:

**«ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»**

для студентов по специальности: 151031 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного  
оборудования в химической промышленности

СОГЛАСОВАНО:  
Предметно- цикловой комиссией  
механических дисциплин  
Председатель \_\_\_\_\_ Карпова Л.И.  
Протокол № 6 от «11» января 2016г.

Составитель: В.Л. Велигорская., преподаватель ГБПОУ «ЧХТТ»

**Эксперты:**

Внутренняя экспертиза

Техническая экспертиза: Л.И. Карпова, преподаватель ГБПОУ «ЧХТТ»

Внешняя экспертиза:

Содержательная экспертиза: Н.Ф. Новикова, старший методист ГБПОУ «ЧХТТ»

В учебно – методическом пособии представлены различные способы самостоятельной работы студентов, позволяющие не только организовать ее, но и более эффективно работать с учебной и научной литературой, критически осмысливать прочитанный и изученный материал. В пособии также приведены конкретные примеры использования некоторых способов организации самостоятельной работы. В пособии также предложены методические рекомендации по самостоятельной работе.

Предназначено для студентов, преподавателей, методистов, слушателей курсов повышения квалификации.

## Оглавление

Введение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1. Основные мотивы самостоятельной работы студентов .....	8
2. Способы самостоятельной работы при чтении учебной и научной литературы .....	8
3. Формы ведения записей .....	13
4. Некоторые приемы критического мышления при работе .....	18
с учебной и научной книгой .....	18
5. Как слушать и конспектировать лекции .....	19
6. Некоторые приемы критического мышления, используемые при конспектировании лекций и самостоятельной работы над ними.....	21
7. Использование компьютера в процессе самостоятельной работы студентов.....	24
8. Подготовка к экзаменам.....	28
9. Портфолио.....	29
Тезаурус.....	31
Рекомендуемая литература .....	32

## Введение

Основная задача любого образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Решение этой задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Для решения этой задачи в учебные планы всех специальностей включена самостоятельная работа, составляющая 50% учебного времени студента.

В связи с этим, студенту из пассивного потребителя знаний необходимо превратиться в активного их творца, умеющего сформулировать проблему, проанализировать пути ее решения, найти оптимальный результат и доказать его правильность. Происходящая в настоящее время реформа высшего образования связана по своей сути с переходом парадигмы обучения к парадигме образования. В этом плане следует признать, что самостоятельная работа студентов является не просто важной формой образовательного процесса, а должна стать его основой. Это предполагает ориентацию на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей студентов, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей личности.

В широком смысле под самостоятельной работой студентов следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении лабораторных работ.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Следует с первых дней обучения в вузе приучать себя к целесообразному распределению занятий по месяцам и неделям семестра. При этом очень важна равномерная работа как основное условие успешных занятий в вузе.

Высшей ступенью обучения является приобретение навыков самостоятельной творческой работы, а творческому применению знаний нужно учиться параллельно с их приобретением.

Своеобразной формой организации обучения является внеаудиторные самостоятельные работы студентов. Они представляют собой логическое продолжение аудиторных занятий, проводятся по заданию преподавателя, который инструктирует студентов и устанавливает сроки выполнения задания. Затраты времени на выполнение этой работы регламентируется рабочим учебным планом. Режим работы выбирает сам обучающийся в зависимости от своих способностей и конкретных условий.

Дидактические цели самостоятельных внеаудиторных занятий:

1. закрепление, углубление, расширение и систематизация занятий;
2. формирование профессиональных умений и навыков;
3. формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
4. мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению специальности;
5. развитие самостоятельности мышления;
6. формирование уверенности в своих силах, волевых черт характера, способности к самоорганизации;

7. овладение технологическим учебным инструментом.

Контроль и оценка выполненной внеаудиторной работы осуществляется преподавателем в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

### **1. Организация самостоятельной работы**

Основная цель организации самостоятельной работы студентов – освоение в полном объеме основной образовательной программы и последовательная выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной деятельности, подготовка к семинарам, практическим работам, курсовым проектам и дипломным работам.

Самостоятельная работа студентов включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, к семинарам, практическим работам и др.)
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с календарно-тематическим планом.

### **2. Рекомендации по работе с методическим пособием.**

- а. Ознакомиться с учебно-методическим пособием по выполнению самостоятельной работы студента.
- б. Ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы по изучаемой теме.
- в. Выбрать тему в соответствии с заданием.
- г. Написать цель в соответствии с заданием, по данной теме.
- д. Выполнить задания по данной теме.
- е. Оформить работу в соответствии с заданием.
- ж. Сдать самостоятельную работу преподавателю.

### **3. Как оформлять реферат.**

1. Определите цель написания реферата в соответствии с поставленной темой.
2. Составьте его план.
3. При чтении литературы выделите основные идеи и положения доказательства, аргументы и выводы, чтобы затем сосредоточить на них внимание.
4. Классифицируйте выписки, сделанные при чтении рассматриваемых источников.
5. Проанализируйте собранный материал, подумайте и сделайте обобщенные выводы.
6. Оформите реферат.

### **4. План реферата.**

1. Вводная часть. Обоснование выбора темы:

- ее актуальность, связь с настоящим, значимость в будущем;
- новые, современные подходы к решению проблемы;
- наличие противоречивых точек зрения на проблему в науке и желание в них разобраться;
- противоположность бытовых представлений и научных данных

- о заинтересовавшем факте истории;
  - личные мотивы и обстоятельства возникновения интереса к данной теме.
2. Основная часть:
- суть проблемы или изложение объективных исторических сведений по теме реферата;
  - критический обзор источников;
  - собственные сведения, версии, оценки.
3. Заключение:
- основные выводы;
  - результаты и личная значимость проделанной работы;
  - перспективы продолжения работы над темой.

## **5. Оформление списка используемой литературы.**

Ф. И. О. автора. Название книги. Место издания. Издательство. Год издания.

## **6. Оформление титульного листа.**

1. Название среднего учебного заведения.
2. Тема реферата.
3. Фамилия, имя автора.
4. Группа.
5. Ф.И.О. преподавателя, руководителя осуществляющего научное руководство.
6. Год написания реферата.

## **7. Модели защиты реферата.**

I. «Классическая». Устное выступление студента сосредоточено на принципиальных вопросах:

- 1) тема исследования и ее актуальность;
- 2) круг использованных источников и основные научные подходы к проблеме;
- 3) новизна работы (изучение малоизвестных источников, выдвижение новой версии, новые подходы к решению проблемы и т. д.);
- 4) основные выводы по содержанию реферата.

II. «Индивидуальная». Студент раскрывает личностные аспекты работы над рефератом:

- 1) обоснование выбора темы реферата;
- 2) способы работы над рефератом;
- 3) оригинальные находки, собственные суждения, интересные моменты;
- 4) личная значимость проделанной работы;
- 5) перспективы продолжения исследования.

III. «Творческая» защита предполагает:

- 1) оформление стенда с документальными и иллюстративными материалами по теме исследования, их комментариев;
- 2) демонстрацию слайдов, видеозаписей, прослушивание аудиозаписей, подготовленных в процессе реферирования;



3) яркое, оригинальное представление фрагмента основной части реферата и др.

К указанным в рецензии критериям оценки реферата на его защите добавляются:

- умение ясно выражать свои мысли в устной форме;
- умение четко, по существу отвечать на вопросы по теме исследования, делать корректные и взвешенные умозаключения.

#### **8. Критерии оценки выполненной студентами работы.**

Основными требованиями к выбираемому методу контроля для оценки внеаудиторной работы являются: объективность, всесторонность, учет специфики учебной дисциплины, гласность (сообщение отметки и оценочного суждения).

Для проверки уровня усвоения знаний и умений студентов используется такие методы как: опрос, тестовые задания, сочинение, доклад, реферат, контрольная работа, защита творческого проекта, графические методы контроля и многие другие.

Например:

<b>Критерии оценки КРОССВОРДА</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Вы правильно разгадали кроссворд. Работа оформлена чисто, без исправлений - 5(отлично).</li><li>• Вы не смогли отгадать 2-3 определения. Работа оформлена аккуратно -4 (хорошо).</li><li>• Половина заданий у Вас вызвала затруднения - 3 (удовлетворительно)</li></ul>

Формой учета внеаудиторной работы студента является отметка с обязательным оценочным суждением преподавателя (группы студентов) или сумма баллов, набранных студентом в процессе выполнения задания.

#### **9. Критерии оценки тестовых заданий.**

Ответы студентов верные:

до 49% - оценка «2»

50 – 69% - оценка «3»

70 – 89% - оценка «4»

90 – 100% - оценка «5»

#### **10. Критерии оценки выполнения практической работы.**

• Вы правильно выполнили все (100%) задания. Работа оформлена чисто, без исправлений - 5(отлично).

• Вы смогли выполнить (80 %) . Работа оформлена аккуратно - 4 (хорошо).

• Вы смогли выполнить (70 %) . Работа оформлена аккуратно - 3 (удовлетворительно).

• Половина заданий не выполнено (50%) или у Вас вызвала затруднения - 2 (неудовлетворитель)

## 1. Основные мотивы самостоятельной работы студентов

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор – подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности. Среди внутренних факторов, способствующих активизации самостоятельной работы выделяют следующие:

1. *Полезность* выполняемой работ заключается в том, что результаты самостоятельной работы могут быть использованы на семинарских и практических занятиях, лабораторном практикуме, при подготовке публикации. Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин гуманитарного и социально-экономического, естественно-научного и общепрофессионального циклов дисциплин, которые затем войдут в его выпускную квалификационную работу.
2. *Творческая деятельность*. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на той или иной кафедре.
3. *Участие* в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсам научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.
4. *Участие* в научно – практических конференциях.
5. *Подготовка публикаций* для сборников тезисов и докладов научно-практических конференций, журналов, учебных пособий и т.д.
6. *Участие в грантовых конкурсах*.

