МИНОБРНАУКИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Т. П. Глинникова

Технологические процессы изготовления деталей машин.

Справочно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов СПО специальности – 15.02.16
«Технология машиностроения»

Екатеринбург

2022

МИНОБРНАУКИ ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С. А. Упоров
14.09.2022

Т. П. Глинникова,

Технологические процессы изготовления деталей машин.

Справочно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов СПО специальности – 15.02.16
«Технология машиностроения»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2022

Рецензент: А. И. Мамедов канд. техн. наук, доцент кафедры ГлЗЧС УГГУ

Г54 *Глинникова Т. П.*

Технология машиностроения: Справочно-методическое пособие по выполнению курсовой работы для студентов СПО специальности 15.02.16 – «Технология машиностроения» очного и заочного обучения. *Т. П. Глинникова.* – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2021. 75 с.

В пособии рассмотрены основные этапы выполнения раздела технологической части ВКРИ, излагаются требования к объему раздела, даются методические указания и рекомендации по выполнению его отдельных частей.

В каждом разделе даны краткие теоретические положения, на основе которых решаются отдельные задачи и указывается конкретная справочная и техническая литература, которая при этом должна быть использована. Пособие содержит значительный объем справочной информации в виде таблиц, необходимых для выполнения технологической части ВКР инженера.

Справочно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 2022г. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГУ.

© Глинникова Т. П., 2022
© Уральский государственный горный университет, 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВКР ИНЖЕНЕРА (ВКРИ)

Разработка технологической части ВКР инженера (ВКРИ) преследует цель показать умение студентов разрабатывать прогрессивные технологические процессы на основе современных достижений науки и техники.

Следует отметить, что в технологической части ВКРИ не допускается копирования существующего на базовом предприятии технологического процесса, а рекомендуется на основе анализа разработать более совершенный технологический процесс, использовать современное высокопроизводительное оборудование, прогрессивные конструкции приспособлений и режущих инструментов.

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВКРИ

Объем технологической части ВКРИ ***определяет руководитель и записывает в задание.***

Технологическая часть ВКРИ содержит пояснительную записку, графическую часть и альбом технологической документации.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

- назначение и конструкция детали;
- анализ технологичности конструкции детали;
- определение типа производства;
- анализ базового техпроцесса;
- выбор заготовки;

– маршрутный технологический процесс;
– расчет припусков на обработку;
– расчет режимов резания;
– расчет норм времени;
– экономическое обоснование принятого варианта техпроцесса.

Объем графической части раздела составляет два листа формата А1 и содержит следующие материалы:

– чертеж детали;
– чертеж заготовки;
– иллюстрация техпроцесса (операционные эскизы).

Технологическая документация должна содержать следующие документы:

– маршрутную карту;
– операционные карты (на все операции);
– карты эскизов (на все операции).

3. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

3.1. Назначение и конструкция детали

Раздел начинается с определения класса деталей, к которому относится заданная в проекте деталь (класс валов, полых цилиндров, зубчатых колес, корпусов, рычагов, вилок и т. п.).

Далее дается описание работы и назначение узла в машине и

детали в узле. При этом указываются основные и вспомогательные конструкторские базы, исполнительные поверхности. Здесь же анализируются допуски на размеры, форму и взаимное расположение поверхностей детали, указывается, почему к этим поверхностям предъявляются такие требования. При необходимости такой анализ сопровождается эскизами.

В этом же разделе описывается вид термической обработки детали и цель ее проведения.

Заканчивается раздел таблицами химического состава и механических свойств материала детали.

3.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности является одним из важных этапов в разработке технологического процесса, обуславливает его основные технико-экономические показатели: металлоемкость, трудоемкость и себестоимость.

Анализ технологичности проводится, как правило, в два этапа: качественный и количественный.

Детали типа валов признаются технологичными, если они отвечают следующим требованиям:

– возможность максимального приближения формы и размеров заготовки к размерам и форме детали;

– возможность вести обработку проходными резцами;

– уменьшение диаметров поверхностей от середины к торцам вала или от одного торца к другому;

– возможность замены закрытых шпоночных пазов открытыми;

– жесткость вала обеспечивает достижение необходимой точности при обработке **(***l:d* < 10 ... 12).

Зубчатые колеса признаются технологичными, если они имеют:

– центральное отверстие простой формы;

– простую конфигурацию наружного контура (наиболее технологичными являются зубчатые колеса простой формы без выступающих ступиц);

– ступицы с одной стороны, что позволяет обрабатывать на зубофрезерных станках по две детали;

– симметрично расположенную перемычку между венцом и ступицей, что уменьшает коробление детали при термообработке;

– возможность штамповки фигурной перемычки между венцом и ступицей.

Для всех классов деталей признаются нетехнологичными следующие элементы:

– глубокие отверстия (*l:d* >5);

– отверстия, расположенные под углом к оси, плоскости и т. п.;

– глухие отверстия с резьбой;

– закрытые с одной или двух сторон пазы.

Не являются нетехнологичными требования к точности размеров и формы поверхностей деталей и шероховатости, если они вытекают из служебного назначения детали и определяют ее конструкцию.

Количественная оценка технологичности выполняется согласно ГОСТ 14.201-83.

Заканчивается этот раздел выводами о технологичности конструкции детали.

3.3. Определение типа производства

Тип производства характеризуется коэффициентом серийности K_c, который показывает число различных операций, закрепленных в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца. Пример расчета для оси (рис. 1) приведен ниже на стр. 8.

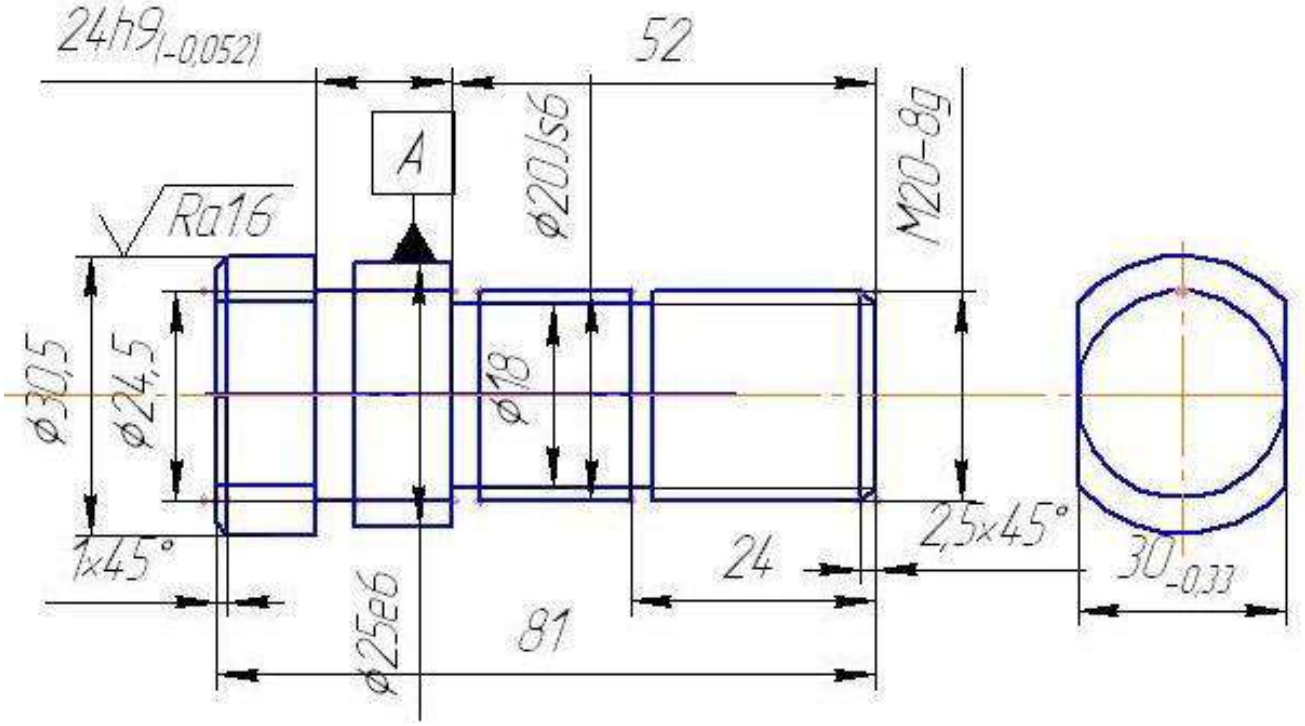


Рис. 1. Чертеж оси

Таблица 1

Пример расчета технологического времени T_o

Переход	$T_o \cdot 10^{-3}$	Значение коэффициента φ_k
Подрезать торец Ø30,5	$0{,}037\ D^2 = 0{,}037 \cdot 30{,}5^2 = 344{,}19 \cdot 10^{-3}$	2,14
Подрезать торец Ø 20	$0{,}037\ D^2 = 0{,}037 \cdot 20^2 = 148 \cdot 10^{-3}$	
Точить Ø 30,5 начерно	$0{,}17\ dl = 0{,}17\ 30{,}5\ 8 = 41{,}48 \cdot 10^{-3}$	
Точить Ø 25 начерно	$0{,}17\ dl = 0{,}17\ 25\ 20 = 85 \cdot 10^{-3}$	
Точить Ø 25 начисто	$0{,}17\ dl = 0{,}17\ 25\ 20 = 85 \cdot 10^{-3}$	
Точить Ø 20 начерно	$0{,}17\ dl = 0{,}17\ 20\ 28 = 95{,}2 \cdot 10^{-3}$	
Точить Ø 20 начисто	$0{,}17\ dl = 0{,}17\ 20\ 28 = 95{,}2 \cdot 10^{-3}$	
Нарезать резьбу М20	$19\ dl = 19 \cdot 20 \cdot 18 = 6840 \cdot 10^{-3}$	
Токарная операция (1)	$\sum T_{o1} = 7734{,}07 \cdot 10^{-3}$	$\sum T_{o1} \cdot \varphi_{k1} = 7734{,}07 \cdot 2{,}14 \cdot 10^{-3}$
Фрезеровать 2 лыски	$2 \cdot 6 \cdot l = 2 \cdot 6 \cdot 20 = 240 \cdot 10^{-3}$	1,84
Фрезерная операция(2)	$\sum T_{o2} = 240 \cdot 10^{-3}$	$\sum T_{o2} \cdot \varphi_{k2} = 240 \cdot 1{,}84 \cdot 10^{-3}$
Шлифовать Ø 25	$0{,}15\ dl = 0{,}15\ 25\ 20 = 75 \cdot 10^{-3}$	2,10
Шлифовать Ø 20	$0{,}15\ dl = 0{,}15\ 20\ 28 = 84 \cdot 10^{-3}$	
Шлифовальная операция (3)	$\sum T_{o3} = 159 \cdot 10^{-3}$	$\sum T_{o3} \cdot \varphi_{k3} = 159 \cdot 2{,}10 \cdot 10^{-3}$

Примечание: при расчете приближенного основного технологического времени мелкие элементы детали (фаски, галтели, канавки и т.п.) не учитываются.

Штучно-калькуляционное время $T_{\text{шт.-к.}} = \sum T_{o1} \cdot \varphi_{k1} + \sum T_{o2} \cdot \varphi_{k2} +$

$+ \sum T_{o3} \cdot \varphi_{k3} = (7734{,}07 \cdot 2{,}14 + 240 \cdot 1{,}84 + 159 \cdot 2{,}10)\ 10^{-3} = 17{,}3$ мин.

Определяется средняя трудоемкость операций

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{1}^{n} T_{oi}}{n_{\text{оп}}},$$

где $T_{oi} = \varphi_k \cdot \sum T_o$ – время на выполнение одной операции; T_o – основное технологическое время для каждой поверхности детали, определяемое по приближенным формулам (табл. П1.1); $n_{\text{оп}}$ – количество

операций (определяется по количеству разного вида станков).

Такт выпуска деталей

$$\tau = \frac{60F_д m}{N}, \text{ мин},$$

где $F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени (при 254 рабочих днях в году при 8 часовой смене) час, m – количество смен в сутки, N – годовой объем выпуска деталей, шт.

Коэффициент серийности

$$K_с = \frac{\tau}{T_{ср}}.$$

По ГОСТ 3.1121-84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций $K_с$:

$K_с \sim 1 \ldots 2$ – массовое;

$K_с \sim 2 \ldots 10$ – крупносерийное;

$K_с \sim 10 \ldots 20$ – среднесерийное;

$K_с > 20$ – мелкосерийное.

Для серийного производства рассчитывается размер партии деталей по формуле

$$n = \frac{Na}{254}, \quad (1)$$

где a – количество дней запаса деталей на складе;. Рекомендуется принимать $a = 3$ дня для крупных деталей, $a = 6 \div 12$ дней – для средних деталей, $a = 24$ дня – для мелких деталей.

Студенты выполняют ВКРИ по материалам производственной практики, имея базовый вариант технологического процесса. Поэтому для предварительного расчета коэффициента закрепления операций могут быть использованы нормы времени $t_{шт.}$ или $t_{шт.-к.}$, взятые из

базового техпроцесса или рассчитанные по приближенным формулам (прил. 1).

В исключительных случаях, при отсутствии базового техпроцесса, тип производства предварительно можно определить по годовому выпуску и массе деталей, пользуясь табл. 2 и 3.

Таблица 2

Выбор типа производства по годовому выпуску и массе деталей

Тип производства	**Годовой объем выпуска деталей, шт.**		
	крупных, 50 кг и более	**средних, 8 … 50 кг**	**мелких, до 8 кг**
Единичное	До 5	до 10	до 100
Среднее	5 ... 1000	10 ... 5000	100 ... 50000
Массовое	Св. 1000	Св. 5000	Св. 50000

Таблица 3

Выбор серийности производства

Серийность производства	**Количество деталей в партии (серии), шт**		
	Крупных, 50 кг и более	**Средних, 8 ... 50 кг**	**Мелких, до 5 кг**
Мелкосерийное	5 ... 10	5 ... 25	10 ... 50
Среднесерийное	11 ... 50	26 ... 200	51 ... 500
Крупносерийное	Св. 50	Св. 200	Св. 500

3.4. Выбор заготовки

При выборе метода получения заготовки решающими факторами являются: форма детали, масса, материал, объем выпуска деталей. Окончательное решение о выборе метода принимается на основе технико-экономических расчетов. Характеристики основных методов

получения заготовок приведены в прил. 2 и 3.

Для выбора метода получения заготовки сравнивается ее стоимость по базовому варианту S_1 и проектируемому S_2.

Стоимость заготовки по базовому варианту может быть взята из отчета по практике.

При отсутствии сведений о методе получения заготовки по базовому варианту стоимость заготовки рассматривается по двум возможным методам ее получения и делается их сравнение.

Стоимость заготовок из проката рассчитывается по формуле

$$S_2 = M + \sum C_{\text{о.з.}}, \tag{2}$$

где M – затраты на материал заготовки, руб.; $\sum C_{\text{о.з.}}$ – технологическая себестоимость правки, калибрования, разрезки, руб.

Расчеты затрат на материалы и технологической себестоимости выполняются по формулам (3) и (4)

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{отх.}}, \tag{3}$$

где Q – масса заготовки (рассчитывается через объем и плотность материала заготовки), кг; S – цена 1 кг материала заготовки, руб.; Q – масса детали, кг; $S_{\text{отх..}}$ – цена 1 кг отходов, руб.

В отходы включается не только разность между массой заготовки и детали (стружка), но и остаток прутка, образующийся из-за некратности длины заготовки длине прутка.

$$\sum C_{\text{о.з.}} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot t_{\text{шт}}(t_{\text{шт.–к.}})}{60}, \tag{4}$$

где $C_{\text{п.з.}}$ – приведенные затраты на рабочем месте, руб./ч; $t_{\text{шт. (шт.-к.)}}$ – штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции, мин.

Примерные значения приведенных затрат $C_{п.з.}$ даны в [1, 8] .

Штучное или штучно-калькуляционное время $t_{шт.\ (шт.-к.)}$ рассчитывается по формуле

$$t_{шт.}\left(t_{шт.-к}\right)=\frac{L_{рез.}+y}{S_{м}}\cdot\varphi, \qquad (5)$$

где $L_{рез}$ – длина резания при разрезании проката на штучные заготовки (принимается равной диаметру проката $L_{рез} = D$) мм; y – величина врезания и перебега (при разрезании дисковой пилой y = 68 мм); $S_м$ – минутная подача при разрезании ($S_м$ = 50 ... 80 мм/мин); φ – коэффициент, показывающий долю вспомогательного времени в штучном (φ = 1,84 для мелко- и среднесерийного производства; φ = 1,5 для крупносерийного и массового производства).

Расчет стоимости заготовок, полученных литьем или штамповкой, выполняется по формуле

$$S_2=\left(\frac{C_i}{1000}\cdot Q\cdot K_m K_c K_b K_м K_n\right)-\left(\frac{Q-q}{1000}\right)\cdot S_{отх.}, \qquad (6)$$

где C_i - базовая стоимость 1 т заготовок, руб.; Q - масса заготовки, кг: K_m – коэффициент, зависящий от класса точности; K_c – коэффициент, зависящий от степени сложности; K_b – коэффициент, зависящий от массы заготовки; $K_м$ – коэффициент, зависящий от марки материала: K_n – коэффициент, зависящий от объема выпуска заготовок.

Перед расчетом стоимости заготовки по формуле (6) вычерчивается ее эскиз, назначаются припуски (см. прил. 2, 3, ГОСТ 7505-89, 26645-85), устанавливаются размеры, по которым рассчитывается объем и масса заготовки Q.

Для штампованных заготовок по ГОСТ 7505-89 устанавливаются:

– группа материала – М;

– класс точности – Т;

– степень сложности – С;

– исходный индекс.

По исходному индексу в том же стандарте определяются припуски на обрабатываемые поверхности и предельные отклонения размеров заготовки (прил. 2).

Параметры литых заготовок определяются по ГОСТ 26645-85.

Заканчивается этот раздел расчетом экономической эффективности

$$Э_{заг.} = (S_1 - S_2)N, \quad (7)$$

где S_1 и S_2 – стоимость заготовки по базовому и проектируемому вариантам соответственно; N – годовой объем выпуска деталей.

3.5. Маршрутный техпроцесс

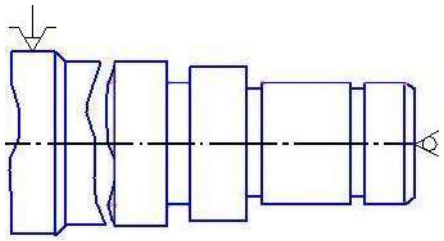
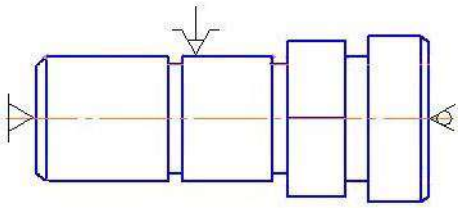
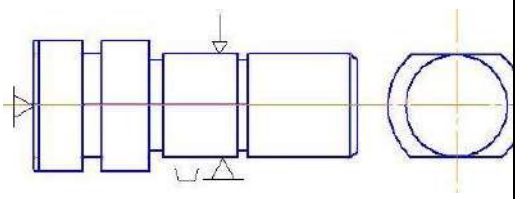
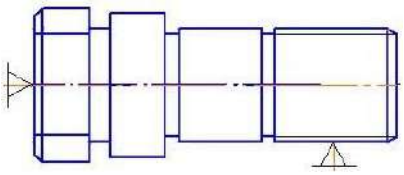
В разделе дается обоснование выбора черновых и чистовых технологических баз. Особое внимание обращается на обеспечение принципов постоянства и совмещения баз. Если эти принципы не выдерживаются, то следует дать обоснование необходимости смены баз.

Маршрутный процесс оформляется в виде таблицы (табл. 4).

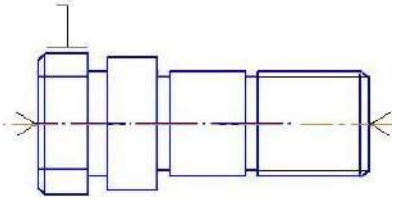
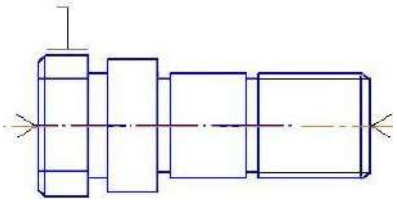
Для обработки самой точной поверхности детали рассчитывается необходимое (достаточное) количество операций (переходов) по коэффициенту уточнения табл. П2.3].

Таблица 4

Маршрут изготовления оси (см. рис. 1)

Опе ра- ция	Наименование, содержание операции	Схема базирования	Станок, обору- дование, оснастка
005	Токарная		
	Подрезать и центровать торец, точить шейку под накатывание резьбы М20-8g, точить шейки Ø20$js6\left(^{+0,065}_{-0,065}\right)$ и Ø25e8$\left(^{-0,040}_{-0,073}\right)$ под шлифование, точить шейку Ø35, канавки b = 3 и b = 6,фаски, отрезать деталь, выдерживая размер 81		Токарный автомат 2Б240-6К Наладка
010	Токарная		
	Подрезать второй торец, выдерживая размер $8{,}3_{-0,1}$, точить фаску и центровать торец		Токарный 16Т02П. Цанговый патрон
015	Горизонтально-фрезерная		
	Фрезеровать две лыски, выдерживая размер $30_{-0,28}$ окончательно		Горизонталь- но-фрезерный 6Р80Ш. Приспособле- ние, наладка
020	Зачистить заусенцы		Вибрационная машина ВМПВ-100
025	Резьбонарезная		
	Накатать резьбу М20-8g окончательно		Резьбонакат- ный А9158. Нож

Окончание табл. 4

Операция	Наименование, содержание операции	Схема базирования	Станок, оборудование, оснастка
030	Термическая		
035	Круглошлифовальная		
	Шлифовать поверхность $Ø20js6\left(^{+0,065}_{-0,065}\right)$ окончательно		Круглошлифовальный ЗУ10В. Центры, хомутик
040	Круглошлифовальная		
	Шлифовать поверхность $Ø25\ e8\left(^{-0,040}_{-0,073}\right)$ с подшлифовкой торца $Ø35/Ø25e8$, выдерживая размер $20H9(^{+0,052})$ окончательно		Круглошлифовальный ЗУ10В. Центры, хомутик
045	Моечная		
	Промыть деталь		
050	Навесить бирку с обозначением детали на тару		Моечная машина
055	Контрольная		Плита
060	Нанесение покрытия		

Неуказанные предельные отклонения размеров: валов $h14$, отверстий $H14$, остальных $\pm\frac{IT14}{2}$.

Необходимое общее уточнение рассчитывается по формуле

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_{\text{дет.}}}, \qquad (8)$$

где $T_{\text{заг.}}$ – допуск на изготовление заготовки (принимается по чертежу заготовки), мм; $T_{\text{дет.}}$ – допуск на изготовление детали (принимается по чертежу детали), мм.

С другой стороны, уточнение определяется как произведение уточнений, полученных при обработке поверхности на всех операциях (переходах) принятого техпроцесса

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \ldots \cdot \varepsilon_n = \prod_{i=1}^{n} \varepsilon_i, \qquad (9)$$

где ε_i – величина уточнения, полученного на i - ой операции (переходе); n – количество принятых в техпроцессе операций (переходов) для обработки поверхности.

Промежуточные значения рассчитываются по формулам

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_1}; \varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2}; \varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3}; \ldots \varepsilon_n = \frac{T_{n-1}}{T_n}, \qquad (10)$$

где $T_1 - T_3$, T_n – допуски размеров, полученные при обработке детали на первой, второй и т. д. операциях.

Точность обработки поверхности по принятому маршруту будет обеспечена, если соблюдается условие

$$\varepsilon_0 \le \varepsilon_{\text{пр}}. \qquad (11)$$

Значения допусков $T_1 - T_3$, T_n принимаются по таблицам справочника [2]. В качестве примера рассмотрим обработку поверхности вала.

Исходные данные: размер детали – $\varnothing 55\ k6^{+0,021}_{+0,002}$; размер заготовки – $\varnothing\ 58^{+0,9}_{-0,5}$. Допуск заготовки: $T_{\text{заг.}}$ = 1,4 мм, допуск детали: $T_{\text{дет.}}$ = 0,019 мм.

Необходимое общее уточнение рассчитываем по формуле (10)

$$\varepsilon_0 = \frac{1,4}{0,019} = 73,68.$$

Для обработки поверхности $\varnothing 55k6$ принимаем следующий маршрут :

– черновое точение (точность обработки по 14 квалитету);

– чистовое точение (точность обработки по 11 квалитету);

– шлифование предварительное (точность обработки по 9 квалитету);

– шлифование тонкое (точность обработки по 6 квалитету).

Из справочника [2 или табл. П2.4] выписываем допуски на межоперационные размеры: T_1 = 0,74 мм (квалитет точности *IT*14); T_2 = 0,13мм (квалитет точности *IT*11); T_3 = 0,052 мм (квалитет точности *IT*9). Тонкое шлифование, согласно той же таблице, может обеспечивать точность по шестому квалитету (*IT*6), по чертежу детали T_4 = 0,019 мм (*IT*6).

Рассчитываем промежуточное значение уточнений по формуле (10)

$$\varepsilon_1 = \frac{1,4}{0,74} = 1,89;\ \varepsilon_2 = \frac{0,74}{0,19} = 3,8;\ \varepsilon_3 = \frac{0,19}{0,074} = 2,56;\ \varepsilon_4 = \frac{0,074}{0,019} = 3,89.$$

Определяем общее уточнение для принятого маршрута обработки по формуле (11)

$$\varepsilon_{\text{пр.}} = 1,89 \cdot 3,8 \cdot 2,56 \cdot 3,89 = 72.$$

Полученное значение $\varepsilon_{\text{пр.}}$ показывает, что при принятом маршруте точность обработки поверхности Ø55*k*6 обеспечивается, так как $\varepsilon_0 < \varepsilon_{\text{пр.}}$ (73,68 < 72).

3.6. Расчет припусков на обработку

В ВКРИ подробный расчет припусков выполняется на одну поверхность (самую точную) определяемую руководителем.

Исходными данными для расчета являются:

– метод получения заготовки;

– размер поверхности детали по чертежу;

– маршрут обработки поверхности детали.

При расчете для каждой поверхности приводится расчетная таблица и схема графического расположения припусков и допусков. Все расчеты заканчиваются проверкой правильности их выполнения.

Все расчетные формулы, справочные сведения и примеры расчетов приведены в учебных пособиях [1, 9].

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначаются для поковок по ГОСТ 7505-89, для отливок по ГОСТ 26645-85 (см. прил. 3).

Значения всех припусков сводятся в таблицу (табл. 6).

Определение припусков расчетно-аналитическим методом. Согласно этому методу промежуточный припуск должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующих переходах, а также погрешности установки.

Различают припуски промежуточные (Z_i) и общие (Z_o).