## 2. Способы самостоятельной работы при чтении учебной и научной литературы

При остром недостатке времени у студентов встает вопрос об оптимизации обучения, то есть такой организации учебного процесса, которая обеспечила бы условия для продуктивного самообучения и самовоспитания. Важнейшую роль здесь играет овладение способами самостоятельной работы. Речь идет о том, что чтобы прежде всего научиться рациональному использованию времени при работе с книгой.

В этом особенно нуждаются первокурсники, которые еще недостаточно владеют навыками умственной деятельности, обеспечивающей успешное обучение.

Начинать самостоятельные занятия следует с первых же дней учебы в вузе. Первые дни семестра важны, чтобы включиться в работу, установить определенный равномерный ритм на весь семестр. Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься самостоятельно по 4-5 часов ежедневно, кроме выходных дней.

Под ритмом работы понимают ежедневные занятия в одни и те же часы, при чередовании их с перерывами для отдыха. Вначале для организации ритмичной работы требуется сознательное напряжение воли, затем принуждение снимается, возникает привычка и работа становится потребностью.

Ритмичная работа позволяет студенту заниматься много, не уставая, не снижая производительности и не перегружая себя. Для этого необходимо:

- Сменять один вид работы другим, что позволяет сохранять высокую работоспособность, поскольку при однообразных видах занятий человек утомляется больше, чем при работе разного характера.

- Заниматься несколькими предметами в один и тот же день не всегда целесообразно, поскольку при каждом переходе нужно вновь концентрировать внимание и затрачивать время.
- Умение сосредотачиваться – необходимое условие для умственного труда, иначе работа оказывается малопродуктивной и даже бесполезной.
- Начинать занятия немедленно, как только сел за стол. Следует начинать с уверенностью, что вскоре придет сосредоточенное состояние, но если внимание наступает не сразу или нарушается на время, нужно выяснить и устранить причины этого.
- Нужно научиться не прерывать внимания, пока читаемое не получит логического завершения, пока не будет пройден какой либо этап. Нередко внимание отвлекается посторонними мыслями, которые во время занятий следует решительно отгонять. Перерыв в занятиях следует приурочить к концу изучения параграфа, раздела или главы книги, та как в этом случае не будет потери времени при возобновлении работы. Умение сосредоточиться, углубиться в работу приобретается в результате практики, создающей определенные навыки.
- Повысить производительность умственного труда может порядок на рабочем месте и обстановка, благоприятствующая работе.

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в **изучении литературы**. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Поэтому надо научиться делать эту работу рационально, то есть необходимо учиться читать.

### **Как работать с учебной и научной книгой**

Методы эффективной работы с книгой в целях развития интеллекта можно условно разделить на две группы:

1. Правильная организация процесса чтения
2. Повышение скорости чтения и восприятия.

В комплексе оба метода могут в 2-3 раза сократить время прочтения различных материалов.

При чтении текста мозг формирует «свою трактовку содержания» прочитанного. Происходит перекодирование сообщения на языке собственных мыслей читателя. Мозг выделяет «ядерное», сущностное значение из текста. Эффективность такой перекодировки зависит от осмысления и внимательности чтения.

Как показали эксперименты, знание и умелое применение некоторых упражнений дают возможность извлекать «ядерное» значение в тексте быстро и надежно. Эти упражнения основаны на использовании дифференциального алгоритма чтения. Центральное место в этом алгоритме занимает «блок доминанта». Это слово в переводе с латинского языка означает «господствующий, основной, главный». Что же такое доминанта применительно к тексту?

*Доминанта* – главная смысловая часть текста. Она выражается своими словами, на языке собственных мыслей, является результатом переработки текста, его осмысления в соответствии с индивидуальными особенностями читателя, выявления основного замысла автора.

Дифференциальный алгоритм чтения в соответствии с блоками позволяет реализовать логико-семантический анализ текста: вначале выделить ключевые слова, затем построить смысловые ряды и, наконец, выделив цепь знаний, сформулировать доминанту. Именно так и только так (по О.А. Андрееву) можно увидеть главное, действительно, проникнуть в суть вещей, явлений, излагаемых автором.

Возможны три основных способа чтения.

- Первый способ – артикуляция или проговаривание вслух (или почти вслух) того, что читаешь. Скорость такого чтения невелика.
- Второй способ – чтение про себя, при котором речевой процесс проявлен в форме внутренней речи, то есть без открытой артикуляции. Текст, при этом усваивается более эффективно. Способ в принципе допускает быстрое чтение.
- Третий, наиболее совершенный способ чтения – тоже молча, но в условиях максимального сжатия внутренней речи, при котором она проявляется в виде коротких залпов ключевых слов и смысловых рядов, адекватно отражающих смысл текста.

Итак, артикуляция замедляет процесс чтения и от нее необходимо избавиться. Однако не приведет ли сокращение артикуляции при повышении скорости чтения к снижению качества восприятия и осмысления полученной информации?

Как показали исследования психологов, иногда при чтении слова могут быть заменены наглядными представлениями, пространственными схемами. Целые группы слов – одним словом.

Быстро читающие люди обладают способностью, не проговаривая читаемый текст, сразу улавливать и фиксировать замысел автора, а затем усваивать его на уровне внутренней речи. В этом случае, несмотря на высокую скорость чтения, происходит глубокое понимание и усвоение прочитанного, так как основная идея понятна с самого начала. Задачу научиться такому чтению можно решать в два этапа. Первый предполагает сокращение артикуляции, если она ярко выражена, второй – овладение приемами чтения, при которых текст воспринимается крупными информационными блоками.

Как известно, людей по способу восприятия и переработки информации делят на три типа: зрительный, слуховой и кинестетический. Люди зрительного типа при чтении используют код наглядных образов, тогда как люди слухового типа применяют менее производительный код речедвижений. Наблюдения за людьми, читающими быстро, показывают, что они, как правило, относятся к зрительному типу. Вот пример, как описывает О.Бальзак процесс быстрого чтения: «Впитывание мысли в процессе чтения достигло у него способности феноменальной. Взгляд его охватывал семь – восемь строчек сразу, и разум постигал смысл со скоростью, соответствующей скорости глаз. Часто единственное слово позволяло ему усвоить смысл целой фразы».

Направленным обучением можно практически любого здорового человека научить в процессе чтения использовать код наглядных зрительных образов при соответствующем сокращении артикуляции.

С опорой на работу Л.Г. Одинцова «Как научиться хорошо учиться» (М., 1996) приводим следующие рекомендации по работе с книгой.

- В тексте всегда есть элементы, нахождение и использование которых позволяет извлечь требуемую информацию наиболее быстро. Например, при чтении учебника в первую очередь отыскивается наиболее важная информация данной главы, параграфа, а она часто следует после слов: в итоге, в результате, выводы и т.д.
- Попробуйте в процессе чтения мысленно заглянуть вперед, представить себе, о чем будет идти речь, к какому выводу придет автор, как далее будет строиться изложение и т.д. например, если описывается одна сторона явления, то, очевидно, далее будет описана и другая и т.д. Это позволяет предварительно подготовиться к последующей информации.
- Хорошим упражнением по развитию навыков «предвидения» является остановка чтения в момент, когда, по вашему мнению, заканчивается какая-то часть текста. Попробуйте предугадать содержание следующей части.
- До начала чтения текста важно собрать о нем как можно больше информации, чтобы точнее представить, что можно получить из данного текста и как лучше

работать с ним. Это помогут сделать название, автор, издательство, аннотация, оглавление, предисловие и заключение. Предварительное ознакомление с книгой перед настоящим чтением позволяет сберечь время и труд.

Как правило, предисловие пишется крупным специалистом в данной области, и поэтому излагаемая проблема показывается как бы целиком, в общем плане, без подробностей. А это позволяет лучше сориентироваться, начинать чтение, зная основную цель автора.

- Перед углубленным чтением любого текста (статьи, книги, конспекта, лекции перед экзаменом) сначала бегло просмотрите его целиком. При этом постарайтесь выявить основные стержневые идеи, наиболее крупные части и логику их изложения. Лишь после такого просмотра переходите к более детальному чтению.
- Перед чтением статьи или параграфа учебника попробуйте проделать следующее: прочитайте внимательно первый абзац, потом бегло просмотрите первые или последние фразы следующих абзацев (в них обычно содержится основная информация), обратите внимание на курсивы, разрядки, подзаголовочный текст и, наконец, внимательно прочтите один-два последних абзаца; постарайтесь выявить основное направление текста и его построение.
- Прочитав в тексте интересную идею, полезно остановить свое внимание на ней, прислушаться к тем мыслям, которые она у вас вызвала, подумать о тех последствиях, которые из нее вытекают, попытаться развивать ее дальше.
- Существенно замедляют чтение регрессии – частые возвратные движения глаз, многократное повторное прочитывание материала. Возвратиться к уже прочитанному, но недостаточно хорошо понятому участку лучше всего, когда прочитан законченный смысловой фрагмент текста и сделана хотя бы попытка его осмысления, а не в процессе чтения предложения.
- Любой текст не однороден по своей информационной насыщенности. В некоторых предложениях, абзацах сконцентрировано очень много информации, например, формулируются основные положения, ведущие идеи и т.д., а другие служат лишь иллюстрацией, фоном. Таким образом, текст имеет «смысловый рельеф». Чем точнее читатель умеет определить степень важности каждого отрезка текста и приспособить к «смысловому барьеру» способ своего чтения (то есть замедлить и углубить в более важных местах и ускорять в менее важных), тем продуктивнее чтение. Постарайтесь гибко варьировать способ работы с текстом в соответствии с его «смысловым барьером».
- Чтобы чтение было эффективным, попробуйте по прочитанному всегда отвечать на 6 вопросов: *«Кто делает? Что делает? Когда? Почему? Где? Как?»*

Освойте технику быстрого чтения по специальной методике, например по книге О.А. Андреева, Л.Н. Хромова. *Учитесь быстро читать* (М., 1991).

Большое значение при чтении учебной и научной литературы имеет умение запоминать прочитанный материал, а для этого необходимо тренировать память. Существуют приемы, позволяющие тренировать память, которыми необходимо овладеть, что позволит повысить эффективность работы с учебной и научной литературой.

**Тренировка памяти.** В учебной деятельности важно не только, и не столько быстро читать, но и усваивать материал, сохранять в памяти. Память прекрасно тренируема и управляема. Однако прежде чем ее развивать, подумайте, какая именно память вам нужна: на идеи, на логику изложения материала, на схемы и формулы. Это разные виды памяти и развивать их надо по-разному.

Наблюдая за собой, выясните, как вам легче запомнить информацию – если вы ее видите, слышите или записываете. В дальнейшем постарайтесь так организовать работу, чтобы максимально использовать ведущий тип своей памяти.

Если у вас хорошая **зрительная память**, то хорошо запоминаются рисунки, расположение информации на странице, цвет и т.д. помогите себе, выделяя цветными карандашами отдельные места конспекта, обводя рамками, делая значки, пометки на полях, представляя зрительно отдельные аспекты текста.

При хорошей **слуховой памяти** лучше запоминается звучащая речь. Используйте эту особенность, выделяя интонацией, тембром голоса отдельные места текста, слушая его в записи на магнитофоне, рассуждая в слух и т.д.

В случае **памяти на движение** помогает повторная сокращенная запись запоминаемого материала, например выводов, основных положений текста, рисование таблиц, графиков, схем, а при выполнении лабораторных работ лучше все потрогать и проделать самому.

Наряду с использованием ведущего типа памяти, специально позаботьтесь и о развитии отстающих, так как при многих видах профессиональной деятельности они также могут потребоваться.

Использование приемов логического, осмысленного запоминания в несколько раз повышает продуктивность деятельности. Например, при запоминании лекции, глав учебников особенно действенным является основные аспекты содержания, но и запомнить логику – целесообразную связь отдельных частей материала.

Постарайтесь с первого курса развивать память на то, что непосредственно касается вашей будущей профессии. Это и основной круг идей данной отрасли знаний, и методы, и наиболее интересные факты, и фамилии ведущих специалистов области и т.д. при этом лучше не ждать, что запомнится само, а специально стараться запомнить нужное.

Вообще установка на запоминание, особенно длительное, положительно сказывается на прочности и точности сохранения материала в памяти. Прикажите себе запомнить надолго, а не так как нерадивый студент, спешно «набивающий» себе голову информацией непосредственно перед экзаменом с единственной целью – удержать выученное на один – два дня.

Любая информация запоминается лучше, если в ней намечены какие-то спорные моменты – ориентиры. И как по камушкам переходят реку, так и по этим ориентирам потом легче воспроизвести содержание. При запоминании текста выделяйте «смысловые опорные пункты», которые легко запоминаются, но с которыми тесно связаны целые фрагменты материала. Это может быть крылатая фраза, яркая цитата, пример, идея и т.д.

Материал запоминается произвольно, то есть легко и без затраты специальных усилий, если он является целью какой-либо поисковой деятельности. Например, если вы задались вопросом и нашли ответ на то, что долго искали, или нашли подтверждение гипотезы, которую вы сами выдвинули, то это запоминается само собой. Отсюда вывод – организуйте свою деятельность так, чтобы предмет запоминался, являлся целью этой деятельности. Например, ищите, выделяйте в тексте наиболее важные его положения – и они запомнятся, делите текст на части, анализируйте связи между ними – и запомнится логика текста.

При повторении курса лекций, запоминая материал по отдельным темам или даже вопросам, не забывайте повторить связь между ними. Именно тогда в голове укладывается система знаний, которая гораздо эффективнее, чем разрозненные обрывки.

В процессе развития памяти старайтесь не использовать стихийно сложившиеся мнения, механическое зазубривание, а применяйте научно обоснованные методы сознательной и рациональной организации развития памяти и поиск новых приемов.

Предпосылкой хорошей памяти являются осознание человеком своей деятельности и разграничение информации на ту, которая решающим образом помогает скорейшему достижению своих целей, и на менее существенную информацию. Начинайте любое дело с четкой и ясной формулировки его цели; определите, какая информация может оказать решающее воздействие на ее достижение, и сконцентрируйтесь на ней.

Прочному запоминанию способствует многомодельность восприятия, то есть запоминаемый текст читается, проговаривается и прослушивается. Везде, где это возможно, постарайтесь использовать три приема (слух, зрение и чувства) обработки запоминаемой информации сразу несколько органов чувств.

Не очень осмысленную вами информацию, которую, тем не менее, надо запомнить, можно удержать с помощью ассоциативных приемов мнемотехники, суть которых в том, что новое связывается с известным не прямо, а через цепочку дополнительных промежуточных ассоциаций (помните цвета спектра – «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан»). Везде, где трудно запомнить прямо, найдите дополнительный связующий мостик. Такими «связующими» мостиками являются буквальные «узелки» на память, завязываемые многими на носовом платке. В течение дня человек неизбежно пользуется носовым платком, а там – узелок, «напоминающий», что нужно не забыть сделать определенное дело.

Память будет работать прекрасно, если наряду с имеющимися приемами вы будете придумывать все новые, адекватные различным видам информации. Если такая работа привычна для вас, то с каждым годом память будет становиться все более мощной и продуктивной.

### 3. Формы ведения записей

Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько **форм записей**, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть удобными и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

*Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование, реферирование.*

**1. План** - наиболее краткая формой записи.. Это перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. План обычно раскрывает структуру произведения, логику автора, способствует лучшей ориентации в содержании.

Так, составленным планом можно воспользоваться, чтобы вспомнить прочитанное или быстро отыскать в книге нужное место. Представление об основных пунктах плана дает оглавление книги, поэтому во многих случаях наименования глав и разделов можно использовать в качестве пунктов. Составление плана приучает логически мыслить, вырабатывать умение сжато и последовательно излагать суть вопроса в письменной и устной форме.

Существует два способа составления плана: работа над ним по ходу чтения и составление плана после ознакомления с произведением. При этом план получается более последовательным и стройным.

Трудность составления плана состоит в том, что надо выяснить для себя, прежде всего, построение изучаемого текста, ход мыслей автора и лишь затем изложить содержание работы кратко и ясно. При всей своей краткости план дает представление о содержании прочитанного. Следует учесть, что форма плана не исключает цитирования отдельных мест и обобщений. Различают простой и развернутый план. В отличие от простого плана развернутый план не только содержит перечисление вопросов, но и раскрывает основные идеи произведения, может включать выдержки из него, схемы, таблицы. Планом, особенно развернутым, необходимо пользоваться при написании выступления или статьи.

В целом развернутый план дает гораздо большее представление о произведении, его основных идеях, задачах, которые в нем решаются. Он может включать положения, замечания, собственные мысли студента.

Важно знать, что составление планов помогает вырабатывать способность к отвлеченному, абстрактному мышлению, но наибольшую пользу составление плана даст подготовленным лицам, которые бывают достаточно лишь взглянуть на перечень основных вопросов, чтобы воспроизвести содержание прочитанного.

**2. Тезисы** – более сложная и совершенная форма записи, чем составление плана.

Это сжатое изложение основных мыслей прочитанного произведения или подготовляемого выступления. Особенностью тезисов является их утвердительный характер.

В них сосредотачивается самое главное, только выводы и обобщения, в них меньше доказательств, иллюстрации и пояснений. Тезисы не должны повторять дословно текст, но в ряде мест могут быть близки к нему, воспроизводя некоторые характерные выражения автора, важные для понимания хода его мыслей. Составление тезисов помогает глубже понять основные идеи произведения, выделить главное в нем; приучают сжато, точно и четко сформулировать свои мысли, повышает культуру речи и письма. При составлении тезисов учитывают следующее. Прежде всего, если произведение небольшое, необходимо внимательно изучать его в целом, если большое – изучать по главам и разделам. Затем, когда будут ясны основные идеи, кратко и последовательно излагать их в виде пунктов.

Различают простые и сложные, развернутые тезисы. Если записывают только утверждение чего – либо, такой тезис называют простым, а сложным тезисом будет выражение главной мысли, содержащее, кроме утверждения, еще и краткое ее доказательство.

Часто тезисы формулируются самим автором как выводы и обобщения в заключении книги или разделах книги. Нередко тезисы выделяются в тексте другим шрифтом.

Рекомендуется делать тезисные записи своими словами, причем можно записывать один абзац за другим, учитывая смысловую связь между ними. Но в большинстве случаев следует составлять сводный тезис, сложный по форме. При этом объединяется несколько утверждений, тесно связанных между собой.

Тезисы по содержанию очень близки к **конспекту**, но конспект носит более описательный характер, и его положения не столь категоричны, как в тезисах. Кроме того, конспект представляет собой более полную форму записи.

Следует отметить, что различие между формами записей условно, но в любой форме запись – важнейшая часть самостоятельной работы с книгой.

**3. Выписки.** Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить



материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата, выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Выписывать текст можно и по ходу чтения и после его завершения. В последнем случае надо замечать места, которые потом будут выписаны. Необходимо каждую выписку снабжать ссылкой на источник с указанием соответствующей страницы. Это нужно, чтобы в последствии можно было быстро найти в книге соответствующее место. Целесообразно выписывать из текста только такие места, в которых содержится самое главное, суть вопроса. Выписки должны быть ориентированы на изучение произведения в целом, а не отдельных мест, поскольку положения, вырванные из общего контакта, понимаются нередко совсем не так, как этого хотел автор. Иначе говоря, отдельно взятые, лишенные пояснений выдержки могут быть не поняты или поняты неправильно.