При обозначении припусков используются следующие индексы: (i-1) – индекс для предшествующего перехода; i – индекс для выполняемого перехода.

$$Z_i = d_i - d_{i\,-1.}$$

Общий припуск равен сумме промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки данной поверхности

$$Z_o = \sum Z_i.$$

Общий припуск определяют как разность размеров заготовки и готовой детали. При этом промежуточные припуски для наружных и

внутренних поверхностей (рис. 2) рассчитываются по следующим формулам:

а) $Z_0 = d_{i-1} - d_i$ *б)* $Z_0 = d_i - d_{i-1}$

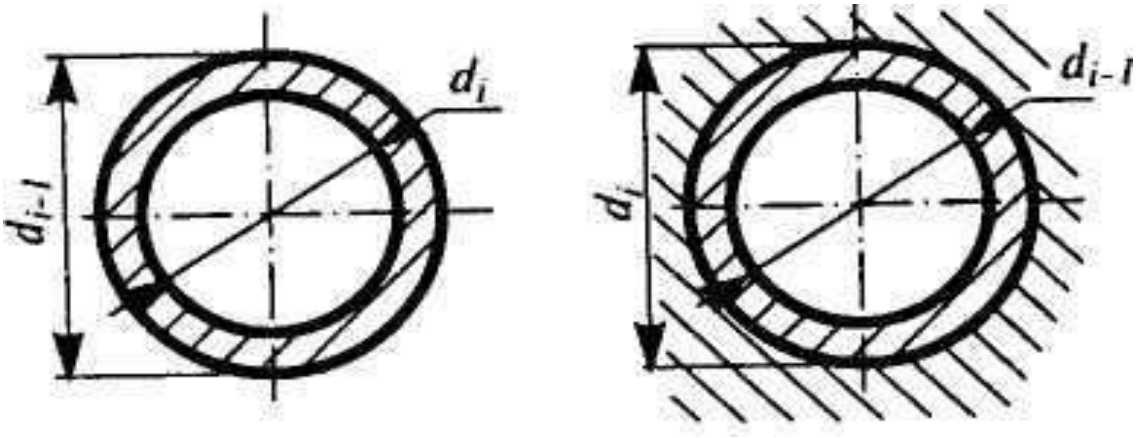


Рис. 2. Схемы расположения припусков для наружной (*а*) и внутренней (*б*) поверхностей

Правильно выбранный припуск обеспечивает:

1) устойчивую работу оборудования при достижении высокого качества продукции;
2) минимальную себестоимость продукции.

Расчетной величиной припуска является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе, и для компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе.

В соответствии с этим методом минимальный промежуточный припуск рассчитывается:

а) при обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск)

$$2Z_{i\min} = 2\left[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta^2_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i^2}\right]; \qquad (12)$$

б) при обработке поверхностей вращения в центрах

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1}); \qquad (13)$$

в) при последовательной обработке противолежащих поверхностей (односторонний припуск)

$$Z_{i\min} = (Rz)_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i; \qquad (14)$$

г) при параллельной обработке противолежащих поверхностей (двусторонний припуск)

$$2Z_{i\min} = 2[(Rz)_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i]; \qquad (15)$$

где Rz_{i-1} – высота неровностей профиля по десяти точкам на предшествующем переходе; h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой); $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$– суммарное отклонение расположения поверхности (отклонение от параллельности, перпендикулярности, соосности) на предшествующем переходе; ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Отклонение расположения Δ_Σ необходимо учитывать у заготовок (под первый технологический переход) после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий технологический переход) и после термической обработки. В связи с закономерным уменьшением величины Δ_Σ при обработке поверхности за несколько переходов на стадиях чистовой и отделочной обработки ею пренебрегают.

На основе расчета промежуточных припусков определяют предельные размеры заготовки по всем технологическим переходам.

Промежуточные расчетные размеры устанавливают в порядке,

обратном ходу технологического процесса обработки этой поверхности, т. е. от размера готовой детали к размеру заготовки, путем последовательного п р и б а в л е н и я (для *наружных* поверхностей) к исходному размеру готовой детали промежуточных припусков или путем последовательного в ы ч и т а н и я (для *внутренних* поверхностей) от исходного размера готовой детали промежуточных припусков. Наименьшие (наибольшие) предельные размеры по всем технологическим переходам определяют, округляя их увеличением (уменьшением) расчетных размеров до того знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода. Наибольшие (наименьшие) предельные размеры вычисляют путем прибавления (вычитания) допуска к округленному наименьшему (наибольшему) предельному размеру.

Предельные значения припусков Z_{max} определяют как разность наибольших (наименьших) предельных размеров и Z_{min} как разность наименьших (наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого (выполняемого и предшествующего) переходов.

Общие припуски Z_{0max} и Z_{0min} находят как сумму промежуточных припусков на обработку:

$$Z_{0\,\max} = \sum Z_{i\,\max}; \qquad (16)$$

$$Z_{0_{\min}} = \sum Z_{i_{\min}}; \qquad (17)$$

Правильность расчетов определяют по уравнениям:

$$Z_{i_{\max}} - Z_{i_{\min}} = T_{i-1} - T_i; \qquad (18)$$

$$2Z_{i_{\max}} - 2Z_{i_{\min}} = T_{Di-1} - T_{Di}; \qquad (19)$$

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}}; \qquad (20)$$

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = T_{D\text{заг}} - T_{D\text{дет}}, \qquad (21)$$

где $T_{i\text{-}1}$, $T_{Di\text{-}1}$ – допуски размеров на предшествующем переходе; T_i, T_{Di} – допуски размеров на выполняемом переходе; $T_{\text{заг}}$, $T_{D\text{заг}}$ – допуски на заготовку; $T_{\text{дег}}$, $T_{D\text{дет}}$ – допуски на деталь.

Общие максимальные и минимальные припуски на обработку и предельные промежуточные размеры заготовки определяются из схемы, представленной на рис. 3.

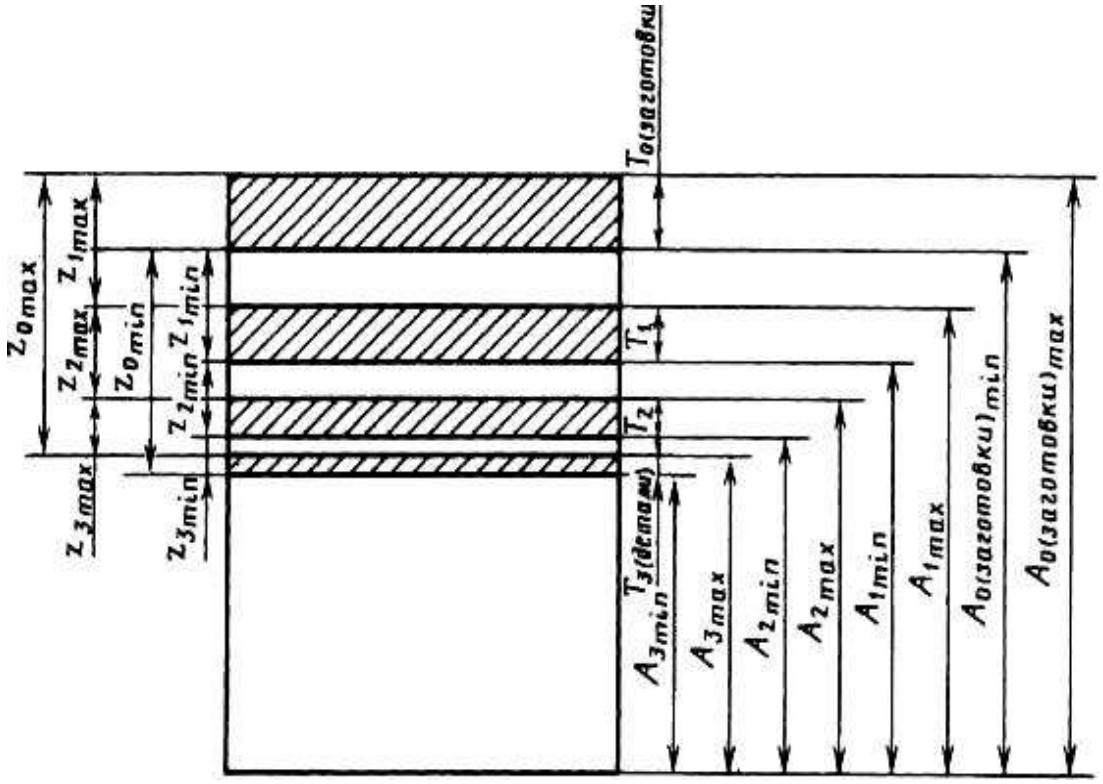


Рис. 3. Исходная схема для расчета общего припуска и промежуточных размеров

Пример. Трехступенчатый вал (рис. 5) изготавливается из стали 45 методом штамповки класса точности 5Т по ГОСТ 7505-89 (см. рис. 4). Масса заготовки 2 кг. Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, в результате которой были обра-

ботаны торцы и выполнены центровые отверстия.

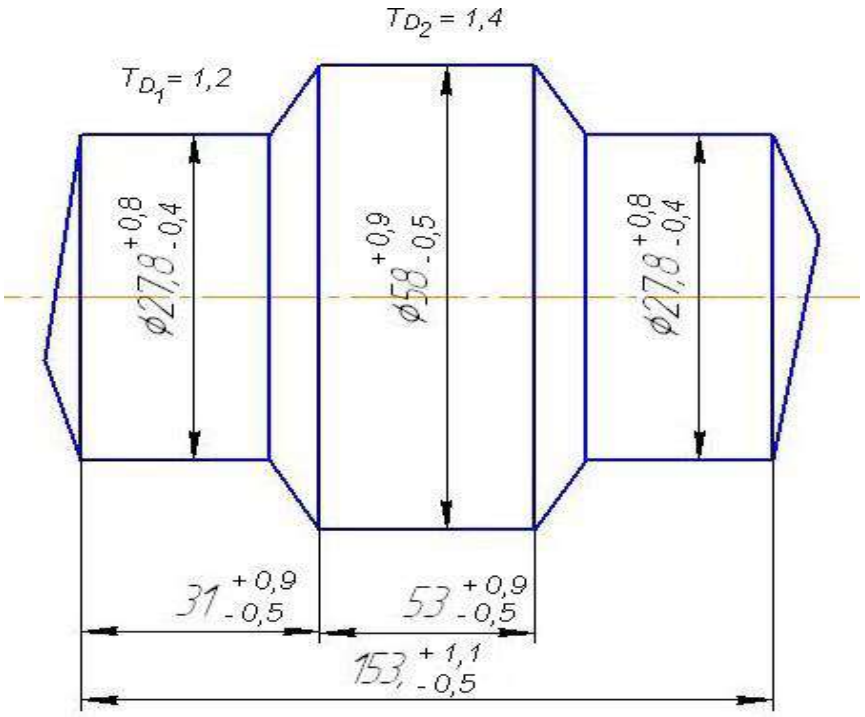


Рис. 4. Эскиз заготовки

Базирование заготовки при фрезерно-центровальной операции осуществляется по поверхностям D_1 и D_3 ($D_1 = D_3 = 25n6$ мм). Шейка с наибольшим диаметром D_2 ступени имеет размер $\varnothing 55\ k6^{+0,021}_{+0,002}$

Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки D_2 аналитическим методом. Рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого перехода.

Решение. Соответственно заданным условиям устанавливаем маршрут обработки ступени D_2:

а) черновое точение;

б) чистовое точение;

в) предварительное шлифование;

г) окончательное шлифование.

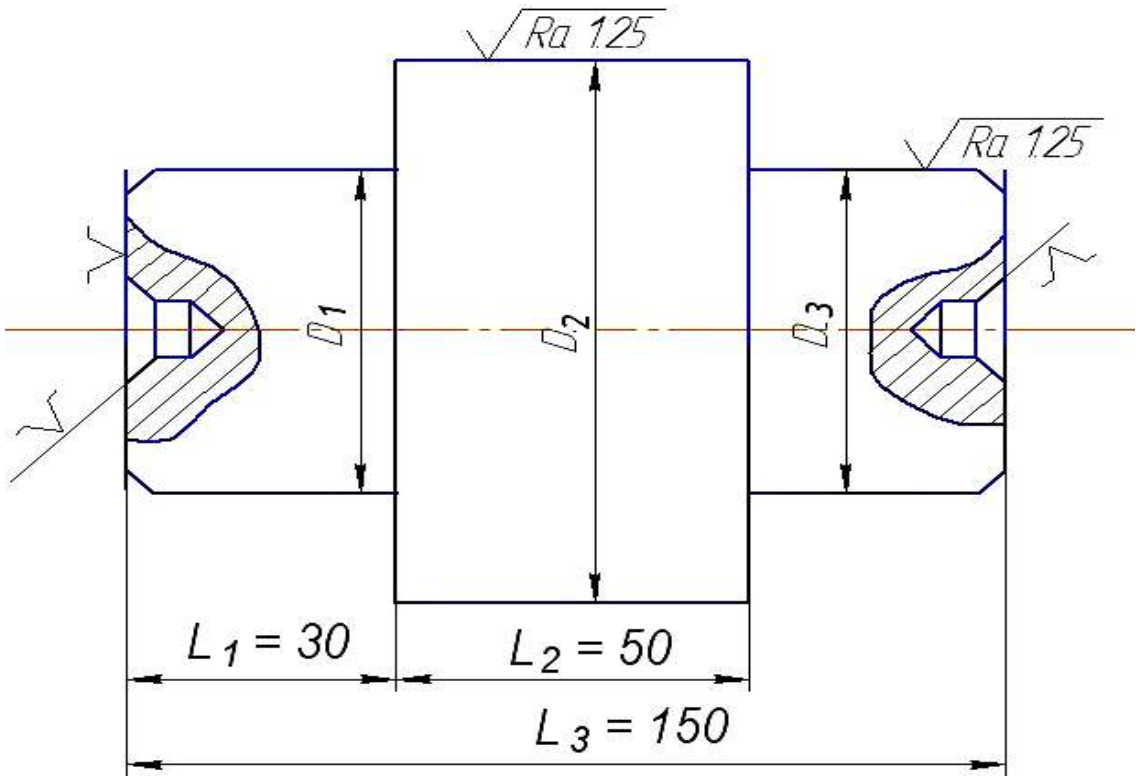


Рис. 5. Эскиз вала

Вся указанная обработка выполняется с установкой в центрах. Заносим маршрут обработки в графу 1 табл. 7. Данные для заполнения граф 2, 3 для штампованной заготовки взяты из [2]; для механической обработки – из [2]. Данные графы 8 для заготовки и механической обработки взяты из [3].

Расчет отклонений расположения поверхностей штампованной заготовки при обработке в центрах производят по формуле (см. [2])

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{24^2 + 500^2} \cong 500\text{мкм},$$

где $\Delta_{\Sigma k}$ – общее отклонение оси от прямолинейности;

Δ_y – смещение оси в результате погрешности центрования.

Общее отклонение оси от прямолинейности

$$\Delta_{\sum k} = 2\Delta_k l_k = 2 \cdot 0{,}15 \cdot 80 = 24 \text{мкм},$$

где l_k – размер от сечения, для которого определяется кривизна, до ближайшего наружного торца. Для рассматриваемого случая $l_k = l_1 + l_2 = 80$ мм. Δ_k – удельная кривизна в микрометрах на 1 мм длины (в маршруте предусмотрена правка заготовки на прессе, после которой $\Delta_k = 0{,}15$ мкм/мм (см. [2])). Средний диаметр, который необходимо знать для выбора величины Δ_k , определяется как

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + \ldots + D_n l_n}{L} = \frac{25 \cdot 30 + 55 \cdot 50 + 25 \cdot 70}{150} = 35 \text{мм}.$$

Смещение оси заготовки в результате погрешности центрования

$$\Delta_y = 0{,}25\sqrt{T^2 + 1} = 0{,}25\sqrt{1{,}4^2 + 1} = 0{,}43 \text{ мм},$$

где $T = 1{,}4$ мм – допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованной при центровании [2, табл. 32].

Величину остаточных пространственных отклонений чернового обтачивания определяют по уравнению

$$\Delta_r = K_y \Delta_\sum = 0{,}06 \cdot 430 = 26 \text{ мкм},$$

где K_y – коэффициент уточнения, равный 0,06 (см. [2]).

Величину остаточных пространственных отклонений чистового точения рассчитывают по уравнению

$$\Delta_r = K_y \Delta_\sum = 0{,}04 \cdot 26 = 1{,}0 \text{ мкм},$$

K_y принимается равным 0,04 (см. [2]).

Расчетные величины отклонений расположения поверхностей заносим в графу 4 табл. 7.

Минимальные припуски на диаметральные размеры для каждого перехода рассчитываются по уравнению (12):

а) черновое точение $2Z_{i\min} = 2(160 + 200 + 430) = 1580$ мкм;

б) чистовое точение $2Z_{i\min} = 2(50 + 50 + 26) = 252$ мкм;

в) предварительное шлифование $2Z_{i\min} = 2(25 + 25 + 1{,}0) = 102$ мкм;

г) чистовое шлифование $2Z_{i\min} = 2(10 + 20) = 60$ мкм.

Расчетные значения припусков заносим в графу 6 табл. 7.

Расчет наименьших размеров по технологическим переходам начинаем с наименьшего (наибольшего) размера детали по конструкторскому чертежу производим по зависимости $d_{i+1} = d_i + Z_{1\min}$ в следующей последовательности:

а) предварительное шлифование 55,002 + 0,060 = 55,062 мм;

б) чистовое точение 55,062 + 0,102 = 55,164 мм;

в) черновое точение 55,164 + 0,252 = 55,414 мм;

г) заготовка 55,414 + 1,580 = 56,994 мм.

Наименьшие расчетные размеры заносим в графу 7 табл. 7, наименьшие предельные размеры (округленные) – в графу 10 табл. 7.

Наибольшие предельные размеры по переходам рассчитываем по зависимости $d_{i\max} = d_{i\min} + T_{di}$ в такой последовательности:

а) окончательное шлифование 55,002 + 0,021 = 55,023 мм;

б) предварительное шлифование 55,062 + 0,074 = 55,136 мм;

в) чистовое точение 55,16 + 0,190 = 55,350 мм;

г) черновое точение 55,40 + 0,740 = 56,140 мм;

д) заготовка 57,0 + 1,4 = 58,4 мм.

е) Результаты расчетов заносим в графу 9 табл. 7.

ж) Фактические минимальные и максимальные припуски по переходам рассчитываем в такой последовательности:

Максимальные припуски: Минимальные припуски:

55,130 - 55,021 = 0,109 мм; 55,06 - 55,002 = 0,058 мм;

55,350 - 55,130 = 0,220 мм; 55,16 - 55,060 = 0,10 мм;

56,1 - 55,350 = 0,75 мм; 55,40 - 55,16 = 0,24 мм;

58,4 - 56,1 = 2,3 мм. 57,00 - 55,40 = 1,6 мм.

Результаты расчетов заносим в графы 11 и 12 табл. 7. Определяем общие припуски:

общий наибольший припуск

$$Z_{o\,max} = \sum Z_{o\,max} = 0.109 + 0,22 + 0,75 + 2,3 = 3,379 \text{ мм};$$

общий наименьший припуск

$$Z_{o\,min} = \sum Z_{o\,min} = 0,058 + 0,1 + 0,27 + 1,6 = 1,998 \text{ мм}.$$

Правильность расчетов проверяем по уравнению (20):

$$Z_{o\,max} - Z_{o\,min} = 3,379 - 1,998 = T_{заг} - T_{дет} = 1,4 - 0,019 = 1,381 \text{ мм}.$$

Припуски на остальные поверхности назначаются по таблицам, составленным по обобщенным производственным данным и сводятся в табл. 6

Таблица 6

Припуски и предельные отклонения на обрабатываемые поверхности вала, мм

Размер детали	Припуск, мм		Предельные отклонения
	табличный	расчетный	
Ø 55 *k*6	-	2 × 1,65	+ 0,9 - 0,5
Ø 25 *n*6	2 × 1,5	-	+ 0,8 - 0,4
$30_{-0,62}$	2 × 1,5	-	+ 0,8 - 0,4
$150_{-1,15}$	2 × 1,8	-	+ 1,4 - 0,8

Таблица 7

Результаты расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам (рис. 4)

Маршрут обработки $\varnothing 55\ k6^{+0,021}_{+0,002}$	Элементы припуска, мкм				Расчетный		Допуск на промежуточные размеры, мкм	Принятые (округленные) размеры заготовки по переходам, мкм		Предельный припуск, мкм	
	Rz	h	Δ_Σ	ε_i	Припуск $2Z_i$, мкм	Минимальный размер, мм		Наибольший	Наименьший	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штамповка	160	200	430	–	–	56,996	1400	58,4	57,0	—	—
Точение											
Черновое	50	50	26	0	1580	55,416	740	56,1	55,40	2,3	1,6
Чистовое	25	25	1,0	0	252	55,164	190	55,35	55,16	0,75	0,24
Шлифование											
Предварительное	10	20	0	0	102	55,062	74	55,13	55,06	0,22	0,10
Окончательное	—	—	—	—	60	55,002	19	55,021	55,002	0,109	0,058

3.7. Расчет режимов резания

В ВКРИ подробно рассчитываются режимы резания на указанную (самую точную) поверхность по аналитическим формулам теории резания металлов, на остальные операции и поверхности – по нормативам.

Расчет режимов резания с использованием аналитических формул выполняется по справочнику [3].

Для расчета режимов резания по нормативам используются справочники [4, 5].

Расчет режимов резания для всех операций начинается с описания исходных условий обработки, которые включают:

- номер и наименование операции;
- краткое содержание операции;
- наименование и модель станка;
- наименование режущего инструмента, его размеры, марка
  - режущей части

Далее определяется глубина резания с учетом величины припуска и маршрутной технологии обработки поверхности (черновая, чистовая, окончательная и т. д.). При этом на чистовую и отделочную обработку оставляется, как правило, 20 ... 30 % общего припуска.

Подача на оборот S_o (подача на зуб S_z при фрезеровании) выбирается в зависимости от глубины резания по справочникам. Справочные значения подачи корректируются и принимаются окончательно по паспортным данным станка выбранной модели. Такие данные имеются в учебном пособии [1] или рассчитываются [7].

Скорость резания $V_р$ рассчитывается по формулам теории резания или определяется по нормативам. По рассчитанному значению скорости определяется расчетная частота вращения шпинделя

$$n_р = \frac{1000 \cdot V_р}{\pi \cdot D}, \quad (22)$$

где D – диаметр детали или инструмента.

Рассчитанное значение частоты вращения корректируется по паспорту станка – принимается ближайшее меньшее действительное ($n_д$), по которой определяется действительная скорость резания $V_д$.

$$V_д = \frac{\pi \cdot D \cdot n_д}{1000}. \quad (23)$$

В заключение (для черновой обработки) рассчитывается эффективная мощность резания $N_с$ и сравнивается с мощностью главного привода станка $N_{ст}$. с учетом его КПД.

По всем остальным операциям режимы резания **(в пояснительной записке расчеты не приводятся), записываются в операционные карты.**

3.8. Расчет норм времени

Расчет норм времени выполняется для всех операций.

В крупносерийном и массовом производстве рассчитывается норма штучного времени

$$t_{шт.} = t_о + t_в + t_{обс.} + t_{отд.}, \quad (24)$$

где $t_о$ – основное время; $t_в$ – вспомогательное время; $t_{обс.}$ – время на обслуживание рабочего места; $t_{отд.}$ – время на отдых.

В мелко- и среднесерийном производстве рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени

$$t_{\text{шт.–к}} = t_{\text{шт.}} + \frac{t_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (25)$$

где $t_{\text{п.з.}}$– подготовительно-заключительное время; n – размер партии деталей.

Основное время рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{о}} = \frac{L_{\text{рез}} + y}{S_{\text{о}} \cdot n} i, \quad (26)$$

где L – длина резания (размер по чертежу), мм; y – величина врезания и перебега, мм; i – количество рабочих ходов (прил. 4).

Вспомогательное время $t_{\text{в}}$ состоит из затрат времени на отдельные приемы

$$t_{\text{в}} = t_{\text{ус.}} + t_{\text{з.о.}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{из}}, \quad (27)$$

где $t_{\text{ус.}}$– время на установку и снятие детали; $t_{\text{з.о.}}$.– время на закрепление и открепление детали; $t_{\text{уп.}}$– время на приемы управления станком; $t_{\text{из.}}$ – время на измерение детали.

Оперативное время рассчитывается по формуле

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{в}}. \quad (28)$$

Время на обслуживание и отдых ($t_{\text{обс.}}$ и $t_{\text{отд.}}$) в серийном производстве по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени $t_{\text{оп.}}$ (прил. 6).

В массовом производстве время на отдых $t_{\text{отд.}}$ задается в процентах от оперативного времени [5].

Время на обслуживание $t_{обс.}$ в массовом и крупносерийном производстве слагается из времени на организационное обслуживание $t_{орг.}$ и времени на техническое обслуживание $t_{тех.}$

$$t_{обс.} = t_{орг.} + t_{тех.}\,. \qquad (29)$$

Подготовительно-заключительное время состоит из:

– времени на наладку станка и установку приспособления;

– времени перемещений и поворотов рабочих органов станков;

– времени на получение инструментов и приспособлений до начала и сдачи их после окончания обработки и др.

Примеры расчета норм времени приведены в учебном пособии [1]. Расчеты норм времени по всем операциям сводятся в табл. 8 и записываются в операционные карты.

Таблица 8

Сводная таблица норм времени, мин

Номер операции	Наименование операции	Основное время, t_0	Вспомогательное время, $t_в$	Оперативное время, $t_{оп.}$	Время обслуживания $t_{обс.}$	Время на отдых, $t_{отд.}$	Штучное время, $t_{шт.}$	Подготовит, - закл. время, $t_{пз.}$	Величина партии, n	Штучно - калькуляционное время, $t_{шт.к}$
05										
10										
…										
40										

4. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ВКРИ

4.1. Чертеж заготовки

Заготовки из проката в графической части **не вычерчиваются**. Их эскиз помещается в пояснительной записке в разделе «Выбор заготовки». При этом внутри заготовки тонкими линиями вычерчивается контур детали. Предельные отклонения на диаметр устанавливаются по ГОСТ 2590-88, а на длину – в зависимости от принятого способа разрезки прутка по табл. 78 [2].

Штампованные заготовки выполняются по ГОСТ 7505-89 и вычерчиваются отдельно от чертежа детали. Внутри заготовки тонкими сплошными линиями вычерчивается контур детали. Примеры выполнения поковок приведены в прил. 5, ГОСТ 7505-89.

На чертеже поковки в технических требованиях указываются:

– исходная твердость;

– группа материала, класс точности, степень сложности, исходный индекс по ГОСТ 7505-89;

– радиусы закруглений наружных и внутренних углов;

– штамповочные уклоны;

– допускаемая величина остаточного облоя;

– допускаемое смещение по поверхности разъема штампа;

– допускаемая величина высоты заусенца;

– допускаемое отклонение от концентричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки (для поковок с от-

верстием);

– другие технические требования.

Чертежи отливок выполняются в соответствии с ГОСТ 26645-85.

Чертеж отливки может быть совмещен с чертежом детали. При этом основным изображением является чертеж детали. Он вычерчивается основными линиями, а припуски на механическую обработку показываются сплошными тонкими линиями.