Выписки бывают дословные (цитаты) и «свободные», когда мысли автора излагаются своими словами. Следует учесть, что большие отрывки, которые трудно цитировать, целесообразнее в краткой форме переложить своими словами, но «яркие» и важные места лучше выписывать дословно. Каждую цитату следует заключать в кавычки. Если ее берут из середины предложения, то после вводных кавычек ставят три точки. Ставят их и в конце цитаты, если из предложения опущены последние слова.

Следует знать, что какого-либо единого метода выписок, годного для всех случаев, не существует, поскольку у каждого человека свои особенности мышления и восприятия, свой подход к теме. Все это влияет на содержание и характер выписок.

Выписки рекомендуется хранить в картотеке, конвертах или папках, на которых следует обозначить общую тему.

**4. Аннотация** – еще одна форма записи, являющаяся кратким обобщением содержания книги. Ею удобно пользоваться, если имеется намерение вернуться к изучаемому произведению. Аннотация может быть необходима и для того, чтобы не забыть о нем.

Для составления аннотации надо сначала полностью прочитать и глубоко продумать произведение. При всей своей краткости аннотация может содержать отдельные фрагменты авторского текста, а не только оценку книги или статьи.

**5. Резюме** очень близко к аннотации. Это запись, являющаяся краткой оценкой прочитанного материала. Различие между ними состоит в том, что аннотация сжато характеризует произведение в целом, а резюме концентрирует внимание на его выводах, главных итогах.

**6. Конспект** – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspicere», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – неперемutable правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется

четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В **текстуальном конспекте** сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из другими источниками.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению **тематического конспекта** предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или

выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

Следующим методом самостоятельной работы с книгой является **реферирование** на определенную тему. Слово реферат употребляется в двух различных значениях:

1. Краткое изложение содержания книги, научной работы;
2. Доклад за заданную тему на основе критического образа литературных источников.

**7. Реферат** – это один из самых сложных видов самостоятельной работы с книгой, а для этого следует овладеть более простыми приемами работы – разработкой плана, составлением тезисов и конспектов. Подготовка реферата и выступление с его изложением углубляет знания, расширяет кругозор, приучает логически, творчески мыслить, развивать культуру речи.

При просмотре литературы намечается ориентировочный план реферата, в который включается обычно 3-4 основных вопроса или раздела. Каждом из разделов формулируются подвопросы, помогающие последовательно раскрыть содержание проблемы.

В процессе изучения материала формулировки подвопросов и разделов обычно уточняются. При реферировании следует делать выписки, записывать мысли, возникающие при чтении; следует также точно записывать и определения тех понятий, которые будут использованы в реферате. Из прочитанной литературы нужно заимствовать не буквальный текст, а важнейшие мысли, идеи, теоретические положения; можно цитировать небольшие отрывки, приводить диаграммы, схемы, чертежи, но главное – высказывать собственные соображения по вопросам реферата. Приведенные выше советы следует рассматривать как примерные, предполагающие и другие подходы, поскольку у каждого человека вырабатываются свои приемы и навыки составления рефератов. Большую помощь в работе над рефератом оказывают предисловия к монографиям и сборникам. В них можно найти сведения о цели издания, а также о существующих пробелах в исследовании.

При разработке плана реферата важно учитывать, чтобы каждый его пункт раскрывал одну из сторон избранной темы, а все пункты в совокупности охватывали тему целиком. Различают несколько композиционных решений реферата: во-первых, хронологическое, когда тема раскрывается в исторической последовательности; во-вторых, описательное, при котором тема расчленяется на составные части, в целом раскрывающие определенное явление; в-третьих, аналитическое, когда тема исследуется в ее причинно-следственных связях и взаимозависимых проблемах. Важно следить за тем, чтобы каждый пункт плана был соотнесен с главной темой и не содержал повторения в других пунктах. Важными разделами реферата является вступление и заключение. Во вступлении надо обосновать актуальность темы, обозначить круг составляющих ее проблем, четко и кратко определить задачу своей работы. В заключении делаются краткие выводы, подводятся итоги. В конце реферата должен быть приложен список литературы.

В отличие от тематического конспекта реферат требует большей творческой активности, самостоятельности в обобщении изученной литературы, умения логически стройно изложить материал, оценить различные точки зрения на исследуемую проблему и высказать о ней собственное мнение. В реферате важно связать теоретические положения с практикой.

Итак, реферат – это самостоятельное произведение автора, которое должно свидетельствовать о знании литературы по данной теме, ее основной проблематике, отражать точку зрения автора реферата на эту проблематику, его умение осмысливать явления жизни на основе теоретических знаний.

При оценке реферата обычно руководствуются следующими критериями:

1. Удалось ли его автору раскрыть сущность данной проблемы;

2. Сумел ли автор показать связь рассматриваемой проблемы с жизнью;
3. Проявил ли автор самостоятельность и творческий подход в изложении реферата;
4. Можно ли считать реферат логически стройным и т.д.

#### **4. Некоторые приемы критического мышления при работе с учебной и научной книгой**

##### **Стратегия ИДЕАЛ**

Стратегия Идеал подразумевает формирование умения решать проблемы. Разработчики данной стратегии отмечают, что умение решить проблему – это умение увидеть ее, проанализировать с разных точек зрения, выделить ее аспекты, рассмотреть проблему в целом, оценить различные варианты решения (как собственные, так и чужие), выбрать наиболее оптимальный способ. Решить проблему легче, если она реальна, то есть соотноситься с собственными жизненным опытом.

Ситуации, когда необходимо рассматривать реальные проблемы, достаточно часты. Эти проблемы могут относиться:

1. К изучению публицистических текстов (например, газетные и журнальные статьи, посвященные проблемам тех или иных предприятий, экономическим, экологическим, социальным, юридическим и другим проблемам).
2. К анализу ситуаций (педагогических – выбор стратегии обучения в реальной ситуации во время практики).
3. К проведению деловых игр ( моделирующих реальные проблемы).

Джемс Брэнсфорд разработал стратегию решения проблем, которая может быть применена для первых типов ситуации, то есть при работе с текстами и при анализе ситуаций. Эта стратегия называется идеал. Ниже мы знакомим читателей с ее модификацией, предложенной Джеймсом и Кэрол Бирс, американскими волонтерами РКМЧП, работавшими в России (данный вариант стратегии представлен С.И. Заир-Беком).

I	И	Идентифицируйте проблему
D	Д	Доберитесь до ее сути
E	Е	Есть варианты решения!
A	А	А теперь – за работу!
L	Л	Логические выводы

##### **Прием «ИНСЕРТ»**

Для стимулирования более внимательного чтения можно использовать прием «ИНСЕРТ»

I	interactive	самоактивизирующая
N	noting	
S	system for	системная разметка для
E	effective	эффективного
R	reading and	чтения
T	thinking	и размышления

«V» - уже знал

«+» - новое

«-» - думал иначе

«?» - не понял, есть вопросы

Правила работы с использованием приема ИНСЕРТ для студентов:

1. Делайте пометки. Мы предлагаем вам два варианта пометок:

А) значки «+» и «V»

Б) значки «+», «V», «-», «?»

2. Ставьте значки по ходу чтения текста.

3. Прочитав текст один раз, вернитесь к своим первоначальным предположениям, вспомните, что вы знали или считаете, что знали по данной теме раньше.

4. Прочтите текст еще раз. Возможно, количество значков увеличится.

## 5. Как слушать и конспектировать лекции

Основы знаний закладываются на лекциях, им принадлежит ведущая роль в учебном процессе. На лекциях дается самое важное, основное в изучаемой дисциплине. Основные задачи, стоящие перед лектором: помочь студентам понять основы и усвоить материал на самой лекции, дать указания на то, что требует наибольшего внимания, учить правильному мышлению и создавать ясное представление о методологии изучаемой науки.

Лекции являются эффективным видом занятий для формирования у студентов способности быстро воспринимать новые факты, идеи, обобщать их, а также самостоятельно мыслить.

Лектор излагает теоретический и практический материал, относящийся к основному курсу. Из большого числа монографий, учебников, сборников лектор выбирает самое главное, помогает усвоить логику рассуждений. Интонацией голоса и манерой изложения лектором подчеркивает наиболее существенное, выделяет главное и второстепенное.

Лектор может приводить наблюдения и факты из своего личного опыта, что придает материалу убедительность, повышает интерес к предмету лекции, способствует его усвоению.

Важно помнить, что лекция – это творческий процесс, в котором участвуют одновременно и лектор, и студенты, поэтому она требует атмосферы сотрудничества и уважительного отношения к труду лектора.

Студенту следует научиться понимать и основную идею лекции, а также, следуя за лектором, участвовать в усвоении новых мыслей. Но для этого надо быть подготовленным к восприятию очередной темы. Время, отведенное на лекцию, можно считать использованным полноценно, если студенты понимают роль лектора, задачи лекции, если работают вместе с лектором, а не бездумно ведут конспект.

Подготовленным можно считать такого студента, который, присутствуя на лекции, усвоил ее содержание, а перед лекцией припомнил материал раздела, излагаемого на ней или просмотрел свой конспект, или учебник.

Перед лекцией необходимо прочитывать конспект предыдущей лекции, а после окончания крупного раздела курса рекомендуется проработать его по конспектам и учебникам.

Для наиболее важных дисциплин, вызывающих наибольшие затруднения, рекомендуется перед каждой лекцией просматривать содержание предстоящей лекции по учебнику с тем, чтобы лучше воспринять материал лекции. В этом случае предмет усваивается настолько, что перед экзаменом остается сделать немного для закрепления знаний.

Важно помнить, что ни одна дисциплина не может быть изучена в необходимом объеме только по конспектам. Для хорошего усвоения курса нужна систематическая работа с учебной и научной литературой, а конспект может лишь облегчить понимание и усвоение материала.

Основная задача при слушании лекции – учиться мыслить, понимать идеи, излагаемые лектором. Большую помощь при этом может оказать конспект. Передача мыслей лектора своими словами помогает сосредоточить внимание, не дает перейти на механическое конспектирование. Механическая запись лекции приносит мало пользы.

Ведение конспекта создает благоприятные условия для запоминания услышанного, т.к. в этом процессе принимают участие слух, зрение и рука. Конспектирование способствует запоминанию только в том случае, если студент понимает излагаемый материал. При механическом ведении конспекта, когда просто записываются слова лектора, присутствие на лекции превращается в бесполезную трату времени.

Некоторые студенты полагают, что при наличии учебных пособий, учебников нет необходимости вести конспект. Такие студенты нередко совершают ошибку, так как не используют конспект как средство, позволяющее активизировать свою работу на лекции или полнее и глубже усвоить ее содержание.

Определенная часть студентов считает, что конспекты лекции могут заменить учебники, поэтому они стремятся к дословной записи лекции и нередко не задумываются над ее содержанием. В результате при разборе учебного материала по механической записи требуется больше труда и времени, чем при понимании и кратком конспектировании лекции.

Конспект ведется в тетради или на отдельных листах. Записи в тетради легче оформить, их удобно брать с собой на лекцию или практические занятия. Рекомендуется в тетради оставлять поля для дополнительных записей, замечаний и пунктов плана. Но конспектирование в тетради имеет и недостаток: в нем мало места для пополнения новыми материалами, выводами и обобщениями. В этом отношении более удобен конспект на отдельных листах (карточках). Из него нетрудно извлечь отдельную необходимую запись, конспект можно быстро пополнить листами, в которых содержатся новые выводы, обобщения, фактические данные. При подготовке выступлений, докладов легко подобрать листки из различных конспектов и свести их вместе. В результате такой работы конспект может стать тематическим.

Но вести конспект на отдельных листках или карточках более трудоемко, чем в тетради. Карточки легко рассыпать и перепутать, приходится обзаводиться ящичками для хранения карточек, возникает необходимость на каждом листке писать его порядковый номер.

Но затрата труда и времени окупается преимуществами конспектирования на карточках перед конспектом в тетради.

Рекомендуется делать такие карточки, которые помещаются в обычный почтовый конверт. Карточки удобно тасовать, менять при необходимости их последовательность, раскладывать на столе для обзора. Например, учителю истории карточки служили бы долго. Перед уроком можно взять соответствующий конверт и найти в нем материал по узловым вопросам темы, записанный еще в вузе.

При конспектировании допускается сокращение слов, но необходимо соблюдать меру. Каждый студент обычно вырабатывает свои правила сокращения. Но если они не введены в систему, то лучше их не применять, т.к. случайные сокращения ведут к тому, что спустя некоторое время конспект становится непонятным.

Следует знать, что не существует какого-либо единого, годного для всех метода конспектирования. Каждый ведет записи так, как ему представляется наиболее целесообразным и удобным. Собственный метод складывается по мере накопления опыта, но во всех случаях надо стремиться к тому, чтобы конспективные записи были краткими и наилучшим образом содействовали глубокому усвоению изучаемого материала.

Известный отечественный педагог В.А. Сухомлинский, рекомендовал учиться думать над конспектом уже на лекции и работать над записями ежедневно хотя бы в течение 2 часов. Он советовал также делить конспект на две графы: в первой кратко записывать изложенные лекции, а во второй – то, над чем надо подумать; сюда же следовало заносить узловые, главные вопросы, над которыми надо подумать постоянно, связывая с этим повседневное чтение. Он подчеркивал, что узловые вопросы предмета будут программой, на основе которой припоминается весь материал.

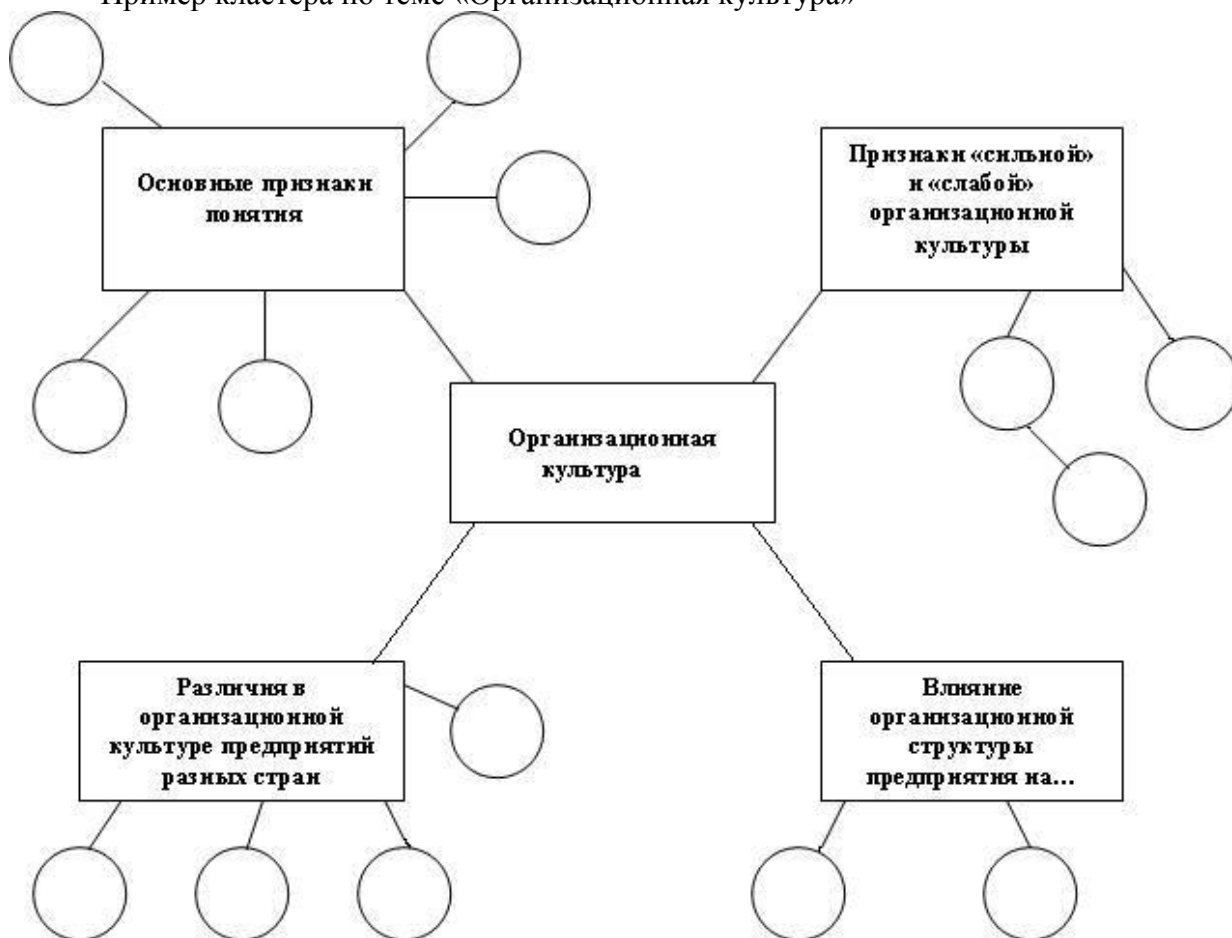
## 6. Некоторые приемы критического мышления, используемые при конспектировании лекций и самостоятельной работы над ними

Умение составлять материал в систематической графической форме позволяет большой объем информации более качественно классифицировать, а значит и запоминать. Вашему вниманию представляется несколько видов графических систематизаторов, которые предполагают использование пространственных образов, помогающих усилить представленную информацию.

### 1. Прием «Представление информации в кластерах»

Кластеры (блоки идей) или «грозди» - это графический способ организации учебного материала.

Пример кластера по теме «Организационная культура»