Штриховка припусков, попадающих в разрезы или сечения, показывается накрест лежащими линиями, расположенными под углом 90°. Направление одной из штриховок должно быть продолжением штриховки детали. Припуски, не попадающие в разрезы или сечения, не штрихуются.

Отверстия, не получаемые в заготовке и изображенные на проекциях окружностями, перечеркиваются накрест лежащими линиями под углом 90°.

На совмещенном чертеже детали и отливки припуски на механическую обработку допускается изображать красным цветом, направление штриховки припусков при этом должно являться продолжением штриховки детали (припуск штрихуется красным цветом).

На совмещенном чертеже указываются размеры припусков.

На совмещенном чертеже детали и отливки технические требования пишутся раздельно (первыми указываются технические требования для заготовки).

В состав технических требований для заготовки входят:

- исходная твердость;

- радиусы закруглений, если не обозначены на чертеже;

- литейные уклоны;

- точность отливки по ГОСТ 26645-85;

- масса отливки по ГОСТ 26645-85.

4.2. Чертеж детали

Чертеж детали должен соответствовать требованиям действующих стандартов ЕСКД.

Технические требования в отредактированном виде записываются в следующей последовательности:

– требования к материалу детали, заготовке и термической обработке;

– требования к качеству поверхности детали, покрытию, отделке, краске и др.;

– отклонения формы и взаимного расположения поверхностей детали, не имеющие условных обозначений:

– условия и методы испытаний;

– указания о маркировании и клеймении;

– правила транспортирования и хранения;

– особые условия эксплуатации;

– ссылки на другие документы, содержащие технические требования к данному изделию, но не приведенные на чертеже (стандарты, технические условия, инструкции и т. п.).

Заголовок «Технические требования» на чертеже не пишут. Неуказанные предельные отклонения размеров записывают в виде: $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$ или $H14$, $h14$, $\pm t_2/2$.

4.3. Операционные эскизы – иллюстрация технологического процесса

В графической части ВКРИ (иллюстрация техпроцесса) выполняются операционные эскизы на **разнохарактерные** технологические операции, например, токарную, сверлильную, протяжную, зубодолбежную, зубофрезерную, зубошевинговальную, внутришлифовальную, плоскошлифовальную и т. д.

На листе **не допускается вычерчивания однотипных** операций, например, черновой и чистовой токарных операций на одни и те же поверхности.

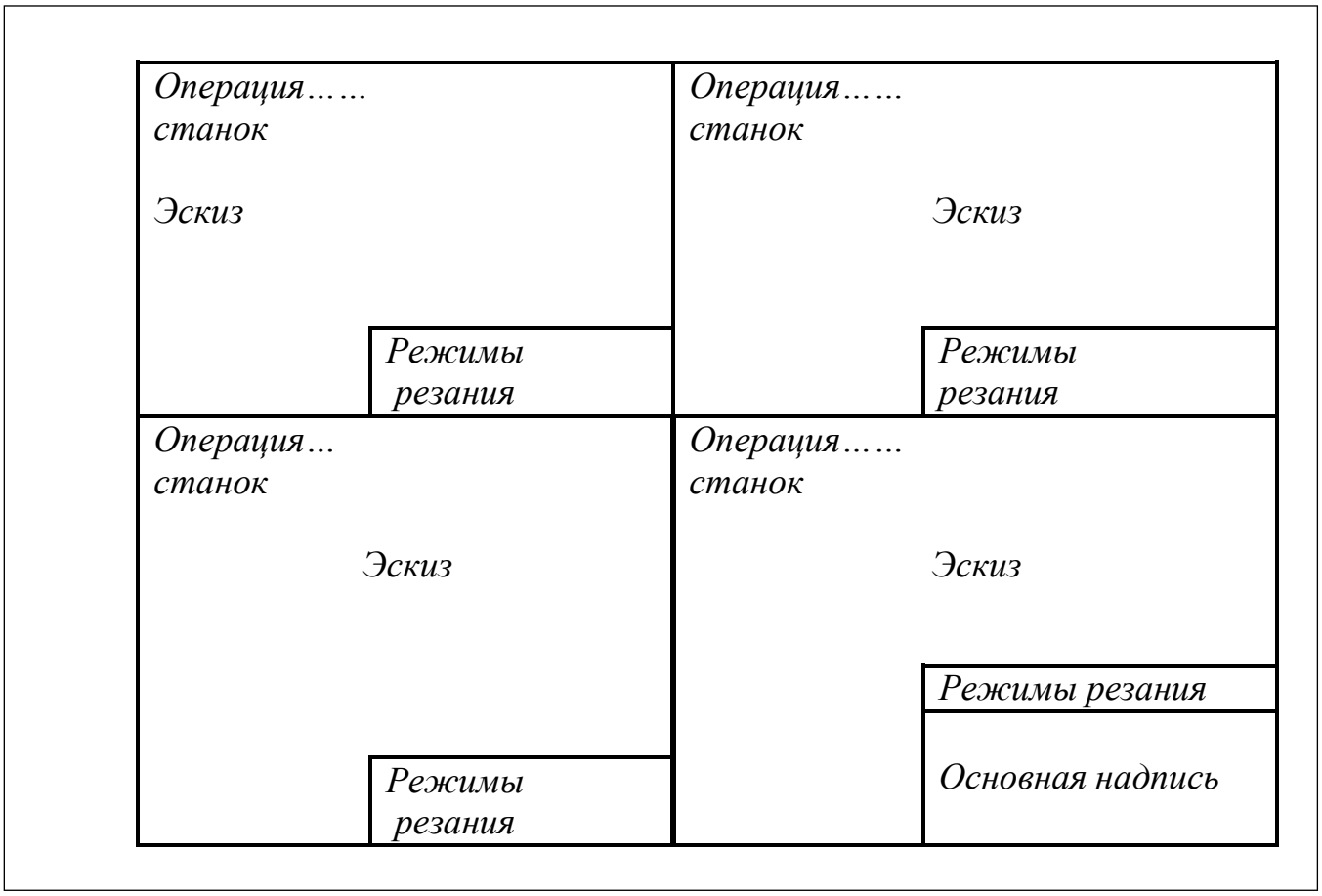


Рис. 5. Форма листа для выполнения операционных эскизов

Перечень операций, представленных в графической части, определяет руководитель технологической части.

Общий объем операционных эскизов в ВКРИ составляет один лист формата А1. Для выполнения эскизов рабочее поле (внутри рамки) формата А1 делится на четыре равные части тонкими линиями (рис. 5). В каждом получившемся формате вычерчивается эскиз одной операции. В левом верхнем углу записывается номер и наименование операции, например «Операция 05 - токарная». В правом нижнем углу размещается таблица с режимами резания, размеры которой приведены на рис. 6.

								15
Наименование и модель станка	*V, м/мин*	*n мин$^{-1}$*	*t мм,*	*S_o, мм/об*	*$S_м$, мм/мин*	*T_o, мин.*	*$T_{шт.}$, мин.*	*20*
	18	*18*	*18*	*18*	*18*	*18*	*18*	
	185							

Рис. 6. Таблица режимов резания при одноинструментальной обработке детали

При изображении операции, которая выполняется на многошпиндельных (многопозиционных) станках, количество форматов, на которые делится формат А1, равно количеству позиций, включая загрузочную позицию.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть достаточным для четкого представления о форме, размерных связях обрабатываемых поверхностей с другими поверхностями детали, а также о принципе действия и конструктивной схеме приспособления.

Деталь на эскизах изображается в рабочем положении, закрепленной в приспособлении.

Режущий инструмент на эскизах изображается в конечном положении **(после обработки).** Сверла, зенкеры, развертки и метчики показываются в начальном положении **(до обработки).**

Деталь и режущие инструменты на эскизах вычерчиваются в произвольном масштабе, но одном для всех эскизов. На операционных эскизах обрабатываемые поверхности обводятся сплошными линиями толщиной 3***S***.

На эскизах должны быть указаны:

– шероховатость обрабатываемых поверхностей;

– размеры обрабатываемых поверхностей с предельными отклонениями, которые выбираются в соответствии с таблицами допусков;

– допуски формы и взаимного расположения поверхностей, если они обеспечиваются на данной операции;

– направление движения инструментов и детали стрелками с буквенными обозначениями (D_v – главное движение резания; D_s – движение подачи, D_r – вспомогательное движение).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Минск: Вышэйш. школа, 1983. - 256 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. М.: Машиностроение – 1, 2001. – 912 с.

3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. – М.:Машиностроение-1, 2001. - 944 с.

4. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; под общ. ред. А. А. Панова.– М.: Машиностроение 1988.– 736 с.: ил.

5. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования: серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

6. Т. П. Глинникова, С. А. Волегов. Изучение геометрии режущего инструмента и выбор режима резания (в 2-х частях). пособие по выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Технология конструкционных материалов» для студентов направления 150400 - «Технологические машины и оборудование». Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2006.

7. Т. П. Глинникова, С. А. Волегов. Расчет припусков и межоперационных размеров. Учебное пособие по дисциплинам технологического цикла для студентов направления 551800- «Технологические

машины и оборудование». Екатеринбург: Изд-во УГГУ 2006. – 50 с.

8. Т. П. Глинникова. Выбор заготовки. методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология заготовительного производства» для студентов специальности 170100 – «Горные машины и оборудование» (ГМР) направления 651600 – «Технологические машины и оборудование». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 29 с.

9. Проектирование технологических процессов в машиностроении: учебное пособие для вузов / И. П. Филонов, Г. Я. Беляев, Л. М. Кожуро и др.; под общ. ред. И. П. Филонова. - Минск: УП «Технопринт», 2003. – 910 с.

10. Т. П. Глинникова, С. А. Волегов. Технологическая часть выпускной квалификационной работы бакалавра, инженера и курсового проекта: Справочно-методическое пособие./ Т. П. Глинникова, С. А. Волегов – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008 – 54 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Формулы для определения типа производства

Таблица П1.1.

Приближенные формулы для определения основного технологического времени $T_o \cdot 10^{-3}$, мин.

Черновая обточка за один проход	0,17dl
Чистовая обточка по 11-му квалитету	0,1dl
Чистовая обточка по 9-му квалитету	0,17dl
Черновая подрезка торца R_a 6,3	0,037($D^2 - d^2$)
Чистовая подрезка торца R_a 1,6	0,052($D^2 - d^2$)
Отрезание	0,19D^2
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	0,63($D^2 - d^2$)
Шлифование грубое по 11-му квалитету	0,07dl
Шлифование чистое по 9-му квалитету	0,1dl
Шлифование чистовое по 6-му квалитету	0,15dl
Растачивание отверстий на токарном станке	0,18dl
Сверление отверстий	0,52dl
Рассверливание d = 20…60	0,31dl
Зенкерование	0,21dl
Развертывание черновое	0,43dl
Развертывание чистое	0,86dl
Внутреннее шлифование отверстий 9-го квалитета	1,5dl
Внутреннее шлифование отверстий 7-го квалитета	1,8dl
Черновое растачивание отверстий за один проход *Ra* 12,5	0,2dl
Черновое растачивание под развертку	0,3dl
Развертывание плавающей разверткой по 9-му квалитету	0,27dl
Развертывание плавающей разверткой по 7-му квалитету	0,52dl
(d - диаметр, l – длина обрабатываемой поверхности, D – диаметр обрабатываемого торца, ($D - d$) – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца)	
Протягивание отверстий и шпоночных канавок (l – длина протяжки, мм)	0,4l
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	0,034Bl
Фрезерование черновое торцевой фрезой: – за проход – чистовое	 6l 4l
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	7l
Шлифование плоскостей торцом круга	2,5l
(B – ширина обрабатываемой поверхности, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм)	

Окончание табл. П1.1.

Фрезерование зубьев червячной фрезой (D = 30 … 300 мм)	2,2Db
Обработка зубьев червячных колес (D = 100 … 400 мм)	60,3D
(D – диаметр зубчатого колеса, мм; b – длина зуба, мм)	
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	9lz
Шлицешлифование	4,6lz
(l – длина шлицевого валика, мм; z – число шлицев)	
Нарезание резьбы на валу (d = 32 … 120 мм)	19dl
Нарезание метчиком резьбы в отверстиях (d = 10 … 24 мм)	0,4dl
(d – диаметр резьбы, мм; l – длина резьбы, мм)	

Таблица П1.2.

Значение коэффициента φ_k

Виды станков	Производство	
	единичное и мелкосерийное	крупносерийное
Токарно-револьверные	1,98	1,27
Токарно-многорезцовые	–	1,35
Вертикально-сверлильные	1,72	1,50
Радиально-сверлильные	1,75	1,30
Расточные	3,25	1,41
Круглошлифовальные	2,10	–
Строгальные	1,73	1,55
Фрезерные	1,84	–
Зуборезные	1,66	1,51
Токарные	2,14	1,27
Примечание: Штучно-калькуляционное время $T_{\text{шк}} = \varphi_k T_{\text{о}}$.		

Приложение 2

Характеристика основных методов получения заготовок литьем, допуски размеров и шероховатость

Таблица П2.1

Характеристика основных методов получения заготовок литьем

Метод получения	Масса заготовок, т	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность выполнения	Шероховатость *Ra* , мкм	Материал	Тип производства
Разовые формы						
Литье в оболочковые формы; песчано-смоляные химически Твердеющие	До 0,15	Сталь 3 … 5, алюминий 1 … 1,5	*IT* 13…14	10 …2,5	Чугун, сталь, цветные сплавы	Серийное и массовое
Литье в песчаноглинистые формы: ручная формовка по деревянным моделям	До 100	Чугун 3 … 5, сталь 5 … 8, цветные сплавы 3 … 8	*IT* 17	80 … 20	Чугун, сталь, специальные сплавы	Единичное и мелкосерийное
Машинная формовка	До 10		*IT* 16 … 17	20 … 5		Серийное
Машинная формовка по металлическим моделям	3…5		*IT* 14 … 16	20 … 5		Крупносерийное и массовое

Окончание табл. П2.1

Метод получения	Масса заготовок, т	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность выполнения	Шероховатость *Ra* , мкм	Материал	Тип производства
Литье по выплавляемым моделям (выжимаемым, растворяемым, замораживаемым)	До 0,15	0,5	*IT* 11 …12	10 … 2,5	Труднообрабатываемые сплавы	Серийное
Многократные формы						
Центробежное литье	0,01…1	5… 6	*IT* 12…14	40 … 10	Чугун, сталь, цветные сплавы	Крупносерийное и массовое
Литье под давлением	До 0,1	0,5	*IT* 8 … 12	5,0 …0,6	Цветные сплавы	
Литье в кокиль	7 (чугун), 4 (сталь), 0,5 (цветные сплавы)	Чугун 15, сталь 10	*IT* 12 …15	20… 2,5	Чугун, сталь, Цветные сплавы	Серийное и массовое

Таблица П2.2

Допуски размеров и шероховатость поверхности отливок

Таблица П2.3

Коэффициент уточнения K_y для отливок, поковок, штампован-

			Сплавы цвет-	
Технологический переход				K_y
Однократное и черновое точение штампованных заготовок, заготовок из горячекатаного проката, предварительное шлифование проката				0,06
Получистовая обработка заготовок из проката, штампованных заготовок, рассверливание отверстий, смещение оси отверстия после черновой обработки				0,05
Чистовое точение заготовок из сортового проката обыкновенного качества, штампованных заготовок, после первого технологического перехода обработки литых заготовок, после чистового шлифования проката				0,04
Двукратное обтачивание калиброванного проката или двукратное шлифование заготовок после токарной обработки				0,02
Получистовая обработка (зенкерование и черновое развертывание отверстий)				0,005
Чистовая обработка – развертывание отверстий		*Rz* = 20 мкм	*Rz* = 40 мкм	*Rz* = 80 мкм 0,002
В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой; центробежное	630 – 4000	*IT* 14 – IT 18; *Rz* = 40 мкм	*IT* 15 – IT 19; *Rz* = 80 мкм	*IT* 16 – *IT* 20; *Rz* = 80 мкм *IT* 20; *Rz* = 80 мкм

ных заготовок и сортового проката

Таблица П2.4

Значения допусков *T*, мкм, для размеров деталей до 500 мм

Размер, мм	Квалитет												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	ПО	180	270	430	700	1100	1800
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74,	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

Приложение 3

Характеристика основных методов получения заготовок обработкой давлением, допуски размеров и шероховатость

Таблица П3.1

Характеристика основных методов получения заготовок обработкой давлением

Метод получения заготовок		Размер или масса	Толщина стенок мм	Точность	Шероховатость *Ra*, мкм	Материал	Тип производства
Ковка	На молотах и прессах	До 250 т	3… 5	На молотах по ГОСТ 7829-70 на прессах по ГОСТ 7062-79	До 12,5	Углеродистые и легированные стали	Единичное и мелкосерийное
	На молотах в подкладках кольцах и штампах	До 10 кг		По ГОСТ 7829-70	До 12,5		Мелкосерийное
	На радиально-ковочных машинах	Диаметр прутка (трубы) до 150 мм		0,1 … 0,6 (горячая); 0,04 … 0,4 (холодная)	До 0,4 (холодная)		Серийное и массовое

Окончание табл. П3.1

Метод получения заготовок		Размер или масса	Толщина стенок мм	Точность	Шероховатость, *Ra* ,мкм	Материал	Тип производства
Штамповка	На молотах и прессах	До 0,4 т	2,5	Классы Т4 … Т5 По ГОСТ 7505-89	12,5… … 3,2		
	На горизонтально ковочных машинах	До 30 кг	2,5	Классы Т4 … Т5 По ГОСТ 7505-89			
	Выдавливанием	Диаметр до 200 мм	–	Классы Т3 … Т4 По ГОСТ 7505-89			
	На чеканочных и кривошипно-коленных машинах	До 0,1 т	2,5	На 25 … … 30 % выше, чем на молотах			

Таблица П3.2.

Допуски на элементы заготовок, получаемых обработкой давлением

Способ получения заготовок	Достигаемая точность (средние значения), мм	*Rz*, мкм
Ковка на молотах и прессах	3,0 – 30,0	До 80
Ковка на молотах в подкладных кольцах и штампах	1,0 – 2,5	До 80
Ковка на радиально-ковочных машинах:		
холодная	0,04 – 0,4	До 40
горячая	0,1 - 0,6	До 40
Штамповка на молотах и прессах	0,7 – 11,0	20 – 80
Штамповка с последующей калибровкой	0,05 – 0,1	2,5 – 10
Штамповка высадкой на горизонтально-ковочных машинах	0,7 – 3,4	20 – 80
Штамповка выдавливанием	0,2 – 0,5	20 – 80
Штамповка на чеканочных прессах	0,05 – 0,25	20 – 80
Холодная высадка на автоматах	0,125 – 0,8	1,25 – 5,0

Приложение 4

ВЕЛИЧИНЫ ВРЕЗАНИЯ И ПЕРЕБЕГА ИНСТРУМЕНТА

Таблица П4.1

Величина врезания и перебега инструмента

Обработка одним резцом										
Тип резцов			угол резца в плане φ, градус	глубина резания, мм						
				1	2	4	6	8	10	12
				Врезание и перебег, мм						
Резцы проходные, расточные и подрезные			45	2	3,5	6	8	11	13	15
			60	2	3,5	4	5	7	8	9
			75	2	3,5	3	4	5	6	6
			90	3 – 5						
Обработка отверстий										
Характер обработки				диаметр инструмента, мм, до						
				5	10	15	20	25	30	40	50	60
				врезание и перебег, мм								
Сверление на проход	с одинарной заточкой			2,5	5	6	8	10	12	15	18	23
	с двойной заточкой			--	6	8	10	15	16	18	22	27
Сверление в упор				2	4	6	7	9	11	14	17	21
Зенкерование	на проход	глубина резания, мм, до	1	–	–	3	3	3	4	4	5	5
			3	–	–	5	5	5	6	6	7	7
			5	–	–	–	7	7	8	8	9	9
			10	–	–	–	--	12	13	13	14	15
	в упор			–	–	2	2	2	3	3	4	4
Развертывание цилиндрических отверстий	на проход			8	9	5	18	19	19	24	25	26
	в упор			2	3	3	3	3	4	4	4	5

Таблица П4.2.

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при фрезеровании цилиндрическими, дисковыми, прорезными и фасонными фрезами

Глубина Резания, *t*	Диаметр инструмента *D*, мм									
	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
1	7	8	9	10	11	13	15	16	18	20
2	9	11	12	14	15	17	19	21	24	26
3	11	13	14	16	18	20	22	25	27	31
4	12	14	16	18	20	23	26	29	32	35
5	13	15	17	20	22	25	28	31	35	39
6	14	16	18	21	24	27	30	34	38	42
7	15	17	19	22	25	29	32	36	41	45
8	15	18	20	24	27	30	34	38	43	48
9	16	19	21	25	28	32	36	40	46	51
10	16	19	22	26	29	33	38	42	48	53
12		20	23	27	31	35	40	46	52	58
14			24	29	33	38	43	49	55	62
16			25	30	35	40	45	52	58	65
18				31	36	42	47	54	61	69
20				32	38	43	50	57	64	72
22				33	39	44	51	59	67	75
25					40	46	54	62	70	78
28					41	48	56	65	74	83
30						49	57	66	76	85
35						51	60	70	80	91
40							62	73	84	96

П р и м е ч а н и е. При чистовой обработке величину врезания и перебега для дисковых фрез следует брать вдвое больше приведенной в табл. П4.2.

Таблица П4.3

Величина перебега стола при строгании в направлении главного движения

Станок	Длина обработки, l, мм, не более	Величина перебега стола или резца, l_2, мм
Продольно-строгальный	2000 4000 6000 > 6000	200 325 400 500
Поперечно-строгальный, долбежный	100 200 300 > 300	35 50 60 75

Таблица П4.4

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при работе концевыми фрезами

Диаметр фрезы D, мм	Глубина резания, t, мм									
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	10
12	4	5	6	7	8	9	–	–	–	–
14										
16	5	6	7	8	9	10	11	–	–	–
18								–	–	–
20			8	9	10	11	12	–	–	–
22					11	12	13	14	–	–
25				10	12	13	13	15	–	–
28	6	7	9	11	13	14	15	16	17	–
30				12	14	15	16	17	18	–
35			10	13	15	16	17	18	19	–
40	7	8	11	14	16	17	18	19	20	21
45	8	9	13	15	17	18	19	20	21	22
50	8	11	14	16	18	19	20	21	22	24

Таблица П4.5

Суммарная величина врезания и перебега при резьбонарезании

Режущий инструмент	Обработка		Врезание + перебег, мм
Резцы резьбовые	Напроход при шаге резьбы P	< 6 < 10 < 10	4P 3P 2P
	В упор		3P
	Вихревым методом		3P
Метчики машинные	Напроход		6P
	В упор		3P
Метчики гаечные	Напроход		Длина режущей части метчика
Плашки круглые, самооткрывающиеся головки	–		2P
Плашки тангенциальные	–		2P
Резьбонарезные круглые гребенки для винторезных головок	–		3P
Фрезы резьбовые дисковые	Резьбофрезерование при шаге резьбы P	< 6 < 10 < 10	3P 2P 1,5P

Таблица П4.6

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при фрезеровании шлицев червячными фрезами

Глубина шлица, мм	Диаметр фрезы, *D*, мм											
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	110	120
1,5	12		13		14			15			16	
2,0	13		14		15			16		17	18	
3,0	15	16	16	17	17	18	18	19		20	21	22
4,0	17	17	18	19	19	20	20			23	24	25
5,0	18	19	20	20	21	22	22			25	26	27
6,0	19	20	21	22	23	23	24			27	28	29
7,0	20	21	22	23	24	25	26			29	30	31
8,0	21	22	23	24	25	26	27			30	32	33

Таблица П4.7

Величина врезания l_1, мм, при шлицешлифовании

Время на деление, τ, с	Скорость движения стола, ***V***, м/мин, не более					
	5	6,5	8	10	12,5	16
0,50	30	40	50	60	70	90
0,65	40	50	60	70	90	110
0,80	50	60	80	90	110	140
1,00	60	80	100	110	140	180
1,25	80	100	125	140	180	220
1,60	100	25	160	180	220	280
2,00	120	160	180	220	280	360

Таблица П4.8

Суммарная величина врезания и перебега при зубофрезеровании червячными фрезами прямозубых цилиндрических зубчатых колес

Модуль нарезаемого колеса, ***m***	Диаметр фрезы, *D*, мм	врезание l_1 и перебег l_2 при обработке, мм			Модуль нарезаемого колеса, *m*	Диаметр фрезы, *D*, мм	врезание l_1 и перебег l_2 при обработке		
		в один проход	в два прохода				в один проход	в два прохода	
			Первый проход	Второй проход				первый проход	второй проход
1	63	15	–	–	3 – 3,5	112	32	28	14
	70	16	–	–	4 – 4,5	100	34	31	14
1,25 – ,5	63	17	–	–		125	36	34	15
	80	21	–	–	5	112	42	35	15
1,75 – 2	70	21	–	–		140	49	38	16
	90	24	–	–	6	125	46	39	16
2,25 – ,5	80	27	–	–		160	55	43	17
	100	28	–	–	8	140	50	48	18
3 – 3,5	90	29	–	–		180	66	55	20

Таблица П4.9

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при фрезеровании (отрезке) сегментными пилами материала прямоугольного и квадратного сечения

Высота пропила, *b*. мм	Диаметр пилы, *D*, мм					Высота пропила, *b*, мм	Диаметр пилы, *D*, мм				
	350	510	710	1010	1430		350	510	710	1010	1430
25	5	–	–	–	–	175	–	22	17	16	13
50	6	7	7	–	–	200	–	–	20	18	15
75	9	9	8	–	–	250	–	–	28	24	19
100	12	11	10	10	10	300	–	–	–	31	24
125	16	14	12	12	11	350	–	–	–	39	30
150	–	18	14	14	12						

Приложение 5

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ МАШИННОГО РАСЧЕТА НОРМ ВРЕМЕНИ ПРИ ТОКАРНОЙ РАБОТЕ

Таблица П5.1

Вспомогательное время на установку и снятие детали при работе в самоцентрирующем патроне

Условия работы	Аналитическая формула	Значения постоянного коэффициента и показателя степени принятого фактора	
		a	*x*
Крепление ключом, без выверки. Масса детали M = 0,081 … 8 кг	$t = aM^x$	0,23	0,3
Крепление пневмозажимом. Масса детали M = 0,081 … 3 кг		0,13	0,21

Таблица П5.2

Вспомогательное время, связанное с переходом (приемы, вошедшие в комплекс) при продольном точении одним резцом

Диапазоны измеряемых размеров изделий *И*, мм	Аналитическая формула	Значения постоянного коэффициента и показателя степени принятого фактора		
		a	***x***	***y***
Продольное точение резцом, установленным на размер U = 25 … 300 мм	$t = aU^x D^y_{\max}$	0,0013	0.09	0,67
Продольное точение с установкой резца по лимбу упору, U = 25 … 300 мм		0,01	0,12	0,38
Поперечное точение с установкой резца по лимбу или упору	$t = aD^y_{\max}$	0,0105	–	0,50

Таблица П5.3

Коэффициенты и показатели степени для определения вспомогательного времени на установку и снятие деталей в тисках.

Сверлильные и фрезерные ($t_{уст} = aQ^x$)

Способ установки детали	Масса детали, Q , кг	Значения постоянного коэффициента и показателя степени принятого фактора	
		a	x
В тисках с винтовым зажимом без выверки	До 20	0,235	0,210
То же с выверкой	>>20	2,004	0,170
>> с дополнительными креплением двумя прижимными планками с выверкой	>>20	2,284	0,170
То же с дополнительным креплением тремя прижимными планками с выверкой	>>20	2,589	0,164
В тисках с пневматическим зажимом	>>3	0,152	0,102
В тисках с пневматическим зажимом	4 – 20	0,101	0,437

Примечание. Время на установку и снятие дано при длине детали до 800 мм. При переустановке деталей время по таблице принять с коэффициентом, равным 0,8. При установке деталей из легких сплавов время по таблице принять с коэффициентом, равным 1,1.

Таблица П5.4

Коэффициенты и показатели степени для определения вспомогательного времени на установку и снятие деталей в центрах или на центровой оправке

Токарные станки ($t_{уст} = a\,Q^{x}$)

Способ установки детали	Масса детали, Q , кг	Значения постоянного коэффициента и показателя степени принятого фактора	
		a	x
В центрах с надеванием хомутика	До 3	0,233	0,215
	4 – 20	0,180	0,400
	Свыше 20	1,000	0,195
В центрах без надевания хомутика	До 3	0,134	0,164
	4 – 20	0,100	0,420
	Свыше 20	0,830	0,200
В центрах с самозажимным поводковым патроном	До 3	0,200	0,096
	4 – 20	0,147	0,330
В центрах с самозажимным хомутиком	До 3	0,220	0,119
	4 – 20	0,178	0,290
В центровой оправке с креплением гайкой и быстросъемной шайбой	До 3	0,370	0,177
	4 – 20	0,270	0,400
	Свыше 20	1,600	0,120
В центровой оправке с креплением гайкой и простой шайбой	До 3	0,500	0,166
	4 – 20	0.400	0,348
	Свыше 20	1,970	0,090
В центровой разжимной оправке	До 3	0,390	0,139
	4 – 20	0,285	0,400
Установить и снять деталь с оправкой (при работе с двумя оправками)	До 3	0,134	0,164
	4 – 20	0,100	0,420
	Свыше 20	0,830	0,200

Примечание. При установке деталей из легких сплавов время по таблице принять с коэффициентом, равным 1,1.

Таблица П5.5

Коэффициенты и показатели степени для определения вспомогательного времени на установку и снятие деталей массой до 3 кг в самоцентрирующем патроне или оправке

Токарные и сверлильные станки ($t_{уст} = a\,Q^{x}$)

Способ установки детали	*a*	*x*
В самоцентрирующем патроне с креплением ключом без выверки (визуально)	0,248	0,236
В самоцентрирующем патроне с креплением ключом с выверкой по индикатору	0,658	0,200
В самоцентрирующем патроне с креплением пневмозажимом без выверки	0,120	0,200
В самоцентрирующем патроне с креплением пневмозажимом с выверкой по индикатору	0,380	0,200
В самоцентрирующем патроне с центром задней бабки при подводе пиноли пневматическим устройством или отводной рукояткой	0,317	0,117
В конической оправке с креплением гайкой или быстросъемной шайбой	0,247	0,260
В конической оправке с креплением гайкой или простой шайбой	0,392	0,290
На конической разжимной оправке с креплением пневматическим зажимом	0,183	0,300
На конической разжимной оправке с креплением шайбой	0,200	0,270

Примечание. При установке деталей из легких сплавов время по таблице принять с коэффициентом, равным 1,1.

Таблица П5.6

Коэффициенты и показатели степени для определения вспомогательного времени на установку и снятие деталей на столе или угольнике

Сверлильные и фрезерные станки ($t_{уст} = a\,Q^{x} N^{y}_{дет} + 0{,}4(n_б - 2)$)

Способ установки детали	Масса детали Q, кг	a	x	y
На столе по упорам с креплением болтами и планками, без выверки	До 3	0,600	0,095	0,80
	4 – 20	0,527	0,236	0,86
	Свыше 20	1,380	0,195	0,65
На столе по упорам с креплением болтами и планками, выверка простая	До 3	1,000	0,147	0,91
	4 – 20	0,880	0,286	0,88
	Свыше 20	2,260	0,184	0,73
На столе по упорам с креплением болтами и планками, выверка сложная	До 3	1,510	0,156	0,98
	4 – 20	1,340	0,244	0,94
	Свыше 20	2,270	0,256	0,82
На столе по упорам с креплением болтами и планками, на опоре без выверки	До 3	0,740	0,183	0
	4 – 20	0,610	0,321	
	Свыше 20	1,620	0,200	
На угольнике или сбоку стола с креплением болтами и планками, на весу, без выверки, по фиксатору или направляющей	До 3	0,680	0,180	0
	4 – 20	0,610	0,250	
	Свыше 20	0,954	0,270	
На угольнике или сбоку стола с креплением болтами и планками, с выверкой по контуру необработанной поверхности	До 3	0,850	0,228	0
	4 – 20	0,764	0,335	
	Свыше 20	2,030	0,176	

Примечания. 1. Время в таблице дано на крепление детали с обработанной установочной поверхностью двумя болтами. 2. При числе болтов $n_б \geq 2$ проставлять значение $n_б$. При установке деталей из легких сплавов время по таблице принять с коэффициентом, равным 1,1.

Таблица П5.7

Коэффициенты и показатели для определения вспомогательного времени на контрольные измерения.

Токарные, сверлильные и фрезерные станки ($t_{контр} = \sum k D^{z}_{изм} L^{u}$)

Измерительный инструмент (код)	Точность измерения	k	z	u	Примечание
Штангенциркуль (при $D_{изм}$ до 200 мм)	0,02 мм	0,0187	0,21	0,330	–
Микрометр простой	0,01 мм	0,0400	0,2	0,240	–
Микрометр рычажный	0,002 мм	0,2650	0	0,050	$L_{изм}$ < 200 мм
		0,0400	0	0,408	$L_{изм}$ > 200 мм

Приложение 6

Таблицы для определения составляющих штучного времени

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ НА УСТАНОВКУ И СНЯТИЕ ДЕТАЛИ

Таблица П6.1

Установка в самоцентрирующем патроне

Способ установки детали		Масса детали, кг, до				
		0,50	1,00	3,00	5,00	8,00
		Время, мин				
В патроне с креплением ключом	без выверки	0,18	0,23	0,32	0,37	0,43
В патроне с креплением пневматическим зажимом	без выверки	0,12	0,13	0,17	0,19	0,23
В патроне с центром задней бабки при подводе пиноли	вращением маховика	0,26	0,31	0,40	0,48	0,55
	пневматическим устройством	0,23	0,27	0,36	0,43	0,55

Таблица П6.2

Установка в тисках (время на комплект деталей)

Способ установки детали	Число одновременно устанавливаемых деталей	Масса детали, кг, до				
		0,50	1,00	3,00	5,00	8,00
		Время, мин				
В тисках с пневматическим зажимом (без выверки	1 2 4	0,12 0,20 0,34	0,13 0,22 0,37	0,15 0,26 0,43	0,22 0,37 0,60	0,26 0,44 0,85
В самоцентрирующихся призматических тисках		0,11	0,12	0,14	0,15	0,18

Таблица П6.3

Вспомогательное время на установку и снятие детали в специальном приспособлении

Основные элементы	Установочная плоскость	Тип приспособления	Масса детали, кг, до				
			0,50	1,00	3,00	5,00	8,00
			Время, мин				
Плоскость призмы	Горизонтальная	Открытый	0,08	0,09	0,11	0,14	0,15
		Закрытый	0,09	0,10	0,12	0,15	0,17
	Вертикальная	Открытый	0,09	0,10	0,12	0,15	0,17
		Закрытый	0,10	0,11	0,14	0,16	0,18

Таблица П6.4

Вспомогательное время на установку и снятие детали на круглом столе зубофрезерного станка

Способ установки детали		Масса детали, кг, до			
		0,50	1,00	3,00	8,00
		Время, мин			
На концевой оправке с гайкой		0,29	0,36	0,50	0,65
На концевой оправке с поджатием центром		0,30	0,40	0,55	0,70
В центрах с поджатием вращением маховика		0,13	0,15	0,19	0,29
На оправке с подставками	с выверкой индикатором	–	–	–	2,0
При установке на оправке нескольких деталей добавлять на каждую последующую		0,11	0,14	0,19	0,26

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ, СВЯЗАННОЕ С ПЕРЕХОДОМ

Таблица П6.5

Токарно-винторезные станки

Характер обработки, способ установки инструмента на стружку		Измеряемый размер, мм, до	Наибольший диаметр изделия, установленного над станиной станка, мм, до	
			250	400
			время, мин	
Продольное точение	резцом, устанавливаемым на размер с установкой резца по лимбу (упору)	100 100	0,09 0,14	0,11 0,17
Растачивание с квалитетом	со взятием пробных стружек [*IT* 8 – *IT* 9 (3-й класс точности)]	50 100	0,38 0,50	0,42 0,55
Поперечное точение	с установкой резца по лимбу (упору)	–	0,17	0,20

Время на приемы, связанные с переходом, не вошедшие в комплекс

Наименование приемов	Время, мин	
Изменить частоту вращения шпинделя	0,07	0,08
Изменить величину или направление подачи	0,05	0,06
Сменить резец поворотом резцовой головки	0,07	0,07
Закрыть или открыть щиток ограждения от стружки	0,02	0,03

Таблица П6.6

Вертикально- и радиально-сверлильные станки

Характер обработки	Вид подачи	Наибольший диаметр сверления, мм, до				
		35		50		
		длина горизонтального перемещения инструмента для обработки следующего отверстия, мм, до				
		0	200	0	200	500
Сверление по кондуктору	Механическая	0,08	0,10	0,09	0,12	0,15
Рассверливание, зенкерование, развертывание	Ручная	0,06	0,08	0,07	0,10	0,13

П р и м е ч а н и я. 1. При сверлении с предварительной засверловкой отверстия по кондукторной втулке и последующем сверлении без втулки время удваивается.
2. Время на проход при обработке на вертикально-сверлильных станках нормируется по горизонтальному перемещению инструмента, равному 0

Таблица П6.7

Время на приемы, связанные с переходом, не вошедшие в комплекс

Наименование приемов		Наибольший диаметр сверления, мм, до	
		35	50
		время, мин	
Включить или выключить вращение шпинделя	кнопкой	0,02	0,02
	рычагом	0,02	0,03
Включить или выключить вращение шпинделя		0,02	0,02
Наименование приемов		Число инструментов	Время мин
Установить и снять инструмент	в конус шпинделя при конусе Морзе № 3	2 3 4	0,12 0,15 0,18

Таблица П6.8

Горизонтально -, вертикально - и универсально-фрезерные станки

Характер обработки, способ установки инструмента на стружку		Длина стола, мм, до		
		500	800	1250
		Время, мин		
Фрезерование плоскостей, фасонных поверхностей и пазов	Фрезой, установленной на размер	0,12	0,14	0,17
	С установкой фрезы по лимбу	0,26	0,30	0,38

Время на приемы, связанные с переходом, не вошедшие в комплекс

Изменить частоту вращения шпинделя		0,06	0,07	0,08
Изменить величину или направление подачи		0,05	0,06	0,07
Поставить и снять щиток ограждения от стружки	шарнирный	0,05	0,05	0,06
	съемный	0,16	0,16	0,18

Таблица П6.9

Станки для одноперходной обработки

Тип станка	Характер обработки, способ выполнения работы						Время, мин
Зубофрезерные с ручным управлением	Обработка цилиндрических колес	Модуль мм, до	1	Длина обработки мм, до		50	0,20
						100	0,28
			6			100	0,31
						200	0,47
			12			100	0,35
						200	0,55
Зубодолбежные с ручным управлением	Обработка цилиндрических колес			зуб предварительно прорезан	модуль мм, до	3	0,3
						8	0,35
						>8	0,40
				без предварительной прорезки зуба			0,15
Резьбофрезерные, работающие гребенчатой фрезой	С ручным управлением			Фрезерование крепежной резьбы		наружной	0,20
						внутренней	0,29

ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ НА ПАРТИЮ ДЕТАЛЕЙ

Таблица П6.10

Токарно-винторезные станки

I. На наладку станка, инструмента и приспособлений				
Вид обработки и наладки	Число режущих инструментов в наладке	Наибольший диаметр изделия, установленного над станиной станка, мм, до		
		250	400	630
		время, мин		
Обработка цилиндрических поверхностей	2	10	14	16
	4	11	16	18
II. На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки				
Получение инструмента и приспособлений исполнителем работы до начала и сдача их после окончания обработки партии деталей		7 – 8	8 – 10	
III. Добавлять к времени на наладку				
При обработке конических поверхностей При обработке резьбы		2,5 –	3,0 4	3,0 5

Таблица П6.11

Вертикально- и радиально-сверлильные станки

I .На наладку станка, инструмента и приспособлений			
Вид обработки и наладки	Число режущих инструментов в наладке	Наибольший диаметр сверления, мм, до	
		35	50
		время, мин	
Обработка отверстий	3	12	12
	6	14	14
II. На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки			
Получение инструмента и приспособлений исполнителем работы до начала и сдача их после окончания обработки партии деталей			5 – 7
III. Добавлять к времени на наладку			
При обработке с многошпиндельной сверлильной головкой			20

Таблица П6.12

Зубодолбежные, зубошевинговальные и зубозакругляющие станки

I. На наладку станка, инструмента и приспособлений					
Тип станка	Вид обработки и наладки	Наибольший нарезаемый модуль, мм, до			
		6	12		
		время, мин			
Зубодолбежные	Обработка зубьев колес	24	28		
	Обработка колес с наклонным зубом	25	29		
	Обработка колес с внутренним зубом	26	31		
II. На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки					
Получение инструмента и приспособлений исполнителем работы до начала и сдача их после окончания обработки партии деталей		7,0			
III. На пробную обработку деталей					
Наибольший нарезаемый модуль, мм, до		3	5	8	12
Время на пробную обработку деталей на зубодолбежном станке, мин		2,5	6,0	12	15

Таблица П6.13

Горизонтально-, вертикально - и универсально-фрезерные станки

I. На наладку станка, инструмента и приспособлений			
Вид обработки и наладки	Длина стола, мм, до		
	500	800	1250
	время, мин		
Обработка плоскостей, пазов, фасонных поверхностей	10	11	12
II. На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки			
Получение инструмента и приспособлений исполнителем работы до начала и сдача их после окончания обработки партии деталей	7		
III. Добавлять к времени на наладку			
При обработке на круглом столе При обработке с делительной головкой При обработке с поддерживающей стойкой на каждую стойку	6 5 –	7 6 2	8 6 2

Таблица П6.14

Зубофрезерные станки

I. На наладку станка, инструмента и приспособлений				
Вид обработки и наладки		Наибольший нарезаемый модуль, мм, до		
		1	6	12
		время, мин		
Обработка зубьев колес	на оправке	18	23	29
	с подставками	–	30	39
II. На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки				
Получение инструмента и приспособлений исполнителем работы до начала и сдача их после окончания обработки партии деталей		7,0		
III. Добавлять к времени на наладку				
Для обработки зубчатых колес с косым зубом На выверку оправки для деталей по индикатору		– 2,5	3,0 3,0	3,5 5,0

IV. На пробную обработку деталей					
Число зубьев нарезаемого колеса	Нарезаемый модуль, мм, до				
	1	3	5	8	12
	время, мин				
20	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5
40	1,5	2,0	2,5	4,5	5,0
80 и выше	2,0	2,5	3,5	7,0	8,0

Таблица П6.15

Время на обслуживание рабочего места

<table>
<tr><td colspan="4">Тип и характеристика станка</td><td>$a_{обс}$, %</td></tr>
<tr><td colspan="2">Токарно-винторезные</td><td>Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной станка, мм, до</td><td>250
400</td><td>3,0
4,0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вертикально- и радиально-сверлильные</td><td>Наибольший диаметр сверления мм, до</td><td>35
50</td><td>4,0
4,0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Горизонтально-вертикально-, универсально-фрезерные</td><td>Длина стола, мм, до</td><td>500
800</td><td>2,5
3,0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Поперечно-строгальные, долбежные</td><td>Наибольшая длина хода ползуна, мм, до</td><td>500
1000</td><td>3,5
4,5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Зубофрезерные</td><td>Наибольший нарезаемый модуль, мм, до</td><td>6
12</td><td>4,0
4,5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Зубодолбежные</td><td>То, же</td><td>6
12</td><td>4,0
4,5</td></tr>
<tr><td colspan="4">Протяжные станки для внутреннего протягивания</td><td>3,5</td></tr>
<tr><td colspan="4">Круглошлифовальные станки</td><td colspan="2">Время на одну правку шлифовального круга, мин</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Характер правки</td><td rowspan="2">Наименование правящего инструмента</td><td rowspan="2">Поверхность правки</td><td rowspan="2">Ширина круга, мм, до</td><td colspan="2">Шероховатость поверхности Ra, мкм</td></tr>
<tr><td>1,25 – 2,5</td><td>0,63</td></tr>
<tr><td>С установкой правящего инструмента на станке</td><td>Алмаз, алмазнометаллический карандаш</td><td>Периферия круга</td><td>20
40
60
80</td><td>1,5
1,8
2,0
2,3</td><td>1,6
2,0
2,3
2,6</td></tr>
<tr><td colspan="5">Время на организационное обслуживание рабочего места, %</td><td>1,0</td></tr>
</table>

Таблица П6.16

Время перерыва на отдых и личные потребности

Характер подачи	Масса дета-ли, кг, до	Машинно-ручное время в оперативном	Оперативное время операции, мин, до			
			0,1	0,2	0,5	1,0 и выше
			время, %			
Ручная	1	20 40 80	7 7 7	6 6 7	5 6 7	4 5 7
	5	20 40 80	– – –	7 7 7	6 6 7	5 6 8
	10	20 40 80	– – –	– – –	7 7 8	5 6 8
Механическая		–	4	4	4	4

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВКР ИНЖЕНЕРА (ВКРИ) 3
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВКРИ 3
3. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА 4
3.1. Назначение и конструкция детали 4
3.2. Анализ технологичности конструкции детали 5
3.3. Определение типа производства 7
3.4. Выбор заготовки 10
3.5. Маршрутный техпроцесс 13
3.6. Расчет припусков на обработку 17
3.7. Расчет режимов резания 29
3.8. Расчет норм времени 30
4. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ВКРИ .. 33
4.1. Чертеж заготовки 33
4.2. Чертеж детали 35
4.3. Операционные эскизы – иллюстрация технологического процесса 36
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 39
ПРИЛОЖЕНИЯ 41
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА 41
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ЛИТЬЕМ, ДОПУСКИ РАЗМЕРОВ И ШЕРОХОВАТОСТЬ 43
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ОБРАБОТКОЙ ДАВЛЕНИЕМ, ДОПУСКИ РАЗМЕРОВ И ШЕРОХОВАТОСТЬ 47

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ВЕЛИЧИНЫ ВРЕЗАНИЯ И ПЕРЕБЕГА ИНСТРУМЕНТА 50
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ МАШИННОГО РАСЧЕТА НОРМ ВРЕМЕНИ ПРИ ТОКАРНОЙ РАБОТЕ 56
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ШТУЧНОГО ВРЕМЕНИ……62

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

Т. П. Глинникова

«Технологические процессы изготовления деталей машин»

Практикум часть 1 для студентов среднего профессионального образования специальности 15.02.16 - «Технология машиностроения»

Екатеринбург
2022

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров
14.09.2022

.

Т. П. Глинникова

«Технологические процессы изготовления деталей машин»

Практикум часть 1 для студентов
среднего профессионального образования
специальности
15.02.16 - «Технология машиностроения»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2022
Г54

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Практикум рассмотрен на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 12 сентября 2022 г. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Глинникова Т. П., Волегов С. А. «Технологические процессы изготовления деталей машин» Практикум для студентов СПО специальностей15.02.16 «Технология машиностроения)» Т. П. Глинникова– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2022. – 86 с.

Практикум содержит практические задания и упражнения, способствующие усвоению пройденного предмета «Технологические процессы изготовления деталей машин».

© Глинникова Т. П.,

©Уральский государственный
горный университет, 2022

ВВЕДЕНИЕ

В рамках учебной дисциплины «Основы технологии машиностроения» рассматривают, в основном, процессы механической обработки деталей, сборки и испытания изделий.

Изучение «Основ технологии машиностроения» базируется на многих положениях ранее изученных учебных дисциплин:

- материаловедение;
- метрология, стандартизация и сертификация;
- процессы формообразования и инструменты;
- гидравлические и пневматические системы;
- оборудование машиностроительного производства;
- технологическое оборудование;
- технологическая оснастка.

Уровень готовности молодого специалиста к решению производственных задач во многом определяется качеством и содержанием практических занятий, выполняемых в процессе обучения.

Навыки, приобретенные студентами на практических занятиях, помогают молодым специалистам грамотно использовать нормативно-справочную документацию и принимать правильные решения при проектировании технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий, а также при разработке технологических операций.

Так как основной единицей технологического процесса является операция то естественно, что в данном учебном пособии ей уделено большое внимание. Основной целью анализа любой операции является поиск наиболее экономичных путей достижения заданных параметров деталей и сборочных единиц. Значительная часть практических задач связана с проектированием заготовок, оценкой и обеспечением точности механической обработки или сборки, с назначением припусков на механическую обработку и операционными размерами, с базированием заготовок в зоне обработки станка.

Практические занятия проводятся по следующим разделам учебной дисциплины:

- основы технологии машиностроения;
- основы технического нормирования;
- методы обработки основных поверхностей деталей;
- технология сборки машин.

Структура практических заданий и практических работ примерно одинакова. В начале каждого раздела приводятся методические пояснения, после чего раскрывается объем работы, который включает в себя:

- цель работы;
- этапы выполнения;

- пример выполнения;
- индивидуальные задания;
- контрольные вопросы содержание отчета;.

В плане выполнения практических работ особое внимание уделено работе с таблицами допусков и посадок, чтобы студент приобрел твердые навыки в использовании справочных материалов и умение рассчитывать параметры сопряжений собираемых деталей.

Все справочные материалы, приведенные в данном пособии, предназначены только для учебных целей, так как большинство таблиц носит обобщающий характер, их содержание упрощено для удобства использования при ограниченном лимите времени предусмотренным учебным планом на практические работы и на курсовое проектирование.

РАБОТА №1
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Краткие теоретические сведения

Предметом изучения в технологии машиностроения являются процессы изготовления изделий высокого качества в заданном количестве при наименьших затратах с высокой производительностью труда.

Изделие – это единица промышленной продукции, которая является предметом производства на предприятии.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например гайка, втулка, вал или зубчатое колесо.

Сборочная единица – это изделие, составные части которого соединены между собой на предприятии-изготовителе в процессе сборочных операций.

Производственный процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных действий людей и орудий труда, в результате которых исходные материалы превращаются в готовое изделие предприятия.

Технологический процесс – часть производственного процесса, состоящая из целенаправленных действий по превращению исходного сырья в готовое изделие. Каждый технологический процесс состоит из ***операций***, которые выполняют на ***рабочих местах.***

Рабочее место – это единица структуры предприятия или часть производственной площади, на которой размещено оборудование, необходимое для выполнения работ одним рабочим (или одновременно несколькими рабочими).

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте одним или одновременно несколькими рабочими. Технологическая операция является основной единицей планирования и учета. Операции подразделяют на основные и вспомогательные.

Основная технологическая операция – это такая операция, в процессе которой изменяются геометрическая форма и размеры заготовки, а также параметры ее поверхностного слоя.

Вспомогательная технологическая операция – это такая операция, во время выполнения которой не происходит никаких изменений с заготовкой, например контрольная или моечная операция.

Установ – это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

Позиция – это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой или сборочной единицей совместно с приспособлением относительно режущего или сборочного инструмента для выполнения определенной части операции.

Индексация – это смена позиций.

Технологический переход – это законченная часть технологической опе-

рации, во время которой остаются неизменными применяемый инструмент и образуемые при обработке или соединяемые при сборке поверхности.

Основной переход – это законченная часть технологической операции, во время которой остаются неизменными применяемый инструмент и образуемые при обработке или соединяемые при сборке поверхности, включающая в себя действия человека и (или) технологического оборудования, которые сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей изготовляемого изделия.

Вспомогательный переход – это законченная часть технологической операции, включающая в себя действия человека и (или) технологического оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей изготовляемого изделия, но необходимы для выполнения данной операции, например установка и закрепление заготовки, раскрепление и снятие детали, управление механизмами станка, контрольные промеры и др.

Рабочий ход – это однократное перемещение инструмента относительно заготовки, сопровождаемое изменением формы, размеров и шероховатости поверхности заготовки или ее свойств.

Вспомогательный ход – это однократное перемещение инструмента относительно заготовки, не сопровождаемое изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей заготовки или ее свойств, но необходимое для выполнения рабочего хода время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных ходов, входит в состав вспомогательного времени технологического процесса.

Концентрация операций – это объединение (укрупнение) нескольких операций в одну более сложную операцию. Критерием для оценки степени концентрации операции служит количество предусмотренных в ней простых переходов.

Дифференциация операций – это расчленение сложных операций на более простые операции. Критерием для оценки степени дифференциации операции служит количество предусмотренных в ней простых переходов. Пределом дифференциации операции является разделение технологического процесса на такие операции, каждая из которых будет состоять из одного простого перехода.

Цикл технологической операции – это интервал времени от начала и до конца периодически повторяющейся операции независимо от числа одновременно изготовляемых изделий.

Такт выпуска – это интервал времени, через который периодически выпускается определенное изделие. Определяется такт выпуска, мин/шт. отношением времени Ф, затраченного на изготовление изделий, к числу этих изделий N, изготовленных за указанное время:

$$\tau = \Phi/N. \qquad (1.1)$$

Производственная программа – это перечень наименований изделий с указанием объема выпуска и сроков изготовления по каждому типоразмеру.

Массовое производство – это производство, характеризующееся узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий. На каждом рабочем месте выполняется только одна непрерывно повторяющаяся технологическая операция. Технологическое оборудование располагают в последовательности вы-

полнения технологических операций в виде поточных линий. Длительность каждой операции стремятся сделать кратной такту выпуска изделия, который определяют по формуле (1.1).

Серийное производство – это производство, характеризующееся ограниченной номенклатурой изделий, изготовляемых периодически повторяющимися производственными партиями, и сравнительно большим объемом выпуска этих изделий.

В зависимости от числа деталей в партии, массы и размеров этих деталей различают крупносерийное, среднесерийное и мелкосерийное производство.

Производственная партия – это группа заготовок одного наименования, одновременно запускаемых в обработку в течение определенного интервала времени. Партии обработанных деталей хранят у станков или на складе, а затем периодически транспортируют на следующую операцию. Объем партии заготовок рассчитывают по формуле

$$Q = a \cdot N_г / 254, \qquad (1.2)$$

где Q – число заготовок в партии; a – число дней, на которое необходимо иметь запас заготовок или деталей на складе (a = 3 ... 6 для крупных деталей, a = 6 ... 12 для средних деталей и a = 12 ... 24 для мелких деталей); $N_г$ – число деталей в годовой программе выпуска; 254 – среднее число рабочих дней в году.