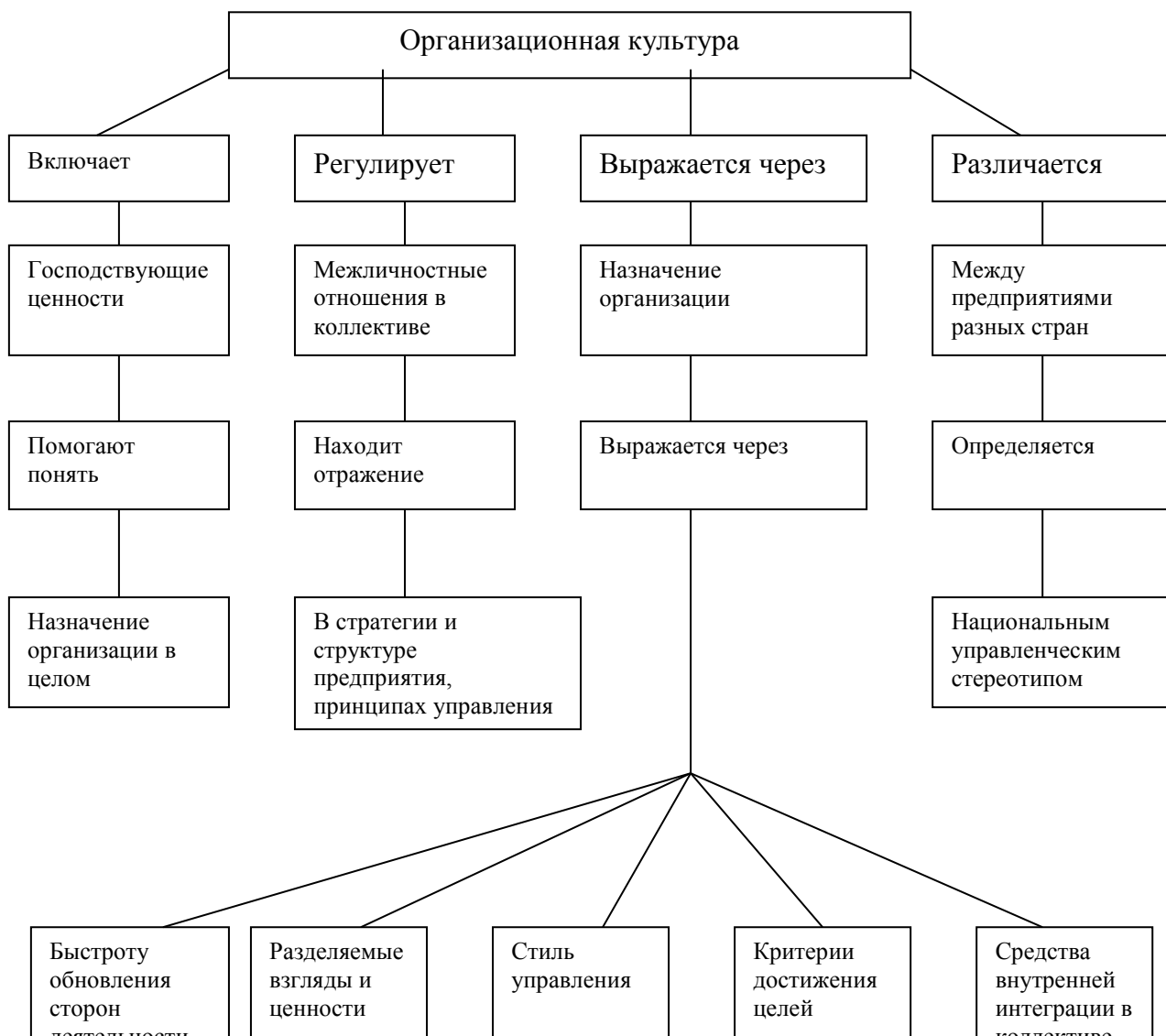
## 2. Денотатный граф

Денотатный граф – (от лат. Denoto – обозначаю и греч. Grapho – пишу) – способ вычленения из текста существенных признаков ключевого понятия.

Принципы построения:

1. Выделение ключевого слова или словосочетания.
2. Чередование имени и глагола в графе (именем может быть одно существительное или группа существительных в сочетании с другими именными частями речи; глагол выражает динамику мысли, движение от понятия к его существенному признаку)
3. Точный выбор глагола, связывающего ключевое понятие и его существенный признак (глаголы, обозначающие цель, - **направлять, предполагать, приводить, давать и т.д.**; глаголы, обозначающие процесс достижения результата – **достигать, осуществлять**; глаголы, обозначающие предпосылки достижения результата – **основываться, опираться, базироваться**; глаголы-связки, с помощью которых осуществляется выход на определение значения понятия).
4. Дробление ключевого слова по мере построения графа на слова – «веточки».
5. Соотнесение каждого слова-«веточки» с ключевым словом с целью исключения каких-либо несоответствий, противоречий и т.д.

Представим пример денотатного графа для понятия «организационная культура»





### 3.

#### 3. Прием «Фишбоун» (Fishbone)

Этот прием описан у Д.Баланка. Нередко в тексте или объяснении преподавателя на уроке содержатся те или иные учебные проблемы. Эти проблемы обсуждаются, идет поиск их решения. Вместе с тем, иногда эти проблемы обозначены не явно. В этом случае студенты могут не обратить на них внимания или будут испытывать затруднения при поиске их решения. Решить проблему можно только тогда, когда сам ясно видишь все ее аспекты. Лучше всего, если проблема рассматривается с разных сторон, а решение опирается на достаточно ясную фактическую базу.

В процессе чтения студенты работают со схемой «Фишбоун», что в переводе означает «рыбий скелет». В «голове» этого скелета они обозначают ту проблему, которая раскрывается в тексте. На самом скелете есть верхние и нижние косточки. На верхних, студент отмечает причины возникновения изучаемой проблемы. Напротив верхних косточек располагаются нижние, на которых ученики по ходу чтения выписывают факты, подтверждающие наличие сформулированных ими причин. Записи должны быть краткими, представлять собой ключевые слова или фразы, отражающие суть, факты. Факт придает проблеме ясность и реальные очертания.

#### 4. Сводная таблица «Плюс, минус, интересно».

Форма таблицы «Плюс, Минус, Интересно».

П	М	И

В таблице ПМИ студент отмечает свои субъективные суждения по поводу прочитанного, увиденного или услышанного. Это позволяет ему оценивать как сам текст, так и самого себя.

1. В графе «плюс» отмечаются те ключевые слова или фразы из текста, которые являются наиболее важными, существенными. В эту графу может быть занесена та информация, которая характеризует описываемое явление, предмет, объект с положительной стороны (например, при характеристике влияния солнечной радиации на климат Земли, можно отметить ее роль для фотосинтеза растений, круговорота веществ и энергии; при характеристике литературных героев или исторических личностей в эту графу заносятся цитаты, которые, с точки зрения студента, характеризуют этого героя с положительной стороны и т.д.).
2. В графе «минус» отмечаются те признаки изучаемого предмета, объекта или явления, которые свидетельствуют о его отрицательных сторонах (например, влияние солнечной радиации на рост раковых заболеваний, на усиление магнитных бурь, качества литературного персонажа или исторической личности, которые характеризуют их с отрицательной стороны).

3. В графе «интересно» студенты могут отметить те факты, теоретические положения, которые для них являются интересными, неожиданными (например, есть мнение, что колебания потоков солнечной радиации влияют на рождаемость, войны).

## **7. Использование компьютера в процессе самостоятельной работы студентов.**

Наиболее комплексный ряд заданий, выполняемых студентом в процессе учебы в вузе, развивающих самостоятельность – это написание реферативных, курсовых и дипломных работ, выполнение которых требует применения всего спектра знаний, умений и навыков, приобретенных студентом в процессе обучения. Алгоритм, методика и формы выполнения этих работ практически одинаковы, они различаются содержанием и глубиной проработанности материала. И реферат, и курсовая, и дипломная работы должны выполняться в соответствии с действующими требованиями ГОСТов.

На современном этапе никто уже не представляет себе самостоятельную работу без использования международной информационной сети – **Интернет**. Необходимость использования Интернета возникает не только при подготовке к практическим и семинарским занятиям, но, в большей степени, при написании различных исследовательских и творческих работ. Многие современные монографии, периодические журналы изданы только в электронном виде и с ними можно познакомиться только в Интернете.

Написание работ творческого и исследовательского характера требует знания и умения применять различные компьютерные технологии. Можно предложить следующий алгоритм работы по написанию исследовательских и творческих работ с использованием компьютера.

- Первый этап заключается в наборе материала на компьютере. Для этого необходимо, чтобы на компьютер были установлен текстовый и графический редакторы для набора текста и выполнения различных рисунков, графиков или схем. Если материал неоднородный, т.е. содержит графики, схемы, чертежи, текст, то для этих целей лучше выбрать интегрированный пакет, который позволяет совмещать различного формата файлы (например Word, PageMaker и др.). Цитаты из книг и журналов можно переснимать на сканере – удобно и быстро. Здесь как раз и понадобится база данных, которая значительно упростит работу с выбранной литературой.
- Второй этап - корректура ошибок, недочетов. Практика показывает, что чтение с листа более привычно и корректировать удобнее файлы, имея распечатанный образец перед собой.
- Третий этап - печать начисто. Откорректированный и исправленный текст необходимо не забыть проверить на орфографию (по возможности и стилистику) перед тем как распечатать. Чертежи лучше выводить на бумагу на графопостроителе.
- Четвертый этап - рецензия специалистов, работающих в данной области.

- Пятый этап - защита курсовых или дипломных работ на кафедре или в лаборатории. Желательно использовать презентационные компьютерные программы (например, Power point) при ответе – это увеличит наглядность доклада и использовать презентационные средства типа Proxima – проектор, позволяющий выводить на экран содержимое дисплея. Можно также использовать телевизор вместо монитора при наличии специального блока сопряжения.

Почти на всех этапах студент работает самостоятельно. За время выполнения исследования у него развиваются:

1. Навыки и методы работы с литературой: ее анализ, отбор необходимого материала.
2. Навыки и методы работы с персональным компьютером: профессиональный набор текста, выполнение рисунков и чертежей, схем и др.
3. Исследовательские навыки и др.

## Поиск в Интернете.

**1. Поиск информации в Интернете** лучше всего начинать с работы в **Интернет-каталоге**.

Один из наиболее полных и хорошо систематизированных каталогов в русскоязычном секторе Интернета находится на сайте [www.aport.ru](http://www.aport.ru). Есть много других Интернет-каталогов: [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.list.ru](http://www.list.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru) (русскоязычные), [www.altavista.com](http://www.altavista.com) (англоязычный) и др. Выбор каталога зависит от вкусов пользователя, степени проработанности его тематической структуры, скорости доступа к ресурсам каталога и т.д.

2. Чтобы попасть на эту страничку, вам надо вписать URL(адрес) данного сайта в адресную строку вашего Интернет-обозревателя (браузера), которая находится в верхней части окна.

3. Перед вами откроется главная страница поисковой системы, например «Апорт».

4. Находим на этой странице ссылку на подкаталог «Наука и образование» и кликаем на ней мышью. Теперь мы попадаем на следующую страницу каталога, где пользователю предлагается выбрать интересующую его рубрику.

5. Ищем на этой странице ссылку на рубрики. Кликаем на нее. Загружается следующая страница, на которой будут ссылки на подрубрики. Под списком рубрик появятся ссылки на конкретные Интернет-ресурсы. Вы выбираете интересующий вас ресурс (при этом можно пользоваться краткой аннотацией, рейтингом популярности сайта, информацией о времени его последнего обновления) и кликаете на его ссылке. Откроется новое окно браузера, в которое будет загружен выбранный вами сайт.

Помимо **тематического поиска** в любом Интернет-каталоге есть **контекстный поиск**. Попробуем по Интернет-каталогу найти **ссылки** на газету «География».

1. Набираем в окне браузера адрес любого из русскоязычных каталогов.