Единичное производство – это производство, характеризующееся широкой номенклатурой изготовляемых изделий и малым объемом их выпуска. В единичном производстве изготовление одинаковых изделий или не повторяется, или может повториться через неопределенное время.

Задание 1.1

По одному из вариантов индивидуальных заданий, представленных в табл. 1.1, составить структуру технологического процесса обработки конструктивных элементов (А, Б, К, С, О) детали, выделенных жирной линией (рис. 1.1, *а*), в условиях серийного производства, подразделив его на операции и переходы.

Заготовка, поступающая на обработку, представлена на рис. 1.1, *б*.

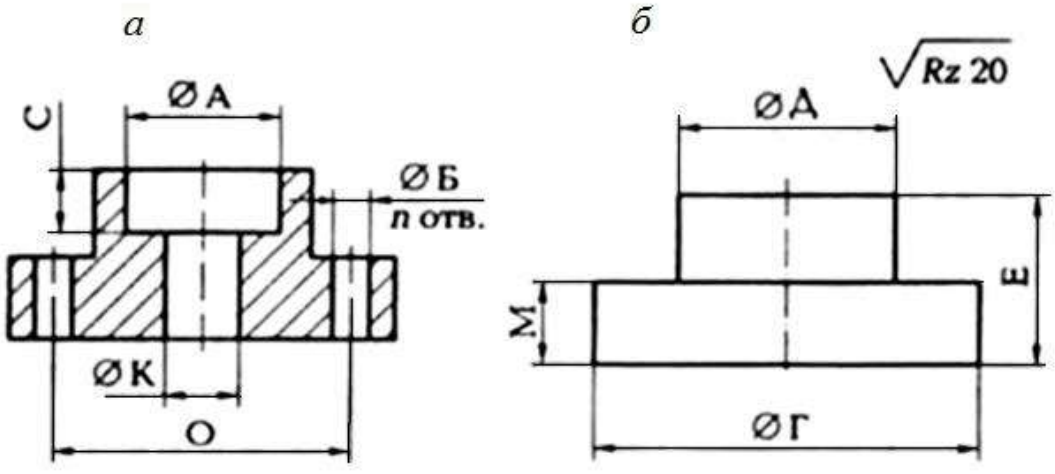


Рис. 1.1. Обрабатываемая деталь:
а – обрабатываемые поверхности; *б* – заготовка

Таблица 1.1

Индивидуальные варианты дня выполнения задания 1.1

Вариант	Размеры заготовки				Размеры детали														число отверстий, *n*
					А			Б			К			С			О		
	М, мм	Д, мм	Г, мм	Е, мм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	
0	10dl1	30d11	70dl1	20cl 1	16	H10	20	10	H9	2,5	12	H10	2,5	10	jsl5	20	50	jsl5	2
1	12dl I	35b12	80cl1	24hl2	14	H10	20	12	H8	1,25	10	H10	2,5	12	jsl4	20	42	jsl5	6
2	10dll	30hI4	70b12	20dl 1	16	H10	20	11	H10	2,5	12	H10	2,5	11	jsl6	20	55	jsl4	6
3	14cll	40h12	30dll	30b12	18	H10	20	13	H9	1,25	14	H9	1,25	15	jsl4	20	46	jsl6	3
4	5c11	32hl4	74b12	25dl1	16	H10	20	12	H10	2,5	12	H10	2,5	12	jsl5	20	50	js14	2
5	10dll	30h12	72b12	20c11	15	H10	20	12	H9	2,5	11	H10	2,5	8	jsl6	20	48	jsl5	6
6	14hl2	32h12	70dll	35hl2	16	H10	20	10	H8	1,25	10	H8	1,25	14	js14	20	48	jsl5	6
7	12h14	36dl1	78cll	30b12	20	H10	20	12	H8	2,5	14	H8	1,25	13	jsl5	20	50	js16	6
8	8b12	30hl2	72b12	22c11	18	H10	20	11	H8	1,25	12	H10	2,5	12	jsi4	20	48	jsl4	4
9	10b12	32hl4	70dl1	20b12	20	H10	20	10	H9	1,25	10	H10	2,5	10	jsl6	20	46	jsl5	3
10	12dl1	30b12	72c11	28hl2	22	H10	20	11	H8	1,25	11	H9	1,25	14	jsl5	20	46	jsl5	6
11	16h11	33d11	84d11	32h11	21	H10	20	10	H10	2,5	10	H8	1,25	15	jsl4	20	74	js16	6
12	12dl1	32d11	88d11	26h12	20	H10	20	8	H9	1,25	8	H10	2,5	12	jsl5	20	66	jsl4	4
13	14hl2	34h11	85b12	34d11	22	H10	20	6	H8	1,25	12	H10	2,5	8	jsl6	20	68	jsl5	3
14	10dll	28h12	76d12	28d12	20	H10	20	10	H8	1,25	10	H9	1,25	14	js14	20	56	jsl5	6
15	12h14	40b12	80d11	30b11	24	H10	20	8	H8	1,25	15	H9	1,25	10	js14	20	60	js14	8

Отчет по заданию должен содержать:

- таблицу перевода буквенных обозначений допусков в цифровые значения;
- эскиз заготовки и детали;
- операционные эскизы;
- вариант технологического процесса с содержанием переходов.

Пример выполнения задания 1.1 (вариант № 0).

По т Приложению 1 находим значения верхних и нижних отклонений на все размеры по заданию. Результат перевода буквенного обозначения допусков в цифровые значения приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Результат перевода буквенных обозначений допусков в числовые

Обозначение размера на рис. 1.1	Номинальное значение размера, мм	Буквенное обозначение допуска	Значения отклонений, мкм	Значения отклонений, мм	Размер с числовым допуском, мм
М	10	d11	-40 -130	-0,040 -0,130	$10^{-0.04}_{-0.13}$
Д	30	d11	-65 -195	-0,065 -0,195	$30^{-0.065}_{-0.195}$
Г	70	d11	-100 -290	-0,100 -0,290	$70^{-0.10}_{-0.29}$
Е	20	e11	-110 -240	-0,110 -0,240	$20^{-0.11}_{-0.24}$
А	16	H10	+70 0	+0,070	$16^{+0.07}$
Б	10	H9	+36 0	+0,0360	$10^{+0.036}$
К	12	H10	+70 0	+0,070	$12^{+0.07}$
С	10	jsl5	±290	±0,290	$10 \pm 0{,}29$
О	50	jsl5	±1000	±1,000	$50 \pm 1{,}0$

Анализируя чертеж заготовки (см. рис. 1.1, *а* и табл. 1.1) и чертеж детали (см. рис. 1.1, *б* и табл. 1.1), где указаны все требуемые параметры обрабатываемых поверхностей, определяем, что готовую деталь можно получить при обработке заготовки за одну или несколько операций, что зависит от приспособления для сверления.

При использовании приспособления с быстросменными кондукторными втулками, вертикально-сверлильного станка и набора режущего инструмента, состоящего из двух сверл разного диаметра, трех зенкеров разного диаметра и двух разверток также разного диаметра, возможна обработка отверстий по варианту, представленному в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Процесс обработки заготовки в приспособлении с быстросменными кондукторными втулками

Номер операции	Номер перехода	Содержание операции или перехода	Вид перехода
05	Сверление, зенкерование, развертывание		
	1	Установить и закрепить заготовку	Вспомогательный
	2	Сверлить отверстие К	Основной
	4	Заменить сверло	Вспомогательный
	5	Сверлить первое отверстие Б	Основной
	6	Сверлить второе отверстие Б	Основной
	7	Заменить быстросменную кондукторную втулку	Вспомогательный
	8	Установить зенкер	Вспомогательный
	9	Зенкеровать отверстие К	Основной
	10	Заменить зенкер	Вспомогательный
	11	Заменить быстросменную кондукторную втулку	Вспомогательный
	12	Зенкеровать отверстие А	Основной
	13	Заменить зенкер	Вспомогательный
	14	Зенкеровать первое отверстие Б	Основной
	15	Зенкеровать второе отверстие Б	Основной
	16	Заменить быстросменную кондукторную втулку	Вспомогательный
	17	Установить развертку	Вспомогательный
	18	Развертывать отверстие К	Основной
	19	Заменить развертку	Вспомогательный
	20	Развертывать первое отверстие Б	Основной
	21	Развертывать второе отверстие Б	Основной
	22	Раскрепить и снять деталь	Вспомогательный
10	Контроль размеров детали		

При обработке заготовки в сверлильных приспособлениях с постоянными кондукторными втулками потребуется не менее трех приспособлений для сверления, а обработка отверстий будет выполняться в несколько операций, что может сделать процесс обработки отверстий более дорогим. Окончательный ответ на этот вопрос может быть получен в результате экономического анализа операций, что будет рассматриваться в одном из последующих разделов.

Задание 1.2

По одному из вариантов индивидуальных заданий (табл. 1.4) составить содержание операции и переходов для изготовления в условиях среднесерийного производства детали (рис. 1.2, *а*) из прутка, нарезанного на штучные заготовки (рис. 1.2, *б*). Все поверхности (А, Б, К, С, О) обрабатывают за один проход.

Отчет по заданию должен содержать:

- таблицу перевода буквенных обозначений допусков в цифровые значения;
- операционные эскизы;
- вариант технологического процесса с содержанием переходов.

Пример выполнения задания 1.2 (вариант № 0).

По Прил. 1 находим значения верхних и нижних отклонений на все размеры по заданию. Результат перевода буквенного обозначения допусков в цифровые значения приведен в табл. 1.5.

Построим операционный эскиз (операции 05) (рис. 1.2, *в*).

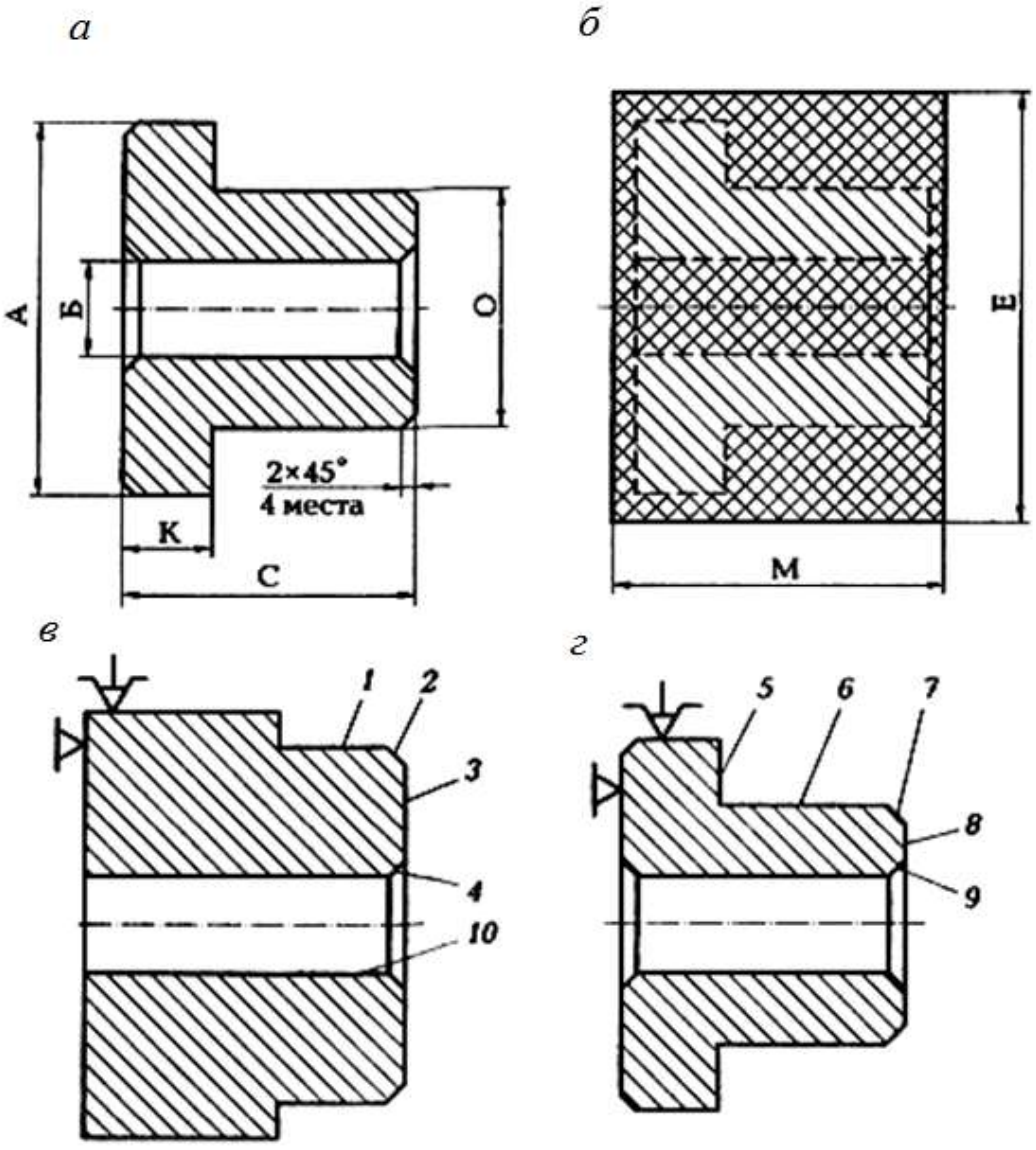


Рис. 1.2. Содержание операции:
а – обрабатываемая деталь; *б* – штучная заготовка; *в* – обрабатываемые поверхности с первого установа; *г* – обрабатываемые поверхности со второго установа;
1 – 10 – последовательность обработки поверхностей

Таблица 1.4

Индивидуальные варианты дня выполнения задания 1.2

Вариант	Размеры заготовки		Размеры детали															
			А			Б			К			С			О				
	М, мм	Е, мм.	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм	Номинальный размер, мм	Поле допуска	*Rz*, мкм
0	62jsl5	90hl5	87	dll	20	10	H11	20	16	b12	20	58	jsl2	20	80	c11	20
1	80js14	95hl4	92	c11	20|	12	H12	20	10	hl0	20	78	jsI4	20	86	d11	20
2	70jsl6	80h16	77	d11	20	11	H13	20	12	d11	20	67	js16	20	70	b11	20
3	80js15	90hl5	86	b11	20	13	H12	20	14	hl2	20	77	js14	20	46	h10	20
4	74js13	92hl6	90	a10	20	12	H15	20	12	d11	20	72	jsl5	20	86	b11	20
5	72jsl5	85hl5	83	b12	20	12	H13	20	11	b12	20	70	js16	20	76	d11	20
6	70js14	90hl4	88	h10	20	10	H15	20	10	d11	20	68	jsl4	20	80	d11	20
7	78js16	94hl5	91	d11	20	12	H14	20	14	b12	20	75	jsl5	20	86	d11	20
8	72jsl3	90hl3	87	d11	20	11	H14	20	12	h13	20	70	jsl4	20	78	al0	20
9	70jsl4	88hl5	86	c11	20	10	H15	20	10	d11	20	67	js12	20	78	b11	20
10	72jsl5	92hl5	90	b12	20	11	H14	20	11	b12	20	70	js15	20	86	b11	20
11	76js15	100h15	96	h10	20	20	H14	20	15	d11	20	70	jsl4	20	85	d11	20
12	82js14	90h15	84	h10	20	10	H13	20	14	h13	20	78	Jsl2	20	76	h10	20
13	106js15	102h16	98	d11	20	12	H15	20	15	d11	20	102	jsl4	20	78	b11	20
14	100js15	96h15	92	d11	20	11	H14	20	20	b12	20	96	js13	20	68	d11	20
15	86js16	98h15	94	c11	20	10	H14	20	12	d11	20	82	js15	20	80	d11	20

Анализируя чертеж заготовки (см. рис. 1.2, б), операционные эскизы (см. рис. 1.2, *в, г*) и табл. 1.4, где указаны все требуемые параметры обрабатываемых поверхностей, определяем, что заготовку лучше обрабатывать на заранее налаженном токарно-револьверном станке в одну токарную операцию, но за два установа, базируя ее в трехкулачковом патроне. Операция будет состоять из девяти простых переходов. Один из возможных вариантов последовательности выполнения переходов представлен в табл. 1.6.

При совмещении обработки некоторых поверхностей, т. е. при использовании более сложных переходов, количество переходов уменьшится, но это усложнит наладку и подналадку операции.

Таблица 1.5

Результат перевода буквенных обозначений допусков в цифровые

Обозначение размера на рис. 1.1	Номинальное значение размера, мм	Буквенное Обозначение допуска	Значения отклонений, мкм	Значения отклонений, мм	Размер с цифровым допуском
М	62	jsl5	±600	±0,6	$62 \pm 0{,}6$
Е	90	h15	-1400	-1,4	$90_{-1,4}$
А	87	d11	-120 -340	-0,12 -0,34	$87^{-0.12}_{-0,34}$
Б	10	H11	+90 0	0,090 0	$90^{+0,09}$
К	16	b12	-150 -330	-0,15 -0,33	$30^{-0.15}_{-0.33}$
С	58	jsl2	±150	±0,15	$58 \pm 0{,}15$
О	80	c11	-150 -340	-0,15 -0,34	$80^{-0.15}_{-0.34}$

Таблица 1.6

Процесс обработки заготовки по заданию 1.2 (вариант № 0)

Номер операции	Номер перехода	Содержание операции или перехода	Вид перехода
005	Токарная		
Установ 1	А	Установить и закрепить заготовку	Вспомогательный
	1	Подрезать торец *3*	Основной
	2	Точить поверхность *1* на длину 25 мм начерно	Основной
	3	Точить поверхность *1* на длину 25 мм начисто	Основной
	4	Сверлить отверстие *10*	
	5	Зенкеровать отверстие 10	Основной
	6	Точить фаску *2*	Основной
	7	Точить фаску *4*	Основной
	Б	Переустановить заготовку	Вспомогательный
Установ 2	8	Подрезать торец *8*	Основной
	9	Точить поверхность *6* с образованием поверхности *5 начерно*	Основной
	10	Точить поверхность *6* с образованием поверхности *5 начисто*	

	11	Точить фаску *7*	Основной
	12	Точить фаску *8*	Основной
	В	Снять деталь	Вспомогательный
010	Контрольная		

РАБОТА № 2
ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы – практическое закрепление знаний по структуре технологического процесса, понятиям и определениям его элементов; приобретение навыков и умений в формировании структуры технологического процесса изготовления деталей машиностроения.

Практическая работа состоит из двух частей. В первой части студент по своему варианту задания выполняет работы, аналогично рассмотренному в методическом пособии примеру (вариант № 0). Во второй студент по своему варианту задания самостоятельно выполняет все работы согласно заданию.

Отчет по практической работе должен содержать:

- выделенные на прилагаемом чертеже основные операции механической обработки;
- название переходов, проходов, установов, позиций для каждой операции;
- операции с максимально возможной степенью дифференциации, когда каждая операция предельно проста, так как состоит из одного-двух простых переходов;
- одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов, что позволяет обрабатывать одновременно несколько поверхностей.

Первая часть задания:

- изучить рабочий чертеж детали (рис. 2.1, *а* и табл. 2.1) по своему варианту задания;
- определить возможные методы обработки поверхностей детали;
- по каждой поверхности назначить простейшие операции, состоящие из одного-двух переходов механической обработки (табл. 2.2);

составить операцию с высокой степенью концентрации, состоящую из нескольких переходов, проходов, позиций и установок.

Вторая часть задания:

- выделить по прилагаемому к заданию чертежу детали (рис. 2.1, *б* и табл. 2.2) основные операции механической обработки;
- по каждой операции назвать переходы, проходы, установы, позиции;
- показать операции с максимально возможной степенью дифференциации, когда каждая операция предельно проста, так как состоит из одного-двух простых переходов;

- показать одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов для одновременной обработки несколько поверхностей;
- выделить вспомогательные переходы при обработке детали;
- показать одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов для одновременной обработки несколько поверхностей;
- выделить вспомогательные переходы при обработке детали.

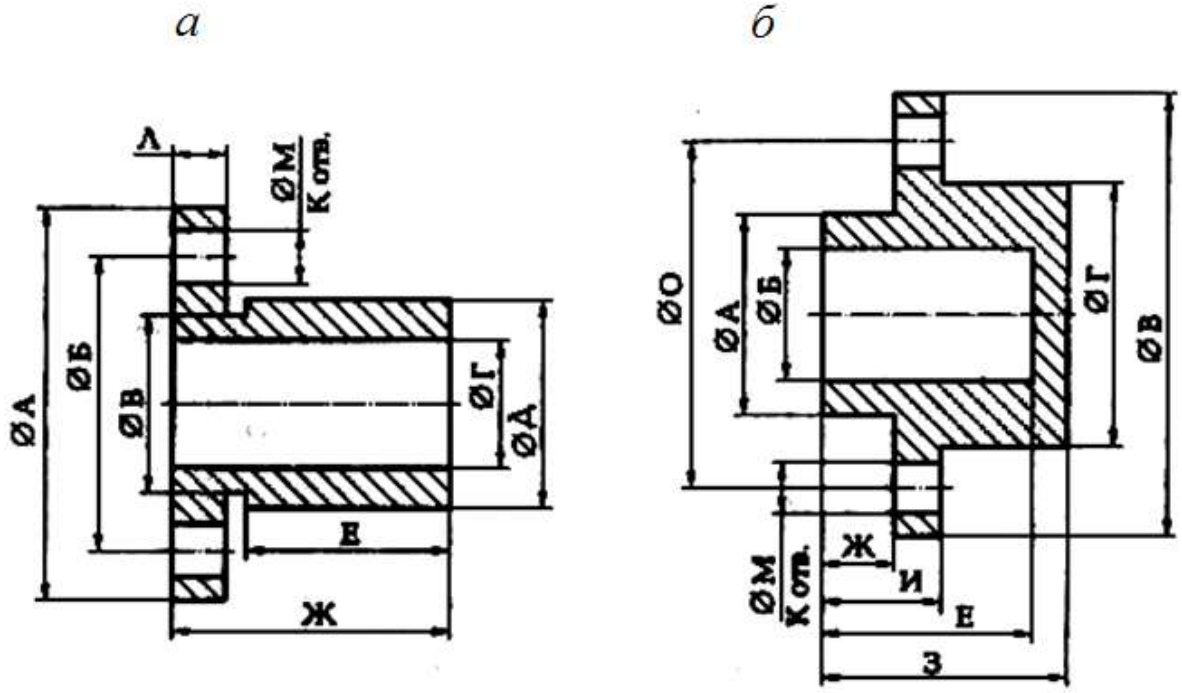


Рис. 2.1. Исходная информация для выполнения практической работы № 2:
а – первая деталь; *б* – вторая деталь

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Назовите структуру технологического процесса механической обработки.
2. Что называют основной операцией технологического процесса?
3. Что называют вспомогательной операцией технологического процесса?
4. Что называют основным переходом?
5. Что называют вспомогательным переходом?
6. Что называют установом?
7. Объясните сущность выполнения операции в два установа.
8. Чем отличается простой переход от сложного перехода?
9. Какая операция технологического процесса считается основной? Какой переход технологической операции считается основным?

Таблица 2.1

Индивидуальные варианты для выполнения первой части практической работы № 2

Показатели детали	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ØА, мм	98c9	100d9	110f9	90f9	100d9	90f9	110d9	100f9	95d9	110d9	100d9	90e9	110e9	100e9	95e9	110e9
ØБ, мм	78js9	80js9	82js9	60js9	80js9	70js9	90js9	80js9	75js9	90js9	80js9	60js9	95 js9	80 js9	75js9	85 js9
ØВ, мм	50	52	54	45	50	48	55	50	48	50	50	50	65	54	61	56
ØГ, мм	40H9	42H9	44H9	35H9	40H9	38H9	45H9	40H9	38H9	40H9	40H9	40H9	45H9	40H9	38H9	45H9
ØД, мм	60d9	62d9	64d9	55d9	60d9	58d9	65d9	60d9	58d9	60d9	60d9	55d9	60d9	58d9	65d9	60d9
ØМ, мм	10H9	12H9	14H9	10H9	10H9	8H9	12H9	10H9	8H9	12H9	10H9	8 H9	10 H9	12 H9	6 H9	10 H9
Е, мм	55	70	53	55	65	57	73	46	55	63	49	57	73	46	55	63
Ж, мм	70	90	70	70	90	80	90	70	80	90	70	70	90	70	70	90
Л, мм	10	15	12	10	20	18	22	19	20	22	16	10	15	20	22	30
К, мм.	5	4	3	6	8	4	3	6	8	6	4	3	6	8	6	4

Примечание. Эскиз более сложной (концентрированной) токарной операции, состоящей из семи основных переходов, представлен в табл. 2.3.

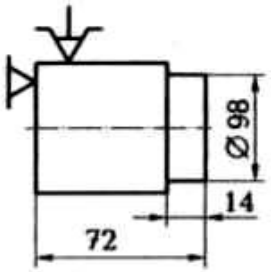
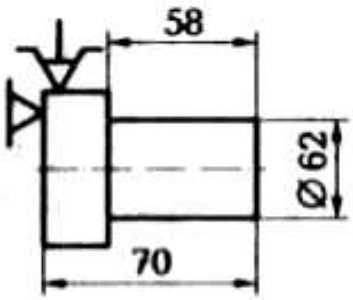
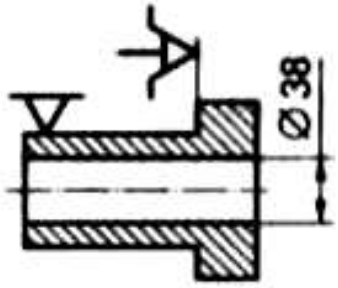
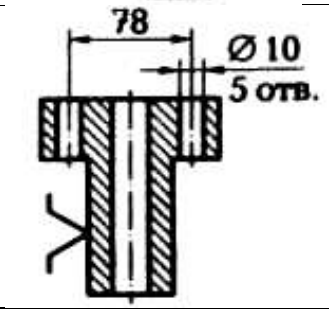
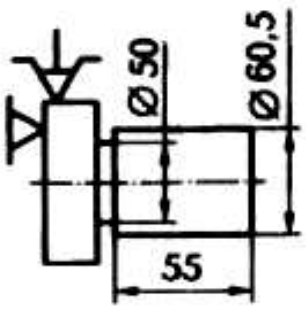
Таблица 2.2

Индивидуальные варианты для выполнения второй части практической работы № 2

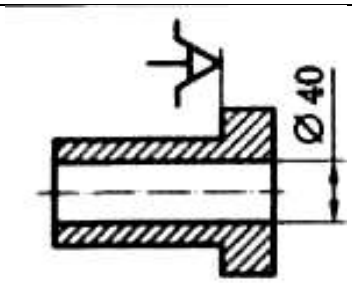
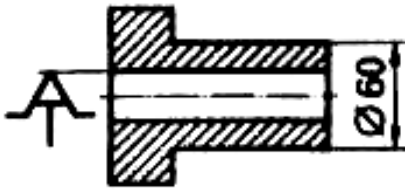
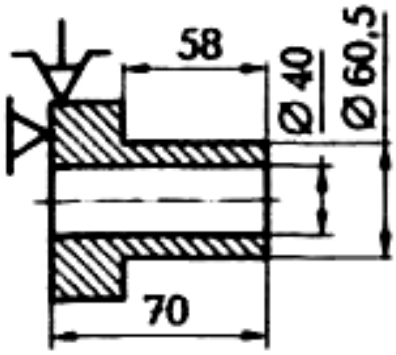
Показатели детали	Вариант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø А мм	30h9	35h9	40 h9	36h9	32h9	30f9	32f9	30f9	28f9	32h10	38h10	42f9	40h9	34f9	36f9
Ø Б, мм	25	30	34	30	28	24	26	24	22	28	28	32	30	24	26
Ø В, мм	70	80	80	75	75	72	80	76	78	78	70	74	80	80	80
Ø Г, мм	35	40	45	42	39	36	38	38	36	40	42	50	45	40	50
Ø М, мм	8Н9	10Н9	12Н9	10Н9	9Н9	8Н9	12Н9	10Н9	12Н9	8Н9	6Н9	6Н9	8Н9	8Н9	10Н9
Размер Ж, мм	8	12	14	10	14	18	22	20	12	12	18	22	20	12	12
Размер З, мм	25	30	32	28	36	40	42	34	30	28	40	44	38	42	50
Размер И, мм	12	18	19	15	19	23	27	25	17	17	10	14	15	10	8
Размер Е, мм	20	26	28	24	32	36	38	30	26	24	30	40	30	36	45
Ø О, мм	50jsl4	65js9	60jsl4	55jsl4	52js9	50js14	60jsl4	56is9	54jsl4	50jsl4	50jsl4	54jsl4	60js9	60js14	60jsl4
Число К отверстий	2	4	6	4	6	4	2	4	8	6	4	6	4	2	4

Таблица 2.3

Результаты выполнения первой части практической работы №1.1 (вариант № 0)

Номер и наименование операции	Операционный эскиз	Содержание переходов
Основное задание		
05 – токарная черновая		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 72 мм. Обточить Ø98 мм за один проход на длину14 мм. Снять деталь
10 – токарная черновая		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 70 мм. Обточить Ø62 мм за несколько проходов, выдерживая размер 58 мм. Снять деталь
15 – токарная черновая		Установить заготовку. Сверлить отверстие Предварительно Ø20 мм. Расточить отверстие Ø38 мм. Снять деталь
20 – сверлильная		Установить заготовку. Сверлить 5 отверстий предварительно Ø 9,6 мм. Зенкеровать 5 отверстий Ø 9,9 мм. Развернуть 5 отверстий Ø10H9. Снять деталь
25 – токарная чистовая		Установить заготовку. Обточить Ø60,5 мм. Точить канавку Ø50 мм резцом шириной 5 мм. Снять деталь

Окончание табл. 2.3

Номер и наименование операции	Операционный эскиз	Содержание переходов
30 – токарная чистовая		Установить заготовку. Расточить отверстие Ø40 мм. Снять деталь
35 – шлифовальная		Установить заготовку. Шлифовать наружную поверхность Ø60 мм. Снять деталь
40 – контрольная	См. рис. 2.1 и табл. 2.1	Контроль геометрических параметров
Дополнительное задание		
Операция с высокой степенью концентрации		Установить заготовку. Подрезать торец на размер 70 мм. Обточить Ø62 мм за несколько проходов, выдерживая размер 58 мм. Обточить Ø60,5 мм. Сверлить центральное отверстие Ø20 мм. Расточить центральное отверстие Ø38 мм. Расточить центральное отверстие Ø40 мм. Точить канавку Ø50 мм резцом шириной 5 мм. Снять деталь

РАБОТА № 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРИПУСКОВ

Краткие теоретические сведения

Заготовка – это предмет производства, форма которого приближена к форме детали, из которого изготовляют деталь или неразъемную сборочную единицу путем изменения формы и шероховатости поверхностей, их размеров, а также свойств материала. Принято считать, что на любую операцию поступает заготовка, а выходит с операции деталь.

Конфигурация заготовки обусловлена конструкцией детали, ее размерами, материалом и условиями работы детали в готовом изделии, т. е. всеми видами нагрузок, воздействующих на деталь во время эксплуатации готового изделия.

Исходная заготовка – это заготовка, поступающая на первую операцию технологического процесса.

Припуск – это слой материала заготовки, удаляемый в процессе ее механической обработки для получения требуемой точности и параметров поверхностного слоя готовой детали.

Промежуточный припуск – это слой материала, снимаемый при выполнении одного технологического перехода. Его определяют как разность размера поверхности заготовки, полученного на предыдущей операции, и размера этой же поверхности детали, полученного при выполнении данного перехода по обработке поверхности заготовки в одной операции.

Операционный припуск – это толщина слоя материала, снимаемого с конкретной поверхности заготовки в одной операции. Величина z_0 операционного припуска зависит от следующих параметров: высота неровностей Rz поверхности (шероховатости), образовавшихся на предыдущей операции; глубина $h_д$ дефектного слоя поверхности заготовки; допуск T на операционный размер и др.

Операционные припуски определяют расчетно-аналитическим или опытно-статистическим методом.

Общий припуск – это сумма всех промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки конкретной поверхности заготовки. Общий припуск для каждой поверхности заготовки можно определить в виде разности размера этой поверхности заготовки и размера этой же поверхности готовой детали.

Расчетно-аналитический метод определения припусков дает возможность при обработке поверхностей вращения определять припуск либо на диаметр, либо на радиус (на сторону). В общем случае величина припуска на диаметр

$$z_0 = 2[Rz + h_д + T], \qquad (3.1)$$

где Rz – высота неровностей поверхности (шероховатости), образовавшихся на предыдущей операции; $h_д$ – глубина дефектного слоя поверхности заготовки; T – допуск на операционный размер.

При обработке плоской поверхности (односторонняя обработка) припуск задается на сторону. В общем случае величина припуска на сторону

$$Z_0 = Rz + h_д + T. \qquad (3.2)$$

Общий припуск на механическую обработку определяется сравнением размеров поверхностей заготовки и соответствующих поверхностей детали.

Для наружной поверхности вращения (рис. 3.1) общий припуск на диаметр

$$2\,z_{\text{общ}.d} = d_0 - d_{\text{д}}, \qquad (3.3)$$

где d_0 – наружный диаметр заготовки; $d_{\text{д}}$ – наружный диаметр детали.

Для внутренней поверхности вращения (рис. 3.1, *б*) общий припуск на диаметр

$$2z_{\text{общ}.D} = D_{\text{А}} - D_0, \qquad (3.4)$$

где $D_{\text{А}}$ – внутренний диаметр детали; D_0 – внутренний диаметр заготовки.

Для плоской поверхности (рис. 1.4, *в*) общий припуск

$$z_{\text{общ}L} = L_0 - L_{\text{А}}\ , \qquad (3.5)$$

где L_0 – размер заготовки; $L_{\text{А}}$ – размер детали.

После того как определили промежуточные припуски для каждого перехода, определяют промежуточные размеры заготовки, что позволяет подобрать режущий и мерительный инструмент.

Опытно-статистический метод определения припусков дает возможность определять припуски на переходы, величина которых во многом определяется методом обработки поверхности заготовки и ее размерами. При этом методе используют таблицы из нормативно-справочных источников.

Задание 3.1

Деталь – вал (рис. 3.2, *а*) изготовляют в условиях мелкосерийного производства из горячекатаной заготовки (рис. 3.2, *б*). Наибольшую по диаметру ступень вала обрабатывают в два перехода. Требуется по одному из вариантов задания (табл. 3.1) установить общий припуск, промежуточные припуски на оба перехода механической обработки наибольшего диаметра детали; рассчитать промежуточный размер после первого перехода и выполнить операционные эскизы на оба перехода.

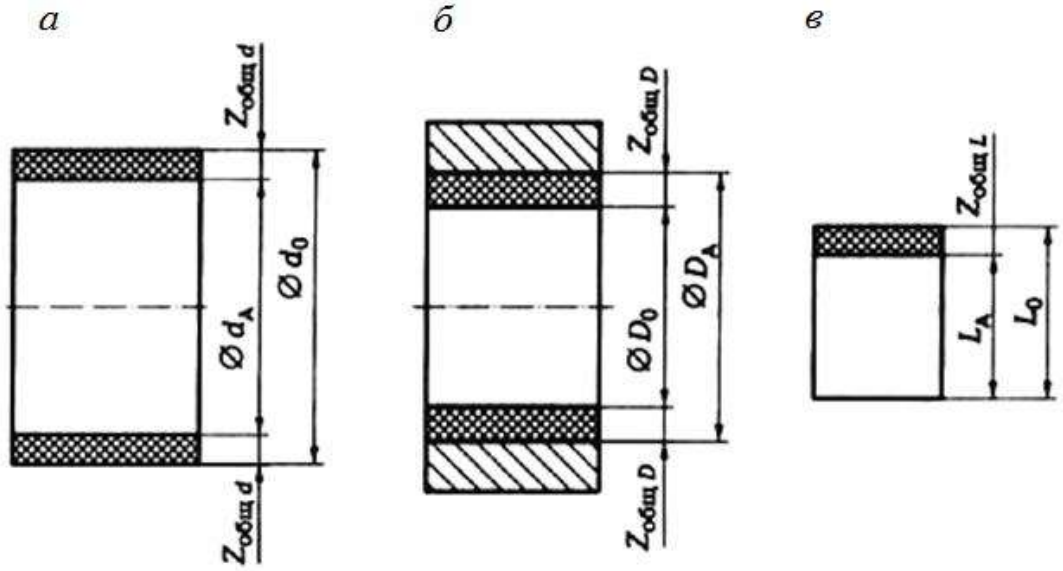


Рис. 3.1. Схема расположения припусков на механическую обработку: *а* – для наружной цилиндрической поверхности; *б* – для внутренней цилиндрической поверхности; *в* – для плоской поверхности

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- операционные эскизы;
- расчетные формулы с результатами расчета.

Пример выполнения задания 3.1(вариант № 0)

По формуле (3.3) с учетом задания (см. вариант № 0, табл. 3.1) найдем общий припуск на механическую обработку наибольшего диаметра:

$$2z_{общ.d} = d_0 - d_A = 110 - 100 = 10 \text{ мм}.$$

Промежуточный припуск на диаметр при чистовом точении найдем по табл. Прилож.4:

$$2z_{табл} = 2{,}0 \text{ мм}.$$

Для мелкосерийного производства припуск следует увеличить, для чего вводится коэффициент $K = 1{,}3$, тогда

$$2z_{расч} = 2z_{табл} \cdot K = 2{,}0 \cdot 1{,}3 = 2{,}6 \text{ мм}.$$

Припуск на диаметр при черновом точении можно определить расчетом:

$$2z_1 = 2z_{общ.} - 2z_{расч} = 10 - 2{,}6 = 7{,}4 \text{ мм}.$$

Диаметр d_i после чернового прохода (рис. 3.2, *в*) определяется исходя из максимального диаметра детали и припуска $2Z_{расч}$ на чистовое точение:

$$d_1 = d_{max} + 2Z_{расч} = 100 + 2{,}6 = 102{,}6 \text{ мм}.$$

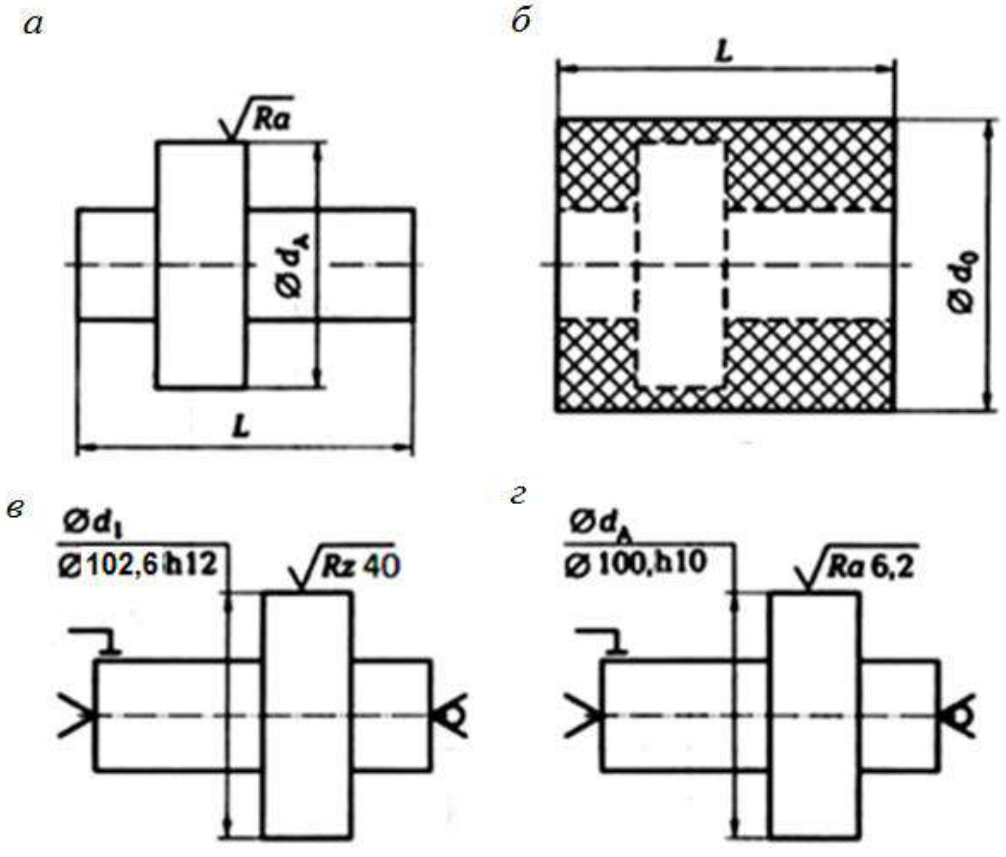


Рис. 3.2. Схема обработки наибольшей по диаметру ступени вала:
а – вал; *б* – заготовка; *в* – обтачивание черновое; *г* – обтачивание чистовое

Точность получают по квалитету *h*l2, т. е. 102,6*h*l2, а шероховатость поверхности для чернового точения *Rz* 40. Операционные эскизы чернового и чистового точения представлены на рис. 3.2, *в, г,* а размеры детали соответствуют заданным.

Таблица 3.1

Варианты для задания 3.1

Вариант	Диаметр заготовки d_0, мм	Диаметр детали d_A, мм	Длина заготовки *L*, мм	*Ra*, мкм
0	110	100	400	6,2
1	100	92	300	3,2
2	140	130	320	6,2
3	180	168	340	3,2
4	200	186	300	3,2
5	120	112	350	6,2
6	180	168	310	6,2
7	130	120	390	3,2
8	150	138	400	6,2
9	110	102	300	3,2
10	140	129	350	3,2
11	130	118	250	6,2
12	100	84	340	6,2
13	125	115	280	3,2
14	150	148	315	6,2
15	160	156	420	3,2

Задание 3.2

По одному из вариантов задания (табл. 3.2) определить с помощью таблиц операционные припуски, рассчитать операционные размеры для всех переходов изготовления детали – вала (рис. 3.3, *а*) из поковки (рис. 3.3, *б*), которая прошла фрезерно-центровальную операцию; выполнить операционные эскизы.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- операционные эскизы;
- расчетные формулы с результатами расчета.

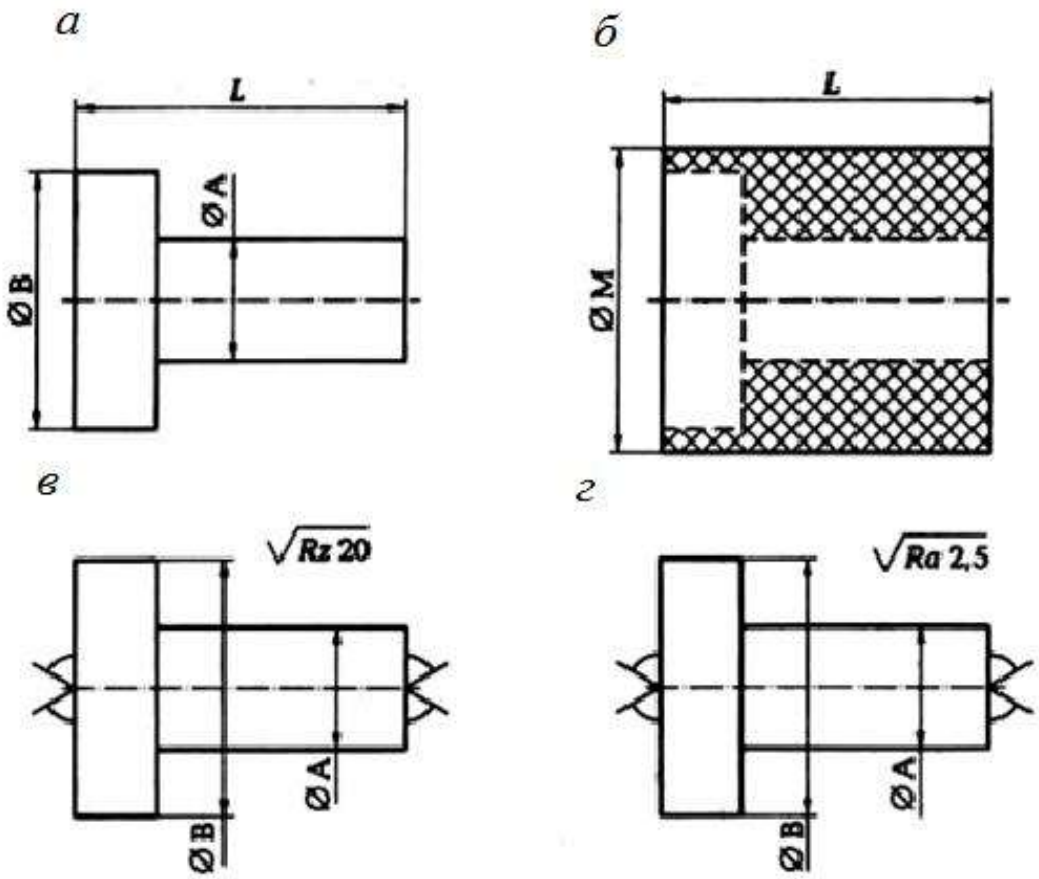


Рис. 3.3. Схема обработки вала:
а – деталь; *б* – расположение припуска на обработку; *в* – обтачивание; *г* – шлифование

Пример выполнения задания 3.2 (вариант № 0)

Используя Приложение 2, последовательность обработки заготовки, установленной в рифленых центрах, можно представить следующим образом (табл. 3.3).

Для диаметра В общий припуск на диаметр для механической обработки найдем по формуле (3.3):

$$2Z_{общ} = d_0 - d_B = 96 - 90 = 6 \text{ мм}.$$

С учетом последовательности обработки (см. табл. 3.3) имеем

$$2Z_{общd} = 2Z_1 + 2Z_2 + 2Z_3 + 2Z_4, \qquad (3.6)$$

где $2Z_1$ – припуск на диаметр для чернового точения; $2Z_2$ – припуск на диаметр для чистового точения; $2Z_3$ – припуск на диаметр для предварительного шлифования; $2Z_4$ – припуск на диаметр для чистового шлифования.

По Приложению 4 находим, что операционный припуск на диаметр при шлифовании равен 0,6 мм. Распределяем его на шлифование предварительное и чистовое (примерно в отношении 3:1или 2:1) и получаем $2Z_3$ = 0,4 мм, а $2Z_4$ = 0,2 мм.

По Приложению 4 находим, что припуск на чистовое точение $2Z_2$ = 2,0 мм, тогда припуск на черновое точение:

$$2Z_1 = 2Z_{общd} - 2Z_2 - 2Z_3 - 2Z_4 = 6 - 2{,}0 - 0{,}4 - 0{,}2 = 3{,}4 \text{ мм}.$$

Таблица 3.2

Варианты для задания 3.2

Вариант	Деталь							Заготовка		
	Ø B			Ø A			Длина *L*, мм	ØM		
	Номинальный размер, мм	Точность	*Ra*, мкм	Номинальный размер, мм	Точность	*Ra*, мкм		Номинальный размер, мм	Точность	*Rz*, мкм
0	90	f8	2.5	42	f9	2,5	350	96	*d*15	250
1	80	z8	2.5	64	d9	2,5	300	88	*js*15	250
2	66	x8	2,5	56	d9	2.5	380	72	*js*l4	250
3	86	u8	2,5	50	x8	2,5	320	94	jsl6	250
4	76	h8	2,5	48	u8	2,5	370	82	jsl5	250
5	68	s8	2,5	44	f8	2,5	340	76	jsl3	250
6	80	d9	2,5	64	z8	2,5	390	88	jsl5	250
7	94	d9	2,5	60	x8	2,5	360	100	jsl4	250
8	78	x8	2,5	56	u8	2,5	320	84	jsl6	250
9	82	u8	2,5	62	h7	2,5	380	90	jsl3	250
10	64	z8	2,5	46	s8	2,5	340	72	jsl4	250
11	82	d9	2,5	40	n8	2,5	300	90	jsl5	250
12	85	d9	2,5	42	k7	2,5	310	95	jsl4	250
13	100	x8	2,5	50	u8	2,5	320	110	jsl6	250
14	96	u8	2,5	45	h8	2,5	280	105	jsl3	250
15	72	z8	2,5	36	m7	2,5	240	80	jsl4	250

С учетом ранее проведенных расчетов находим размеры, которые следует получить после каждого перехода.

После чернового точения следует получить размер

$B_1 = B_0 - 2Z_1 = 96 - 3{,}4 = 92{,}6h14$. (B_0 – размер заготовки – ØM).

После чистового точения следует получить размер

$B_2 = B_1 - 2Z_2 = 92{,}6 - 2{,}0 = 90{,}6h12$.

После предварительного шлифования следует получить размер

$B_3 = B_2 - 2Z_3 = 90{,}6 - 0{,}4 = 90{,}2f10$.

После чистового шлифования следует получить размер

$B_4 = B_3 - 2Z_4 = 90{,}2 - 0{,}2 = 90f9$.

Для диаметра А алгоритм действий аналогичен предыдущему.

Общий припуск на диаметр для механической обработки найдем по формуле (3.3):

$$2Z_{общd} = d_0 - d_A = 96 - 44 = 52 \text{ мм}.$$

С учетом последовательности обработки (см. табл. 1.12) имеем:

$$2Z_{общd} = 2Z1 + 2Z_2 + 2Z_3 + 2Z_4, \qquad (3.7)$$

где $2Z_1$ – припуск на диаметр для чернового точения; $2Z_2$ – припуск на диаметр для чистового точения; $2Z_3$ – припуск на диаметр для предварительного шлифования; $2Z_4$ – припуск на диаметр для чистового шлифования.

По Приложению 4 находим, что операционный припуск на диаметр при шлифовании равен 0,5 мм. Распределяем его на шлифование предварительное и чистовое (примерно в отношении 3:1) и получаем $2Z_3 = 0{,}4$ мм, а $2Z_4 = 0{,}1$ мм.

По Приложению 4 припуск на чистовое точение $2Z_2 = 1{,}5$ мм. Тогда припуск на черновое точение

$$2Z_1 = 2Z_{общd} - 2Z_2 - 2Z_3 - 2Z_4 = = 52 - 1{,}5 - 0{,}4 - 0{,}1 = 50 \text{ мм}.$$

Безусловно, такой большой припуск на черновое точение придется снимать за несколько проходов в зависимости от жесткости заготовки. С учетом проведенных ранее расчетов находим размеры, которые следует получить после каждого перехода.

После чернового точения следует получить размер

$$A_1 = M_0 - 2Z_1 = 96 - 52 = 44f\,14.$$

После чистового точения следует получить размер

$$A_2 = A_1 - 2Z_2 = 44 - 1{,}5 = 42{,}5f12.$$

После предварительного шлифования следует получить размер

$$A_3 = A_2 - 2Z_3 = 42{,}5 - 0{,}4 = 42{,}1f10.$$

После чистового шлифования следует получить размер

$$A_4 = A_3 - 2Z_4 = 42{,}1 - 0{,}1 = 42f9.$$

Операционные эскизы для точения и шлифования представлены на рис. 3.3, *в, г* соответственно, а результаты расчета сведены табл. 3.3.

Таблица 3.3

Последовательность обработки вала рис. 3.3

Номер операции	Содержание перехода	Снимаемый припуск, мм	Полученные параметры		
			Точность	Шероховатость, мкм	Номинальный размер, мм
05	Установить заготовку	–	*d*15	*Rz*250	96
	Черновое точение ØA (8 – 14 ходов)	52	*h*14	*Rz*40	44
	Черновое точение ØB	3,4	*h*14	*Rz*40	92,6
	Чистовое точение ØA	1,5	*h*12	*Rz*20	42,5
	Чистовое точение ØB	2,0	*h*l2	*Rz*20	90,6
	Снять деталь	–	–	–	–
10	Установить заготовку	–	–	–	–
	Предварительное шлифование ØA	0,4	*h*10	*Ra*3,2	42,1
	Предварительное шлифование ØB	0,4	*f*10	*Ra*3,2	90,2
	Чистовое шлифование ØA	0,1	*f*9	*Ra*2,5	42
	Чистовое шлифование ØB	0,2	*f*8	*Ra*2,5	90
	Снять деталь	–	–	–	–
15	Контроль параметров детали	–	–	–	–

Задание 3.3

По одному из вариантов задания (табл. 3.4) выбрать с помощью таблиц «операционные припуски», рассчитать промежуточные размеры для выполнения всех переходов, выполнить операционные эскизы для обработки одной ступени (по указанию преподавателя) детали (рис. 3.4, *а*). Заготовка – поковка (рис. 3.4, *б*), прошла фрезерно-центровальную операцию.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки
- операционные эскизы;
- последовательность обработки вала в виде таблицы
- расчетные формулы с результатами расчета.