2. В появившемся поисковом окне набираем целиком словосочетание, например «газета География», если система может работать со словосочетаниями, или слово «газета», а потом во втором поиске «география», если такой функции в системе не предусмотрено ([www.aport.ru](http://www.aport.ru)). Не забудьте только при втором поиске напротив поискового окна поставить галочку «Искать в найденном».

3. Через несколько секунд на экране вашего компьютера появятся первые десять или двадцать ссылок на Интернет-страницы, где поисковая система нашла указанные вами слова. При необходимости после просмотра первой порции ссылок на Интернет-ресурсы можно перейти к следующим. Ссылки на них вы найдете внизу экрана.

4. Для сохранения интересующих вас Интернет-страниц достаточно кликнуть мышкой на меню «файл» (оно находится в самой верхней части браузера) и выбрать пункт «сохранить как».

5. Появится диалоговое окно, где вам нужно будет указать папку для сохранения данной страницы, вписать имя, под которым она будет сохранена (по умолчанию страница сохраняется под тем же именем, что она имеет в Интернете).

6. Если все указано правильно, смело нажимайте на «ОК», в противном случае выбирайте «Отмену».

Часто бывает так, что всю страницу сохранять необязательно, так как интерес вызывают лишь отдельные ее элементы. Текстовая часть страницы без графики и средств мультимедиа сохраняется как файл языка HTML. Часто имеет смысл сохранять только текст, так как любые графические объекты занимают много места на дискетах и жестких дисках компьютера.

Если вам необходимо сохранить только графические элементы страницы (рисунки, фотографии и т.д.), достаточно кликнуть на интересующей вас картинке правой клавишей мыши. Появится диалоговое окно, в котором следует выбрать пункт «Сохранить рисунок как».

Следует помнить, что вы не сможете редактировать составленные в формате HTML Интернет-страницы. В случае если вам по каким-то причинам нужно **внести** в них **правку**, дополнить своими материалами, включить в готовый текстовый документ, то нужно:

1. Выделить мышью в окне браузера необходимый фрагмент текста (весь текст выделяется после нажатия на команды меню «правка» и «выделить все»);
2. Копировать его (команда «копировать» на вкладке «Правка» / «edit»);
3. Вставить в нужный текстовый файл в программе Word (команда «Вставить» / «Paste»).

Вы также можете **распечатать** нужные вам страницы:

1. Одновременно нажмите клавиши **ctrl** и **P** или выберите команду «Печать» / «Print» на вкладке «Файл».
2. Если вам не нужно распечатывать всю страницу, то вы можете распечатать ее фрагмент. Для этого вы выделяете интересующий участок страницы мышью, а в диалоговом окне печати, указывая диапазон печати, выберите пункт «Выделенный фрагмент».
3. Если вы хотите вернуться на предыдущую страницу, достаточно кликнуть мышкой кнопку «Назад», которая находится в левом верхнем углу окна вашего браузера. Обратный шаг можно сделать, нажав на стрелку «Вперед».

Для того чтобы в следующий раз точно попасть на нужную вам страницу Интернета, совсем не обязательно переписывать ее адрес, часто громоздкий и сложный. Достаточно всего лишь добавить ссылку на страницу в папке «Избранное» (она расположена вверху экрана, на рабочей панели браузера). Если вы хотите запомнить много страниц и к тому же систематизировать их, то направляйтесь на специальный сайт [www.zakladki.ru](http://www.zakladki.ru), где вы сможете сохранить гиперссылку на любую Интернет-страницу. В этом случае вы сможете работать не только со ссылками, подобранными вами, но и другими пользователями (при условии, что доступ к ним не закрыт паролем).

### **Использование электронной почты**

Интернет предоставляет еще одну уникальную возможность – вступить в переписку с другими пользователями глобальной компьютерной сети посредством **электронной почты** (e-mail).

В настоящий момент существует много серверов (такие, как [www.mail.ru](http://www.mail.ru), [www.hotmail.ru](http://www.hotmail.ru) и др.), которые дают возможность завести бесплатный электронный почтовый ящик.

**Чтобы пользоваться почтовым ящиком** вам надо:

1. Зарегистрироваться на этих сайтах.
2. Внимательно изучите все условия пользования своим электронным ящиком. Помните, что многие бесплатные почтовые ящики прекращают свое существование, если клиент к ним долгое время не обращается.
3. Не забывайте также и то, что сам электронный ящик находится у вас дома лишь виртуально. На самом деле он размещен на сервере обслуживающей вас компании, которая предоставляет вам определенный участок сервера (как правило, около 5 мб).
4. Чтобы не возникало проблем с приемом и пересылкой сообщений, не забывайте регулярно чистить свой электронный почтовый ящик, уничтожая старые сообщения или пересохраняя их на жестком диске вашего компьютера.

Чтобы пользоваться **электронной почтой**, вам необходимо уметь проделывать следующие операции:

1. Вызовите программу по отправке почтовых сообщений (например «Outlook express»).
2. Если вы хотите отправить электронное сообщение, необходимо кликнуть мышкой на кнопке «Создать сообщение» или «Написать письмо».
3. Появится окно вашего письма.
4. В строке «Кому» указывается адрес электронной почты получателя. Адрес обязательно должен включать символ @.
5. Наберите с клавиатуры компьютера электронный адрес получателя вашего сообщения, например [geo@1september.ru](mailto:geo@1september.ru) – адрес электронного почтового ящика газеты «География».
6. В строке «Копия» указываются адреса электронной почты тех адресатов, кому вы хотите послать копию данного сообщения (поле необязательно к заполнению).
7. В строке «Тема» указывается то словосочетание, которое увидит получатель вашего сообщения еще до ознакомления с его содержанием. Часто в этой строке в кратком виде формулируют основную идею послания (например, «Привет!» или «Материал к докладу» и др.).
8. После того как заполнена шапка письма, можете переходить в основное окно, где непосредственно пишете текст вашего сообщения.

По электронной почте вы можете **переслать любой файл с вашего компьютера** любому адресату.

1. При создании письма вам следует кликнуть по виртуальной кнопке «Вложить» в верхней части экрана.
2. Появится диалоговое окно, которое позволит выбрать нужный файл (или файлы) для пересылки. Вы должны знать, что прикреплять к вашему электронному сообщению можно не только текстовые файлы, но и графические, установочные и вообще любые.
3. Когда письмо готово, еще раз проверьте, верно ли указан адрес, после чего нажимаете клавишу «Отправить». Ваше сообщение отправлено.
4. Если вы по ошибке указали несуществующий адрес или электронный ящик вашего адресата по каким-нибудь причинам не работает, то ваше сообщение через несколько минут вернется обратно с уведомлением о существующих проблемах пересылки.

**Для прочтения той почты, которая приходит к вам**, необходимо:

1. Открыть папку «Входящие» вашей почтовой программы. Кликните мышкой на ссылке «Входящие».

2. Перед вами появится окно с обратными адресами, темами и сроками прихода всех неудаленных писем, которые пришли на ваш электронный адрес.
3. Чтобы прочесть письмо, достаточно кликнуть на его заголовке. Перед вами откроется окно с содержанием данного письма.
4. Вы можете ответить на это письмо, кликнув по ссылке «ответить». В этом случае компьютер автоматически заполнит строку с адресом, вписав туда адрес, с которого вам пришло это письмо. Весь текст исходного письма отобразится в основном окне и станет доступен для редактирования и дополнения.
5. Чтобы сохранить на своем компьютере пришедший к вам вложенный файл (письма с вложенными файлами помечены символом скрепки), надо открыть это письмо. Если вложен графический файл, он будет открыт в основном окне сообщения. В том случае, если прикрепленный файл имеет какой-либо другой формат, то, нажав на скрепку, вы можете ознакомиться с именами и форматом приложенных файлов. Эти файлы можно открыть, кликнув на них мышью, а можно сохранить, не открывая, выбрав пункт «сохранить вложения» из нисходящего списка под изображением скрепки.

При необходимости вы можете **переслать пришедшее вам письмо** другому адресату по вашему выбору, для этого надо кликнуть правой клавишей мыши по ссылке на это сообщение в окне «Входящие» и выбрать из нисходящего списка команду «Переслать».

## 8. Подготовка к экзаменам

Экзаменационная сессия – очень тяжелый период работы для студентов и ответственный труд для преподавателей. Главная задача экзаменов – проверка качества усвоения содержания дисциплины.

На основе такой проверки оценивается учебная работа не только студентов, но и преподавателей: по результатам экзаменов можно судить и о качестве всего учебного процесса. При подготовке к экзамену студенты повторяют материал курсов, которые они слушали и изучали в течение семестра, обобщают полученные знания, выделяют главное в предмете, воспроизводят общую картину для того, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины.

Экзаменам, как правило, предшествует сдача зачетов. К экзаменам допускаются только те студенты, которые сдали зачеты.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программы курса и конспект, которые указывают, что в курсе наиболее важно. Основной материал должен прорабатываться по учебнику, поскольку конспекта недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть проработан в течение семестра, а перед экзаменом важно сосредоточить внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением в памяти его краткого содержания в логической последовательности.

До экзамена обычно проводится консультация, но она не может возместить отсутствия систематической работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает лишь ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы. Польза от консультации будет только в том случае, если студент до нее проработает весь материал. Надо учиться задавать вопросы, вырабатывать привычку пользоваться справочниками, энциклопедиями, а не быть на иждивении у преподавателей, который не всегда может тут же, «с ходу» назвать какой-либо факт, имя, событие.

На экзамене нужно показать не только знание предмета, но и умение логически связно построить устный ответ.

Получив билет, надо вдуматься в поставленные вопросы для того, чтобы правильно понять их. Нередко студент отвечает не на тот вопрос, который поставлен, или в простом вопросе ищет скрытого смысла. Не поняв вопроса и не обдумав план ответа, не следует начинать писать. Конспект своего ответа надо рассматривать как план краткого сообщения на данную тему и составлять ответ нужно кратко. При этом необходимо показать умение выражать мысль четко и доходчиво.