Таблица 3.4

Варианты задания 3.3

Вариант	Показатели заготовки				Показатели детали				L, мм
	$ØA_0$	$ØБ_0$	$ØB_0$	$ØГ_0$	$ØA_A$	$ØБ_Д$	$ØB_A$	$ØГ_A$	
0	44dll	66dll	40dll	32dll	38f8	60f8	36f8	28f8	430
1	40jsl5	46jsl5	36jsl5	34jsl5	30z8	40z8	32z8	22z8	430
2	38jsl4	66jsl4	34jsl4	26jsl4	32x8	60x8	30x8	20x8	430
3	46jsl6	62jsl6	42jsl6	34jsl6	38u8	56u8	38u8	28u8	430
4	50jsl5	66jsl5	48jsl5	37jsl5	44h8	62h8	44h8	32h8	430
5	50jsl3	68jsl3	40jsl3	27jsl3	42s8	64s8	36s8	20s8	430
6	40jsl5	60jsl5	42jsl5	29jsl5	30d9	55d9	38d9	22d9	430
7	32jsl4	66jsl4	36jsl4	27jsl4	28d9	60d9	30d9	20d9	430
8	42jsl6	64jsl6	40jsl6	34jsl6	38x8	58x8	36x8	28x8	430
9	40jsl3	66jsl3	35jsl3	30jsl3	32u8	62u8	32u8	22u8	430
10	32jsl4	50jsl4	35jsl4	25jsl4	25z8	44z8	30z8	18z8	430
11	45jsl5	68jsl5	48jsl5	32jsl5	35d9	60d9	40d9	26d9	430
12	38jsl4	66jsl4	36jsl4	27jsl4	32d9	60d9	30d9	20d9	430
13	46jsl6	64jsl6	40jsl6	34jsl6	38x8	58x8	36x8	28x8	430
14	40jsl3	66jsl3	35jsl3	30jsl3	32u8	58u8	30u8	26u8	430
15	38jsl4	50jsl4	35jsl4	25jsl4	30z8	44z8	30z8	18z8	430

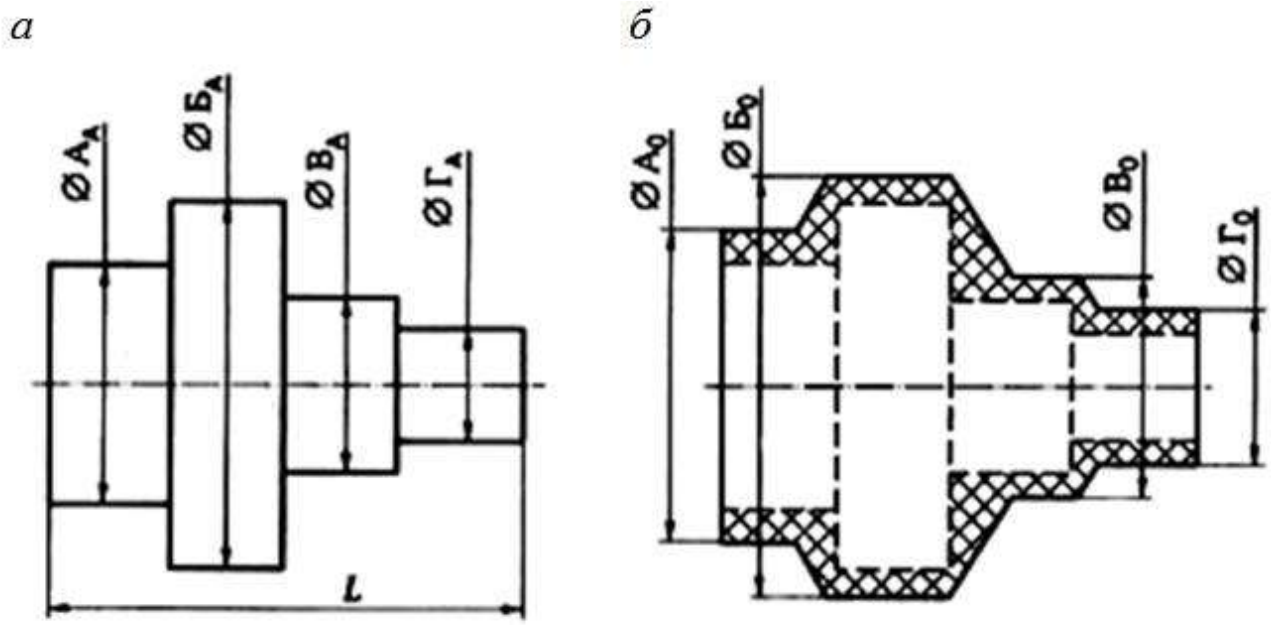


Рис. 3.4. Вал:
а – размеры детали; *б* – размеры заготовки

РАБОТА №4
РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВОК

Краткие теоретические сведения

Форма заготовки должна быть приближена к форме детали. Это приближение во многом определяет технико-экономические показатели технологического процесса изготовления детали.

Спроектировать заготовку – это значит установить ее форму, размеры с допускаемыми отклонениями (допусками), припуски на механическую обработку, твердость материала и другие технические требования, которым должна соответствовать заготовка для детали.

При обработке любой поверхности за один рабочий ход на предварительно настроенном станке партии заготовок в результате упругих деформаций системы обработки и изменяющихся в пределах допуска размеров a заготовок от наименьшего $a_{\min}$ до наибольшего $a_{\max}$ размеры b деталей также будут изменяться от наименьших $b_{\min}$ до $b_{\max}$ наибольших. Значение Z промежуточного припуска также будет изменяться от наименьшего $Z_{\min}$ до наибольшего $Z_{\max}$.

Значение i-го наименьшего промежуточного припуска представляется как разность:

$$Z_{i\min} = a_{\min} - b_{\max} \qquad (4.1)$$

Значение i-го наибольшего промежуточного припуска

$$Z_{\max} = a_{\max} - b_{\min} \qquad (4.2)$$

Однако в рамках данного учебного пособия целесообразно пользоваться номинальными значениями припусков, размеров заготовки и размеров детали.

Номинальный припуск – это разность между номинальным размером a_{i-1} заготовки, полученным на предыдущем (i - 1)-м переходе, и размером b_i, детали, полученным на выполняемом i-м переходе:

$$Z_{i\text{nom}} = a_{i-1} - b_i. \qquad (4.3)$$

Тогда общий Z_0 номинальный припуск на обработку конкретной поверхности заготовки рассчитывают в виде суммы номинальных припусков на все технологические переходы (или операции) по обработке данной поверхности. В то же время этот припуск будет равен разности номинальных размеров заготовки и детали, т. е.:

$$Z_0 = \sum_1^n Z_{i\text{nom}} = a_{\text{nom.заг}} - b_{\text{nom.дет}}, \qquad (4.4)$$

где n – общее число технологических переходов или операций по обработке данной поверхности.

Таким образом, наружные номинальные размеры каждой поверхности исходной заготовки определяют путем прибавления к наружным номинальным размерам d_A, D_A, L_A каждой поверхности детали общих номинальных припусков, $Z_{\text{общ}d}$,. $Z_{\text{общ}D}$, $Z_{\text{общ}L1}$,. $Z_{\text{общ}L2}$ на обработку данной поверхности. Внутренние номинальные размеры каждой поверхности исходной заготовки определяют путем вычитания из внутренних номинальных размеров каждой поверхности детали общих номинальных припусков на обработку данной поверхности. Так,

например, для детали, изображенной на рис. 4.1, *а*, размеры исходной заготовки (рис. 4.1, *б*) можно определить по формулам:

$$d_0 = d_A + 2Z_{общd}; \quad (4.5)$$

$$D_0 = D_A + 2Z_{общD}; \quad (4.6)$$

$$L_0 = L_A + Z_{общL1} + Z_{общL2} \quad (4.7)$$

Общие припуски $Z_{общd}$, $Z_{общD}$, $Z_{общL1}$ и $Z_{общL2}$ выбирают по соответствующим таблицам.

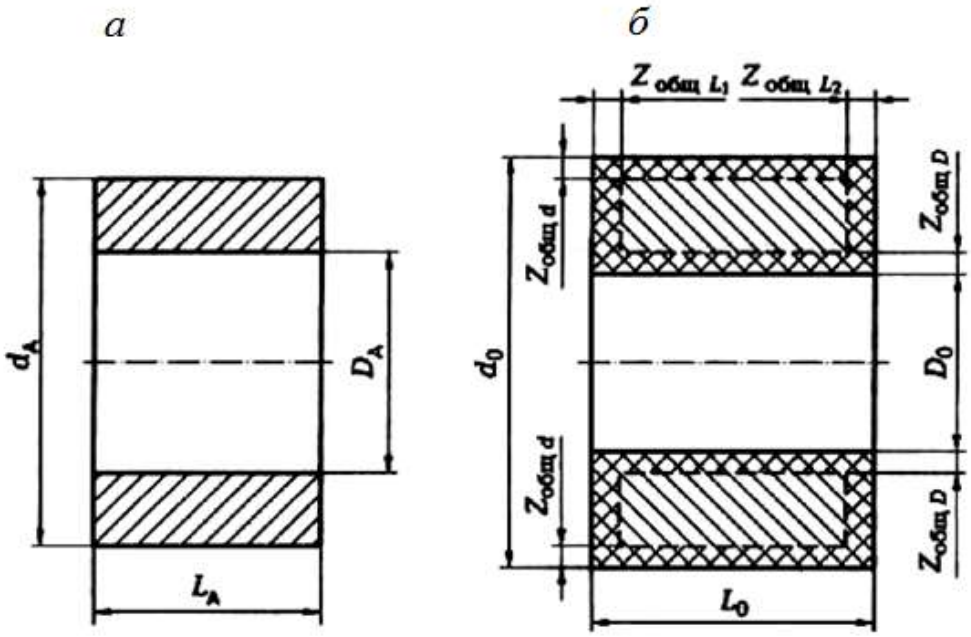


Рис. 4.1. Схема определения размеров заготовки:
а – размеры детали; *б* – расположение припусков и размеры заготовки

Задание 4.1

По одному из вариантов задания (табл. 4.1) спроектировать исходную заготовку для изготовления вала (рис. 4.2, *а*) из стального (18ХНЗА) проката в условиях мелкосерийного производства (200 шт./год). Шероховатость поверхности проката *Rz* 250 мкм.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

Пример выполнения задания 4.1(вариант № 0)

Из анализа чертежа детали (см. рис. 4.2, *а*) следует, что перепады диаметров вала незначительные ($\Delta d \leq 10$ мм), требования к механическим свойствам материала заготовки отсутствуют, а производство мелкосерийное. Поэтому

допустимо нарезать штучные заготовки из цилиндрического прутка длиной L_0 и диаметром d_0.

Диаметр заготовки определяем по формуле (4.5). Общий припуск (Приложение 4) $2Z_{общd} = 8$ мм с учетом длины заготовки в интервале 180 ... 260 мм и параметра шероховатости детали *Ra* 1,2 мкм. Тогда наружный диаметр заготовки

$$d_0 = d_A + 2Z_{общd} = 89 + 8 = 97\text{мм}.$$

Длину L_0 штучной заготовки определяем по формуле (4.7). По Прилож. 4 с учетом длины заготовки в интервале 180 ... 260 мм и параметра шероховатости детали *Rz* 40 мкм находим

$$Z_{общL1} = Z_{общL2} = 4\text{мм}.$$

Тогда длина штучной заготовки

$$L_0 = L_A + Z_{общL1} + Z_{общL2} = 250 + 4 + 4 = 258 \text{ мм}.$$

При разрезании прутка на штучные заготовки назначаем допуск на длину по 12-му квалитету (*js*12), а допуск на диаметр установим +0,6 ... – 1,7 мм (по ГОСТ 2590-88). Эскиз заготовки представлен на рис. 4.2, *б*.

Таблица 4.1

Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.1

Вариант	Показатели детали								
	ØА		ØБ		ØВ		L_1, мм	L_2, мм	L, мм
	Номинальный размер, мм	*Ra*, мкм	Номинальный размер, мм	*Ra*,мкм	Номинальный размер, мм	*Ra*,мкм			
0	80	1,2	89	1,2	85	80	130	100	250
1	60	2,5	100	2,5	70	80	100	120	260
2	30	1,2	80	2,5	40	80	110	90	250
3	120	2,5	130	1,2	60	80	80	120	250
4	80	2,5	100	1,2	70	80	110	105	260
5	20	1,2	80	2,5	40	80	85	95	200
6	90	2,5	160	2,5	80	80	140	60	250
7	68	1,2	100	2,5	45	80	125	75	250
8	75	2,5	100	1,2	78	80	100	60	200
9	30	1,2	88	2,5	40	80	105	124	260
10	70	1,2	100	1,2	60	80	88	68	180
11	86	2,5	92	2,5	88	80	80	120	250
12	78	1,2	88	2,5	82	80	100	105	250
13	86	2,5	95	1,2	90	80	85	95	200
14	90	2,5	100	2,5	95	80	140	60	260
15	82	1,2	90	1,2	86	80	100	75	200

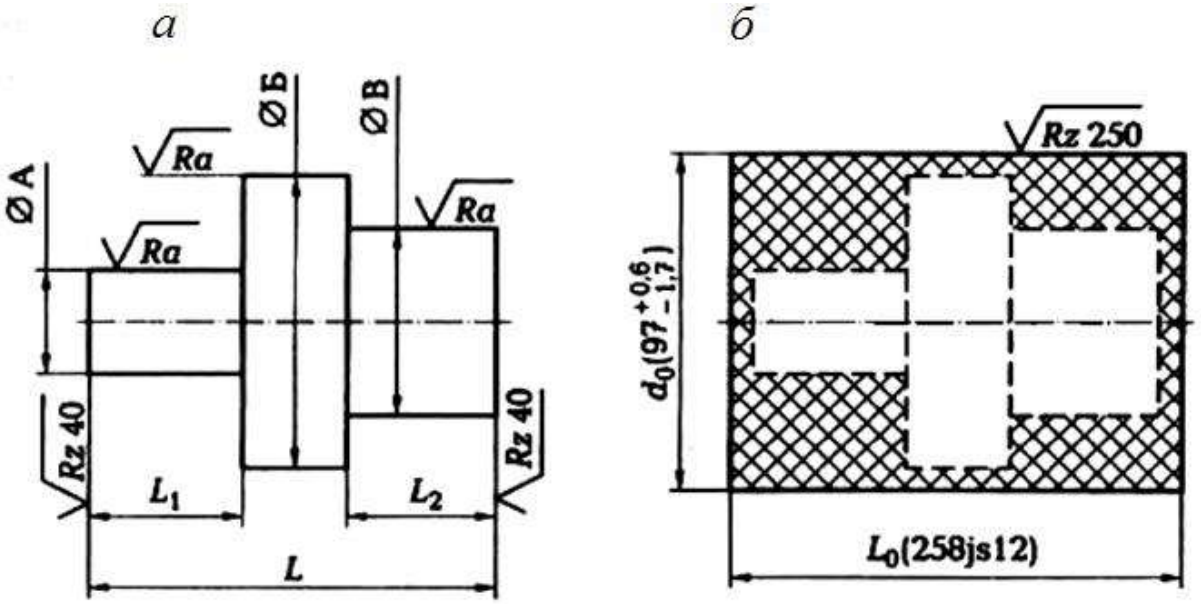


Рис. 4.2. Схема проектирования заготовки для вала:
а – размеры детали; *б* – размеры заготовки

Задание 4.2

По одному из вариантов задания (табл. 4.2) спроектировать исходную заготовку для изготовления детали – вала (рис. 4.3) из стального (сталь 45) проката в условиях среднесерийного производства (1200 шт./год). Шероховатость поверхности проката *Rz* 250 мкм.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

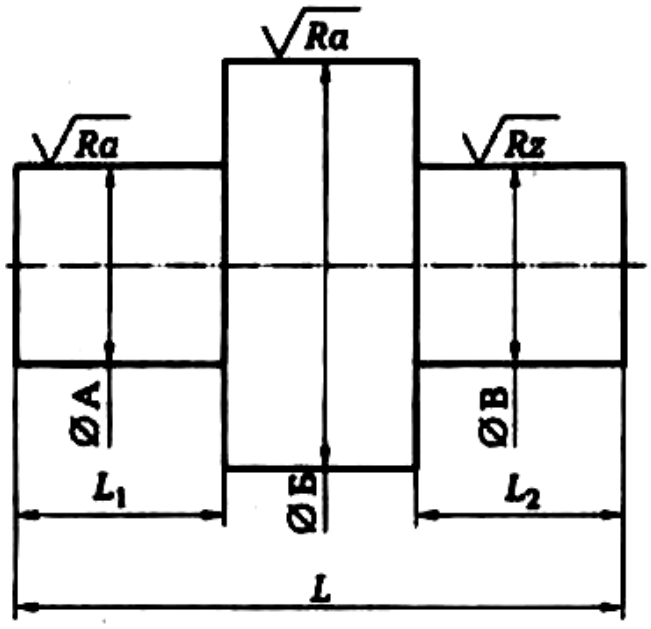


Рис. 4.3. Эскиз обрабатываемой детали (вала)

Таблица 4.2

Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.2

Вариант	Показатели детали								
	ØA		ØБ		ØВ		L_1, мм	L_2, мм	L, мм
	Номинальный размер, мм	*Ra*, мкм	Номинальный размер, мм	*Ra*, мкм	Номинальный размер, мм	*Rz*, мкм			
1	70	2,5	120	2,5	70	80	100	100	200
2	40	1,2	180	2,5	40	80	90	90	260
3	60	2,5	100	1,2	60	80	60	60	200
4	70	2,5	160	1,2	70	80	105	105	260
5	40	1,2	90	2,5	40	80	95	95	220
6	80	2,5	110	2,5	80	80	60	60	210
7	45	1,2	100	2,5	45	80	75	75	230
8	78	2,5	140	1,2	78	80	60	60	180
9	40	1,2	98	2,5	40	80	80	80	205
10	60	1,2	150	1,2	60	80	68	68	195
11									
12									
13									
14									
15									

Задание 4.3

По одному из вариантов задания (табл. 4.3) спроектировать исходную заготовку для изготовления корпуса (рис. 4.4) из серого чугуна в условиях крупносерийного производства (20 000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки *Rz* < 320 мкм.

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

Таблица 4.3

Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.3

Показатели детали	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
А, мм	15	20	16	12	14	12	16	12	14	16	14					
Б, мм	96	104	98	102	104	100	104	116	112	118	108					
В, мм	76	82	78	80	82	80	82	92	92	90	88					
Г, мм	38	41	36	40	41	40	41	46	46	45	44					
Ø Д мм	55	50	48	50	48	52	50	56	56	52	50					
Е, мм	70	65	70	76	68	80	72	76	86	80	72					
И, мм	96	70	66	72	68	80	84	60	64	58	76					
К, мм	120	100	98	104	102	110	120	100	96	102	100					
Ø Т мм, мм	10	12	10	11	12	10	12	14	10	14	10					
Х, мм	12	15	16	16	17	15	18	20	16	22	12					
Радиус *R*, мм	32	30	29	30	30	30	30	34	36	35	34					

Пример выполнения задания 4.3 (вариант № 0)

Из анализа чертежа детали (см. рис. 4.4) следует, что механической обработке подвергаются:

- внутреннее отверстие диаметром Д = 55 мм, расположенное на расстоянии E = 70 мм от плоскости D,
- плоскость D основания;
- две плоские поверхности F на верхней стороне прямоугольного фланца толщиной A;
- две плоские поверхности G на торцах цилиндрической поверхности R = 32 мм;
- четыре отверстия диаметром T в основании (прямоугольном фланце);
- две плоские поверхности I прямоугольного фланца.

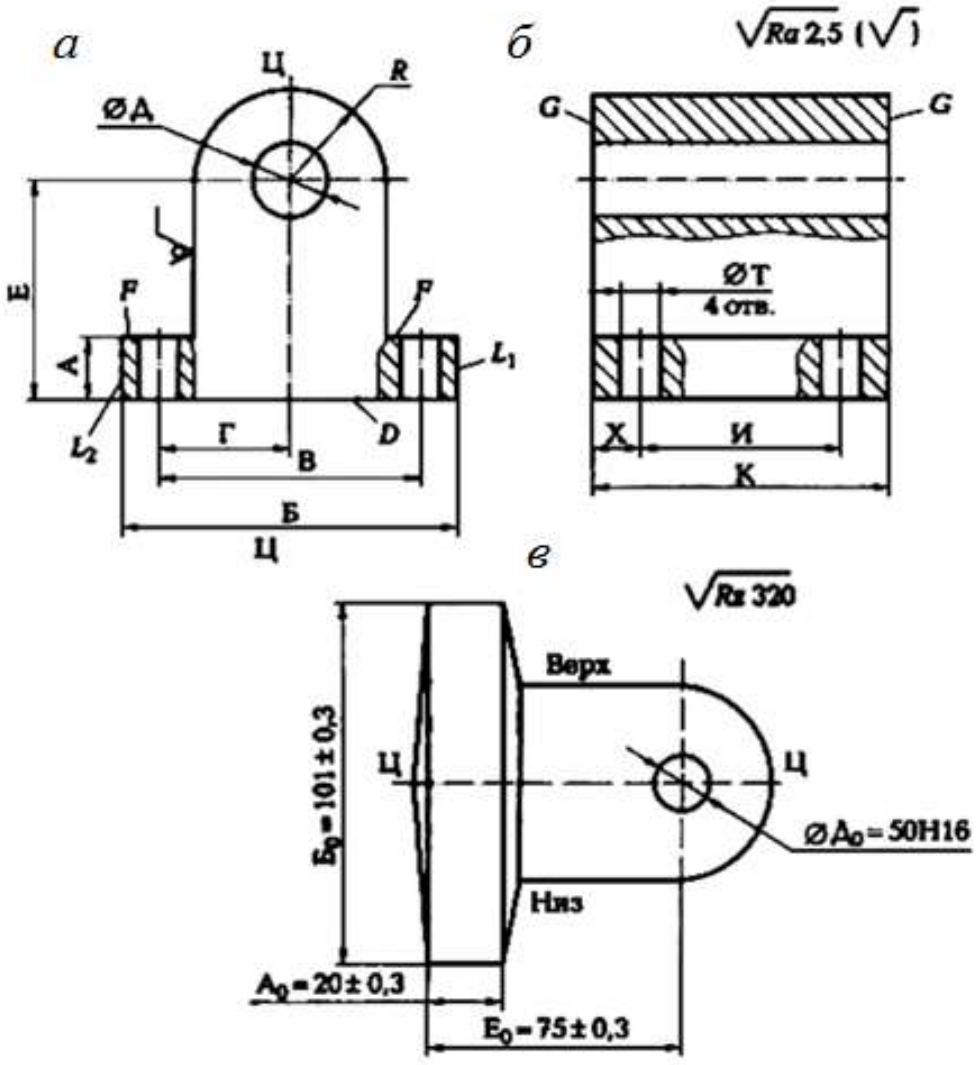


Рис. 4.4. Деталь – корпус *(а, б)* и заготовка детали (*в*)

Вид производства (крупносерийное) позволяет использовать литье в земляные формы по деревянным (или металлическим) моделям с максималь-

ным приближением формы заготовки к форме детали. Точность размеров литья соответствует 15 – 16-му квалитетам, шероховатость поверхности $Rz < 320$ мкм.

Так как деталь имеет плоскость симметрии (плоскость Ц – Ц), то ее целесообразно принять за плоскость разъема модели и формы, что облегчит установку и снятие стержня для получения центрального отверстия в отливке. Соответственно этому будут определены литейные уклоны на вертикальных поверхностях и положение формы при заливке металла.

Общие припуски $Z_{общ}$ на механическую обработку можно выбрать по Приложению 1 с учетом рассчитанной массы m заготовки (10 ... 16 кг), размера обрабатываемой поверхности и параметра ее шероховатости (Ra 2,5 мкм):

– на плоскости D основания корпуса $Z_{общD} = 2{,}5$ мм;
– на торце G_1 основания корпуса $Z_{общ\ G1} = 2{,}5$ мм;
– на торец G_2 основания корпуса $Z_{общ\ G2} = 2{,}5$ мм;
– на верхнюю площадку F основания корпуса $Z_{общF} = 2{,}5$ мм;
– на центральное отверстие Д $-2Z_{общД} = 2{,}5 \cdot 2 = 5{,}0$ мм;
– на боковые стороны L_1 и L_2 основания $Z_{общL1} = Z_{общL2} = 2{,}5$ мм.

Размеры заготовки рассчитываем по формулам (1.14), (1.15), (1.16):

– диаметр центрального отверстия $Д_о = Д_д - Z_{общД} = 55 - 5{,}0 = 50$ мм;
– длина заготовки $К_о = К_А + Z_{общ\ G1} + Z_{общ\ G2} = 120 + 2{,}5 + 2{,}5 = 125$ мм;
– толщина основания $А_о = А_А + 2Z_{общД} + Z_{общF} = 15 + 2{,}5 = 2{,}5 = 20$ мм;
– ширина заготовки $Б_о = Б_А + Z_{общL1} + Z_{общL2} = 96 + 2{,}5 + 2{,}5 = 101$ мм;
– координирующий размер $Е_о = Е_А + Z_{общD} = 70 + 2{,}5 = 72{,}5$ мм.

Предельные отклонения размеров отливки устанавливаем ± 0,3 мм, литейные уклоны – 3 ... 5°. Назначаем очистку заготовки дробеструйной обработкой.

Эскиз заготовки представлен на рис. 4.4, *б*, где обозначено: **Ц – Ц** – плоскость разъема модели и формы; «Верх» и «Низ» – расположение соответственно верха и низа формы во время заливки в нее расплавленного металла.

Задание 4.4

По одному из вариантов задания (табл. 4.4) спроектировать исходную заготовку, изготовляемую объемной штамповкой из стали 18ХНВА, для изготовления вала (рис. 4.5, *а*) в условиях серийного производства (4 000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки $Rz < 320$ мкм. Заготовка проходит закалку, отпуск (320 ... 380 НВ).

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета.

Таблица 4.4

Индивидуальные варианты для выполнения задания № 4.4

Показатели детали		Вариант															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø A_A	Номинальный размер, мм	80	68	88	80	70	60	70	66	72	78	80					
	Точность	d9	f9	e9	d9	f9	f9	d9	d9	f9	e9	f9					
	Ra, мкм	1,2	2,5	2,5	1,2	1.2	2,5	2,5	1,2	1,2	1,2	2,5					
Ø $Б_A$	Номинальный размер, мм	90	78	98	90	80	70	80	86	96	100	110					
	Точность	d9	e9	f9	d9	e9	e9	f9	d9	d9	e9	f9					
	Ra, мкм	1,2	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1.2	2,5	2,5	2,5					
Ø B_A	Номинальный размер, мм	85	73	92	85	75	65	70	66	80	84	95					
	Точность	d9	f9	e9	d9	d9	f9	f9	e9	d9	e9	f9					
	Ra, мкм	1,2	2,5	2,5	1.2	1,2	2,5	2.5	2,5	2,5	1,2	1,2					
Длина L_A, мм		500	400	500	400	250	300	500	400	420	450	500					
Длина L_{1A}, мм		130	200	220	100	80	120	220	180	198	120	220					
Длина L_{2A}, мм		80	80	78	90	64	40	96	60	86	64	85					

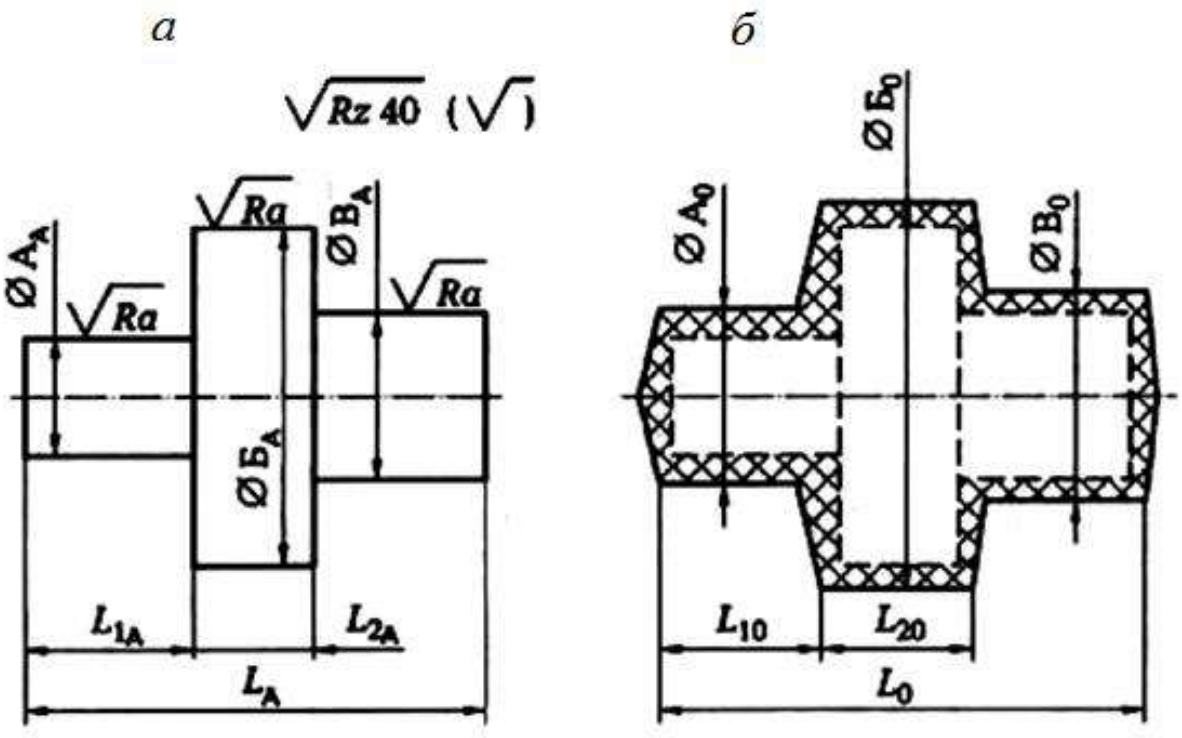


Рис. 4.5. Деталь – вал (*а*) и штампованная заготовка (*б*) для вала

Пример выполнения задания 4.4 (вариант № 0)

Учитывая размеры и форму детали и свойства материала, целесообразно получать заготовку в штампе. Тогда ось поковки должна располагаться горизонтально в плоскости разъема штампа.