Отвечать нужно спокойно, четко, продуманно, без торопливости, придерживаясь записи своего ответа.

На экзаменах студент показывает не только свои знания, но и учится владеть собой. После ответа на билет могут следовать вопросы, которые имеют целью выяснить понимание других разделов курса, не вошедших в билет. Как правило, на них можно ответить кратко, достаточно показать знание сути вопроса. Часто студенты при ответе на дополнительные вопросы проявляют поспешность: не поняв смысла того, что у них спрашивают, начинают отвечать и нередко говорят не по сути.

Студент должен знать, что на экзамене осуществляется не только контроль и выставляется оценка, но это еще и дополнительная возможность, систематизация знаний. Если говорить о сверхзадаче экзаменатора, то она состоит в уяснении не только и не столько того, что студент выучил, сколько того, чему он научился и что останется у него после экзамена, поскольку этот остаток будет характеризовать образовательный уровень студента.

Следует помнить, что необходимым условием правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, поэтому подготовка к экзаменам не должна быть в ущерб сну. Установлено, что сильное эмоциональное напряжение во время экзаменов неблагоприятно отражается на нервной системе и многие студенты из-за волнений не спят ночи перед экзаменами. Обычно в сессию студенту не до болезни, так как весь организм озабочен одним - сдать экзамены. Но это еще не значит, что последствия неправильно организованного труда и чрезмерной занятости не скажутся потом. Поэтому каждый студент помнить о важности рационального распорядка рабочего дня и о своевременности снятия или уменьшения умственного напряжения.

## 9. Портфолио

«Портфолио» - способ организации самостоятельной познавательной деятельности студента. «Портфолио» – это не просто папка (портфель с контейнерами), в которые собирается информация, но и способ ее обработки, структурирования, творческого осмысления. В практике работы нашли свое место разные типы «портфолио»: портфель личностных достижений, включающий грамоты, гранты, дипломы, сертификаты, лучшие работы; портфель творческих сочинений, портфель самооценки, портфель аттестации по курсу, портфель конференции, портфель периодических изданий, собирающий информацию по определенной теме из газет и журналов; портфель проблемного семинара.

«Портфолио» и работа с ним требует особых шагов, которые организуют включение самостоятельной работы в образовательную систему. Логика этих шагов направлена на достижение главной цели – формирование системного, конструктивного, диалектичного, подвижного мышления через выполнение системы заданий и осмысление их результатов.

Эти шаги осуществляются в следующей последовательности.

- Мотивация на создание «портфолио» (портфеля) и отражение в нем стиля своей самостоятельной работы, ее рефлексии, результатов образования как личностно значимого опыта познания («Сделайте портфель и полюбите его!»).

- Выбор типа портфеля и определение цели.
- Название компонентов-контейнеров «портфеля», в которые будет собираться информация.
- Выбор специфических, особенных, индивидуальных его составляющих (источники информации, иллюстрации, видеофрагменты, анкеты, отзывы-оценки, проекты, дневник обучения, возникшие вопросы, листы наблюдений, компьютерные программы, таблицы и т.д.).
- Оценка «портфеля» (периодичность, выбор экспертов, форма оценки, комментарии, рекомендации).
- Вид портфеля (блокнот, папка, набор, формы связи между частями, дайджест, органайзер, альманах, исследовательская работа, новый текст).

Информация, которая накапливается студентом в каждом файле портфеля, носит не однозначно заданный характер, а периодически подвергается переоценке, пересматривается с позиции выбранных целей. Информация из файла вынимается и получает новую форму научной статьи, рефлексивного самоотчета, опорной схемы, словаря терминов, системы ведущих идей. Лишняя информация выбрасывается, остается самое важное для дальнейшего изучения темы, для ее развития.

В качестве критериев для оценки портфеля можно использовать следующие варианты, осуществляя их отбор или создавая свои:

1. Аккуратность, оформление, конструктивность выполнения;
2. Факторы, отражающие понимание материала, темы, логики курса;
3. Организация портфеля;
4. Полнота отражения изучаемого материала;
5. Факторы рефлексии и самооценки;
6. Творчество;
7. Факторы, отражающие развитие автора;
8. Наглядность, используемая в портфеле;
9. Применимость знаний на практике;
10. Перспективность его результатов.

Приведем пример создания «портфолио» научно-практической конференции «Современные технологии в образовании». Цель портфеля – отразить содержание работы конференции и способ ее организации как лично значимый инновационный опыт участника конференции. Рефлексивный портфель участника включал следующие компоненты – «страницы»: страница программы конференции, страница – авторский доклад и его оценки, страница опорных конспектов и критических оценок докладов участников конференции, страница новых технологий, страница вопросов и ответов, страница «открытых» источников информации, страница новых знакомств и адресов, страница умных мыслей и неожиданных идей, страница саморефлексии – ежедневник событий, лиц, встреч; страница планов и замыслов, страница шуток и баек, страница рефлексивной анкеты участника, страница «неподведенных итогов...»

Опыт работы с «портфолио» дает возможность к числу несомненных его достоинств отнести следующие:

1. В работе с «портфолио» важен не только результат, но и процесс создания преподавателем, студентом, школьником любого возраста своего стиля работы с портфелем;
2. «Портфолио» позволяет сохранить в нем индивидуальность обучающегося, придает особое значение титульному листу, отражающему авторство портфеля;



3. Создание названий файлов-компонентов и работа с ними – это процесс творческий, ориентированный на самостоятельность выбора, воображение, открытие, поиск;
4. Процесс создания портфеля, работа с ним, обмен опытом друг с другом дают возможность студентам и школьникам осуществлять самооценку своей самостоятельной познавательной деятельности и совершенствовать ее.

## Тезаурус

**Аннотация** – краткая информация о каком-либо издании; характеристика документа, его части или группы документов с точки зрения назначения, содержания, формы и других особенностей.

**Брошюра** – неперiodическое печатное издание небольшого объема, как правило научно-популярного характера.

**Гиперссылка** – ссылка на Интернет-страницу в рамках того же или другого сайта, оформленная в виде текста (чаще всего текстовые ссылки выделяют синим шрифтом с подчеркиванием), небольших рисунков, фрагмента видеофильма и др.

**Доклад** – вид самостоятельной работы, требующий составления плана, подбора источников, систематизации полученных сведений, выводов, обобщения.

**Изучающее чтение** – активный вид чтения, нацеленный на усвоение главной мысли текста, его цели; на понимание логики доказательств; на поиск ответов на поставленные вами вопросы. Требует последовательности в изучении материала – по параграфам, главам, частям; побуждает к составлению собственного мнения о тексте; формирует умение критически воспринимать информацию.

**Интернет-каталог** – систематизированный по рубрикам список гиперссылок на различные сайты.

**Интернет-обозреватель (браузер)** – программа, предназначенная для просмотра Интернет-страниц. Самые распространенные браузеры: «Internet Explorer» и «Netscape Navigator».

**Интернет-ресурсы** – информационные материалы, размещенные на Интернет-страницах.

**Интернет-страница** – гипертекстовый файл, составленный с помощью программного языка HTML, информационная единица Интернета. Интернет-страницы объединяются в сайты – тематические подшивки отдельных гипертекстовых документов, связанных между собой перекрестными ссылками.

**Конспект** – последовательная фиксация информации, отобранной и обдуманной в процессе чтения.

**Конспект-схема** – схематическая запись прочитанного.

**Монография** – научный труд, разрабатывающий какой-либо отдельный вопрос, одну тему.

**Ознакомительное (выборочное) чтение** – используется для выяснения определенных вопросов из нескольких источников, а также для сравнения и сопоставления извлеченной информации, выработки своей собственной точки зрения по данному вопросу.

**Отзыв** – мнение, впечатление о произведении без детального анализа, важной является общая оценка.

**План** – «скелет» текста, компактно отражающий последовательность изложения материала.

**Просмотровое чтение** – используется в тех случаях, когда необходимо познакомиться с содержанием книги, ее глав и параграфов, автором произведения. Обычно читается титульный лист, оглавление, аннотация, некоторые абзацы и предложения.

**Реферат** – краткая запись идей, содержащихся в одном или нескольких источниках, которая требует умения сопоставлять и анализировать различные точки зрения.

**Рецензия** – разбор и оценка научного, художественного, кинематографического или музыкального произведения; указывает на достоинства и недостатки, высказывает оценку, мнение при детальном анализе.

**Слушание** – вид речевой деятельности, при котором происходит одновременное восприятие и понимание звучащей речи.

**Статья** – самостоятельное научное произведение, представляющее изложение своих мыслей по актуальной научной проблеме.

**Тезисы доклада** – краткое изложение содержания предстоящего научного сообщения.

**Чтение** – сложный вид речевой деятельности, в котором есть чисто техническая сторона – выработка навыков чтения и скорочтения – и творческая – извлечение из текста необходимой информации.

### Рекомендуемая литература

1. Борикова Л.В., Виноградова Н.А. Пишем реферат, доклад, выпускную квалификационную работу: Учеб. пособ. М., 2000.
2. Виноградова Н.А. Методические рекомендации по выполнению письменных работ. М., 1999.
3. Гарунов М.Г., Пидкасистый П.И. Самостоятельная работа студентов. М., 1978.
4. Демидова А.К. Пособие по русскому языку: научный стиль. Оформление научной работы. М., 1991.
5. Самостоятельная познавательная деятельность студента: методическое пособие / Сост. Е.В. Гребенникова. М., 2002.
6. Соловьева Н.Н. Основы подготовки к научной деятельности и оформление ее результатов (для студентов и аспирантов). М., 2000.

7. Соловьева Н.Н. Учусь общаться: читаю, слушаю, говорю, пишу: Учеб. пособ. по культуре речи и речевому общению. М., 1996.
8. Чернилевский Д.В. Дидактические технологии в высшей школе. М., 2002.
9. Загашев И.О., Заир — Бек С.И. Критическое мышление: технологии развития. Спб, 2003.- 284 с.