Размеры диаметров поковки с допусками рассчитываем с учетом припусков, определяемых по Приложению 4, увеличенных на 0,5 мм на сторону для учета угара поверхностного слоя металла при нагреве в печи.

Результаты расчета сведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Результаты расчета диаметров ступеней заготовки

Диаметр ступени детали, мм	*Ra*, мкм	Общий припуск на диаметр, мм	Диаметр ступени заготовки, мм	Допуск для размера заготовки, мм
$ØA_A = 80$	1,25	2(2,9 + 0,5) = 6,8	$ØA_0 = 86,8$	+1,3 – 0,7
$ØБ_A = 90$	1,25	2(2,9 + 0,5) = 6,8	$ØБ_0 = 95,8$	
$ØB_A = 85$	1,25	2(2,6 + 0,5) = 6,2	$ØB_0 = 91,2$	

Размеры длин ступеней заготовки с допусками рассчитываем с учетом припусков, определяемых по Приложению 4. Припуск на каждый торец увеличен на 0,5 мм для учета угара поверхностного слоя металла при нагреве в печи. Результаты расчета сведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Результаты расчета длин ступеней заготовки

Длина ступени детали	*Rz*, мкм	Общий припуск на два торца, мм	Длина ступени заготовки, мм	Допуск для размера заготовки, мм
L_{1A} = 130	40	(3,1+0,5) – (2,5 + 0,5) = 0,6	L_{10} = 129,4	+1,3 – 0,7
L_A = 500	40	(3,1+0,5) + (3,1 +0,5) = 7,2	L_0 = 507,2	
L_{2A} = 80	40	(3,1 +0,5) + (3,1 +0,5) =7,2	L_{20} = 87,2	

Технические требования, предъявляемые к заготовке (рис. 4.5, *б*):

- Допускаемое смещение по разъему штампа не более 0,9мм;
- допускаемый заусенец по периметру обрезки облоя не более 1,7 мм;
- допускаемое радиальное биение поверхностей не более 1 мм;
- внешние штамповочные уклоны 7º;
- радиусы закругления внешних углов 4 мм;
- очистка от окалины травлением или другим способом.

Задание 4.5

По одному из вариантов задания (табл. 4.7) спроектировать исходную заготовку, получаемую объемной штамповкой из стали 38ХМЮА, для изготовления зубчатого колеса (рис. 4.6) в условиях серийного производства (10000 шт./год). Шероховатость поверхности заготовки *Rz* ≤ 320 мкм. Термообработка заготовки – закалка (НВ ≥ 280).

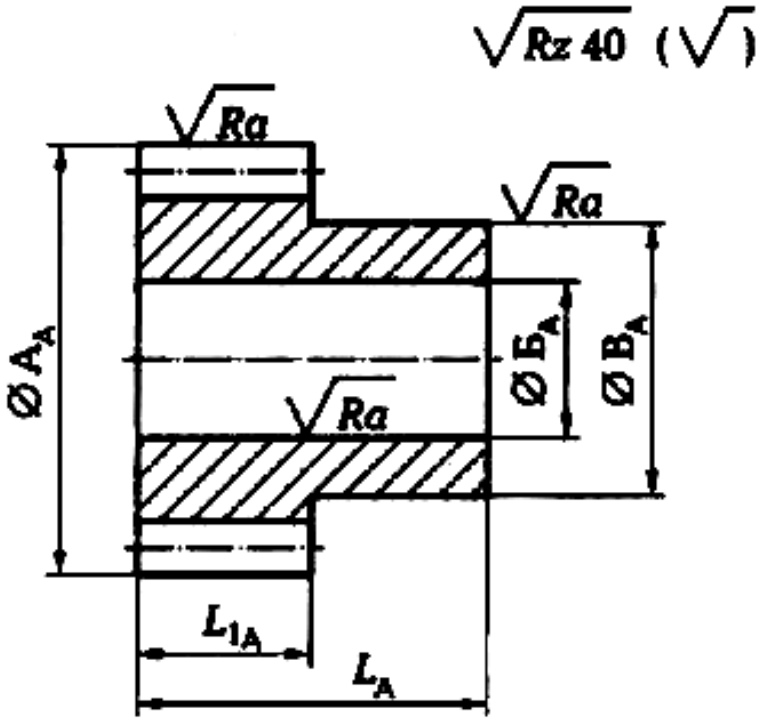


Рис. 4.6. Эскиз обрабатываемого зубчатого колеса

Таблица 4.7

Индивидуальные варианты для выполнения задания 4.5

Показатели детали		Вариант														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø A_A	Номинальный размер, мм	80	90	80	70	60	70	90	70	75	90					
	Точность	hl0	e9	d9	fl0	f9	dl0	d9	fl0	e9	fl0					
	Ra, мкм	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	1,2	1,2					
Ø $Б_A$	Номинальный размер, мм	30	40	30	28	20	30	40	30	25	45					
	Точность	H8	H9	H8	H9	H8	Hl0	H8	H9	H8	H9					
	Ra, мкм	1,2	1,2	1,2	2,5	2,5	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5					
Ø B_A	Номинальный размер, мм	50	60	50	40	30	50	60	50	45	70					
	Точность	h9	e10	d9	d9	f9	fl0	e9	d9	el0	d9					
	Ra, мкм	1.2	2.5	1.2	1,2	2,5	2,5	2,5	2,5	1,2	1,2					
L_A	Номинальный размер, мм	50	60	45	60	50	60	75	60	48	65					
	Точность	hl0	dl0	d9	fl0	e9	fl0	el0	d9	d9	d9					
L_{1A}	Номинальный размер, мм	30	40	25	40	30	45	60	40	30	50					
	Точность	h6	d9	fl0	f9	el0	el0	d9	d9	fl0	fl0					

Отчет по заданию должен содержать:

- эскизы детали и заготовки;
- расчетные формулы и результаты расчета;
- Технические требования на изготовление заготовки.

РАБОТА №5
ВЫБОР БАЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК

Краткие теоретические сведения

При обработке заготовок на металлообрабатывающих станках заготовку чаще всего устанавливают и крепят в приспособлении, а приспособление устанавливают и закрепляют на столе станка. При этом со стороны заготовки участвует установочная база, а со стороны приспособления участвует установочная поверхность. Происходит ***базирование*** заготовки, т. е. придание ей требуемого положения относительно элементов станка, определяющих траекторию движения подачи режущего инструмента.

Процесс установки заготовки на станок складывается из двух этапов: базирования, в результате которого заготовку правильно ориентируют в зоне обработки станка, и закрепления, что обеспечивает неизменность положения заготовки, полученного при базировании, от начала до окончания ее обработки.

Правильное базирование заготовки во многом определяет точность обработки при автоматическом получении размеров.

База – это поверхность, линия или точка, принадлежащие заготовке, относительно которой задают или измеряют положение других поверхностей, линий или точек. Однако в технологии машиностроения используют более конкретные понятия: конструкторская база и технологическая база.

Конструкторская база (КБ) – это поверхность, линия или точка детали, относительно которой на рабочем чертеже детали задают положение другой поверхности, линии или точки этой детали. Различают ***явные конструкторские базы***, в качестве которых используют материальные поверхности, линии или точки, и ***скрытые конструкторские базы,*** в качестве которых используют не материальные поверхности, линии или точки, а геометрические элементы рабочего чертежа детали, такие как осевая линия, плоскость симметрии, биссектриса угла и др.

Технологическая база (ТБ) – это база, используемая для определения положения изделия (заготовки, детали) в процессе технологического процесса его изготовления. На разных стадиях процесса изготовления могут использоваться различные технологические базы. По ходу технологического процесса изготовления детали удобно различать следующие технологические базы: исходная база, установочная база, измерительная база.

Исходная (или настроечная) база (ИБ) – это поверхность, линия или точка, относительно которой в ***технологическом документе,*** например в

операционной карте, координировано положение обрабатываемой в данной операции поверхности. Размеры, которыми координируют положение обрабатываемых поверхностей, называют ***исходными размерами***.

Установочная (или контактная) база (УБ) – это поверхность и только поверхность заготовки, которая при установке заготовки в приспособлении (или непосредственно на станке) создает определенность ее положения в направлении исходного (операционного) размера, т. е. координирует заготовку в направлении исходного размера.

Измерительная (или проверочная) база (ИзБ) – это поверхность, образующая или точка поверхности детали, относительно которой контролируют положение обработанной поверхности, т. е. проверяют правильность выдерживания исходного размера.

Пример 1. Для получения размеров *a* и *b* (рис. 5.1, *а*) при фрезеровании выделенных поверхностей заготовки *1* установочными базами являются:

- поверхность А для исходного размера *a*, который получают непосредственно при установке фрезы *2* относительно плоскости А, определяемой установочными элементами *3* приспособления;
- поверхность В для исходного размера *b*, который получают также при установке фрезы *2* относительно упора *4*, как разность $b = c - (d_ф /2)$, где *c* – расстояние от упора *4* до оси фрезы *2*; $d_ф$ – диаметр фрезы.

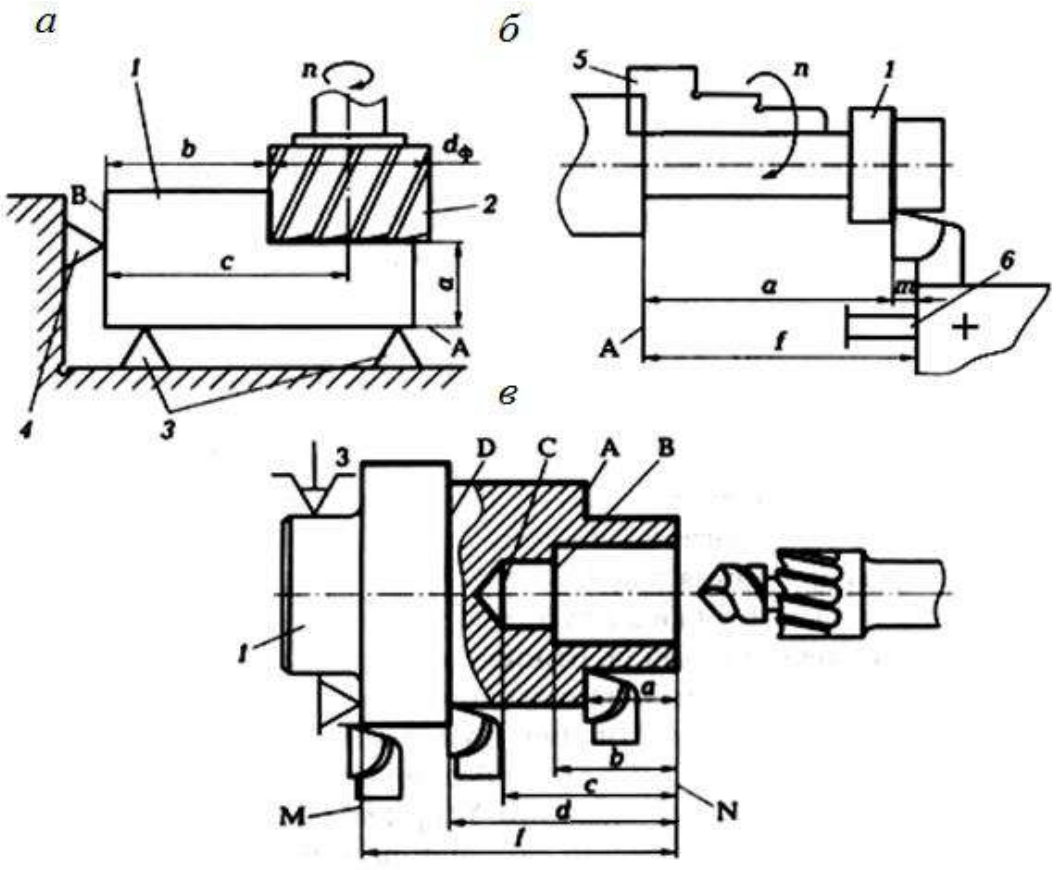


Рис. 5.1. Установочные базы:
а – при фрезеровании; *б* – при обтачивании; *в* – при обработке на многоинструментальном токарном станке

Пример 2. При обтачивании мерной заготовки *1* (рис. 5.1, *б*), установленной в трехкулачковом патроне *5* до упора в его поверхность А, исходный размер *a* обеспечивается при наладке станка путем закрепления упора *6* на расстоянии $f = a + m$ от упорной поверхности А патрона.

Пример 3. При обработке на многоинструментальном токарном станке заготовка *1* поверхностью М (рис. 5.1, *в*) упирается в торцевую поверхность трехкулачкового патрона. По отношению к торцевой поверхности *N*, т. е. исходному размеру *f* поверхность М является одновременно и установочной (опорной) базой и исходной базой. При дальнейшей обработке заготовки поверхность *N* связана с другими обрабатываемыми поверхностями *A, B, C,* и *D* размерами *a*, *b*, *c* и *d*. Положение перечисленных поверхностей на детали зависит от положения поверхности *N*, которая и является для них технологической (исходной) базой.

Задание 5.1

Обозначить исходные базы для обработки поверхностей, выделенных утолщенными линиями, с размерами $A_к$, $B_к$, $C_к$ на конструкторском чертеже рис. 5.2, *а*. Проставить исходные размеры и обозначить технологические базы.

Пример выполнения задания 5.1 представлен на рис. 5.2, *б*. Поверхность М заготовки *2* является одновременно и исходной базой, и установочной базой по отношению к исходному размеру А. Поверхность *N* заготовки является одновременно и исходной базой, и установочной базой по отношению к исходному размеру $B_и$. По отношению к размеру $C_и$ исходной базой является поверхность К, обрабатываемая в данной операции. Упор *1* является установочным элементом приспособления по отношению к исходному размеру $B_и$, а упор *3* является установочным элементом приспособления по отношению к исходному размеру $A_и$.

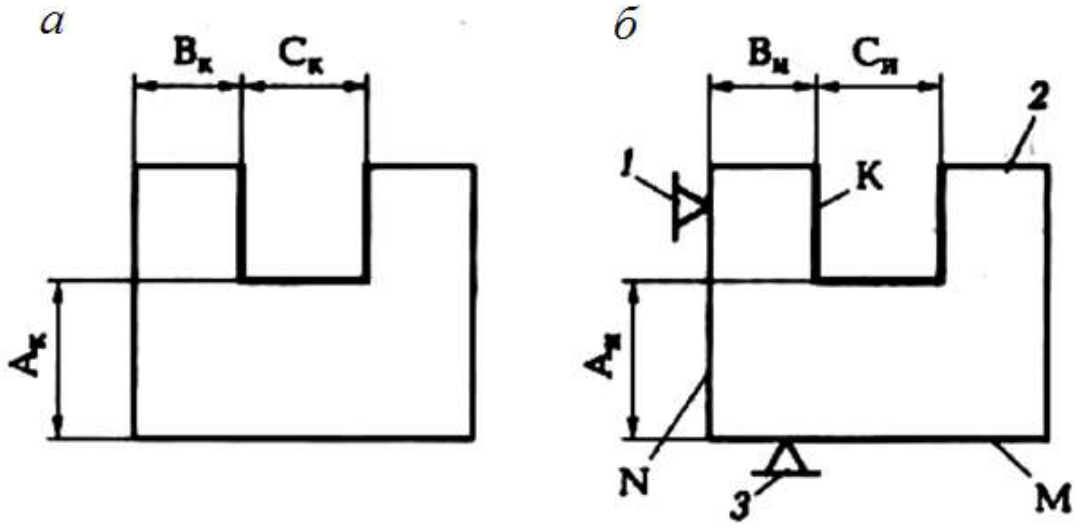


Рис. 5.2. Исходные базы:
а – обрабатываемые поверхности; *б* – схема базирования

Задание 5.2

При обработке заготовка *2* базируется согласно рис. 5.3. Обрабатываемые поверхности А и В выделены утолщенными линиями. Определить, какие поверхности заготовки являются установочными базами и какие элементы (*1, 3*) приспособления являются установочными элементами.

Задание 5.3

На рабочем чертеже детали (рис. 5.4) найти конструкторские базы и указать поверхности детали, по отношению к которым эти базы являются конструкторскими.

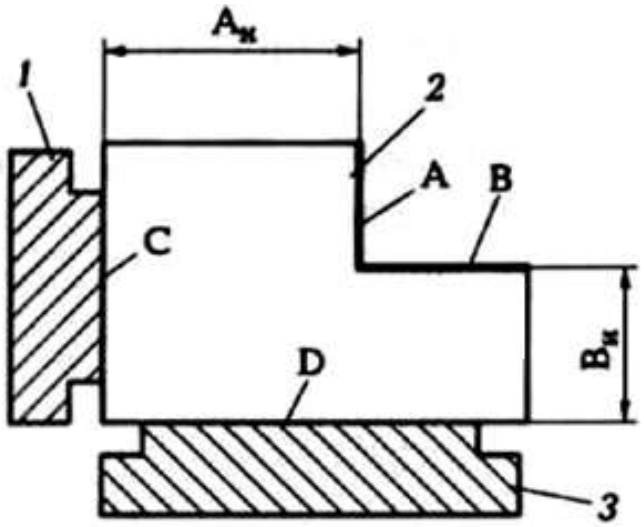


Рис. 5.3. Установочные базы и установочные элементы

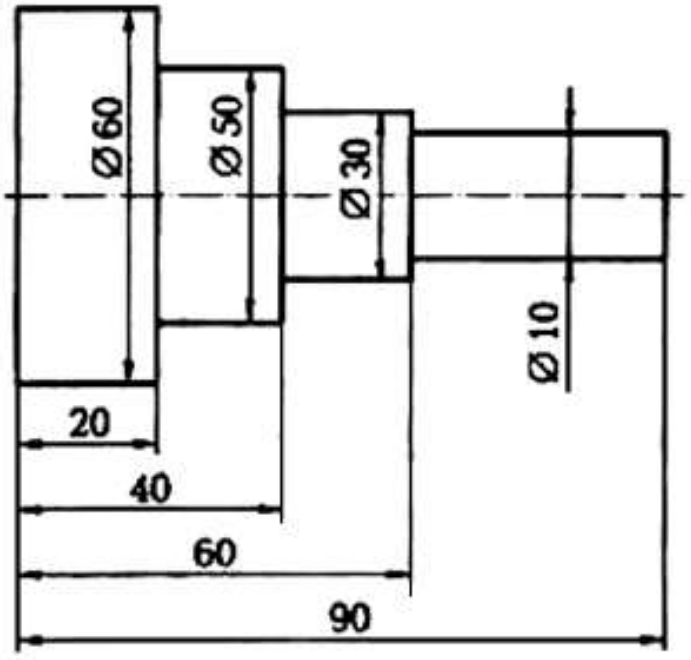


Рис. 5.4. Конструкторские базы

Задание 5.4

При обработке заготовки сверлят два отверстия Ød и ØD (рис. 5.5, *а*), выдерживая размеры L и M. Требуется определить возможные измерительные базы для контроля положения этих отверстий (размеры L и M).

Для контроля размера L измерительной базой может служить поверхность К (рис. 5.5, *б*) заготовки. Тогда, измеряя расстояние $A_{из}$ от поверхности К до образующей F определяют действительный размер $L_A = A_{из} + 0{,}5d$.

Для контроля размера M измерительной базой может служить одна из образующих P или N (рис. 5.5, *б*). Тогда, измеряя расстояние $M_{из}$ от образующей P до образующей N, определяют действительный размер $M_A = M_{из} + 0{,}5d + 0{,}5D$.

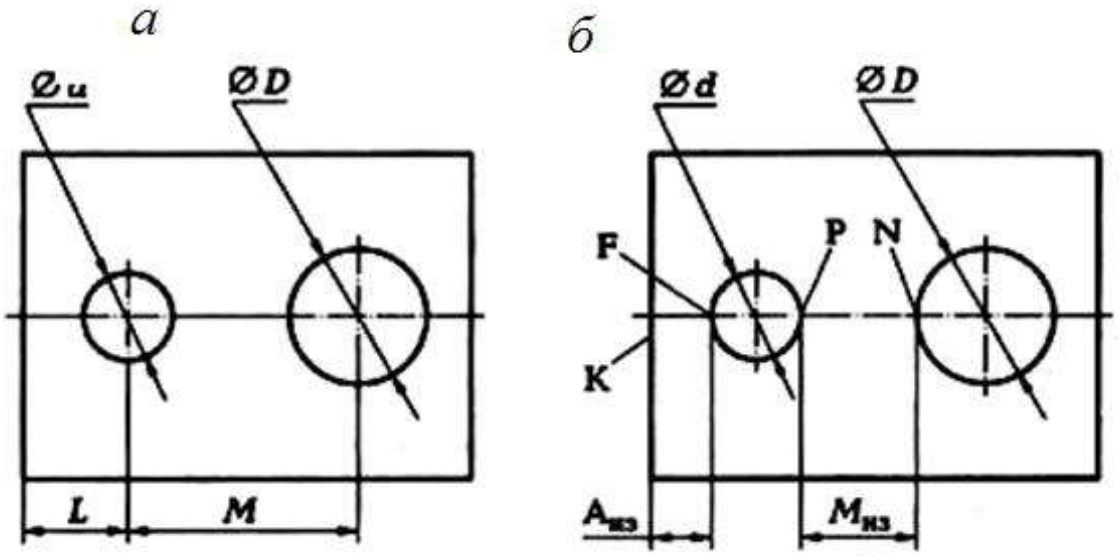


Рис. 5.5. Измерительные базы

Задание 5.5

Определить возможные измерительные базы по отношению к размерам 10 и 15 мм (рис. 5.6), получаемым при обработке отверстий Ø8 и Ø12 мм.

Краткие методические указания к выполнению работы

При высоких требованиях к точности обработки в качестве технологических баз следует принимать те поверхности заготовки, которые являются конструкторскими базами по отношению к обрабатываемым поверхностям.

В общем случае принцип совмещения баз по отношению к какой-либо обрабатываемой поверхности состоит в том, чтобы использовать в качестве всех технологических баз один и тот же элемент заготовки, который выступает в роли конструкторской базы по отношению к этой поверхности.

Несоблюдение принципа совмещения баз (при проектировании технологического процесса) приводит к появлению дополнительных погрешностей

обработки. Эти погрешности появляются из-за допуска на взаимное положение поверхностей (или других элементов) заготовки, выступающих в роли различных баз. В первую очередь обращают внимание на совмещение исходной базы с конструкторской, а затем на совмещение установочной базы с исходной базой.

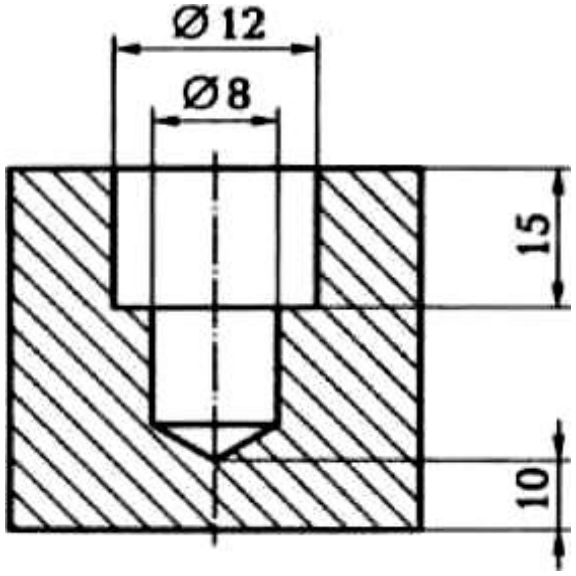


Рис. 5.6. Эскиз обрабатываемой детали

Пример 1. Несовмещение исходной базы с конструкторской базой (ИБ ≠ КБ).

Согласно рабочему чертежу детали (рис. 5.7, *а*) поверхность М координирована относительно поверхности *L* конструкторским размером $A_к$ с точностью $T_к = 0{,}2$ мм ($A_к \pm 0{,}1$), что и требуется выдержать при обработке поверхности М. На операционном эскизе (рис. 5.7, *б*) обрабатываемая поверхность М координирована исходным размером $A_и \pm 0{,}05$ относительно поверхности N, которая является исходной базой. Очевидно, что ИБ ≠ КБ. Тогда в результате обработки поверхности М при таком базировании заготовки в требуемом конструкторском размере $A_к$ появится дополнительная погрешность $T_{и.к} = 0{,}2$, т. е. равная допуску на размер $C \pm 0{,}1$ взаимного положения КБ (поверхность *L*) и исходной базы (поверхность *N*). Действительная погрешность требуемого размера будет равна:

$$T_{к.А} = T_и + T_{и\text{-}к} = 0{,}1 + 0{,}2 = 0{,}3\text{мм},$$

что превышает требуемый допуск $T_к = 0{,}2$ мм.

Для обеспечения требуемой точности при такой простановке исходного размера, следует действительную точность исходного размера повысить (погрешность уменьшить) на величину погрешности $T_{и\text{-}к}$ взаимного положения ИБ и КБ, т. е.

$$T_{и.А} \le T_к - T_{и\text{-}к} \quad \text{или} \quad T_к \ge T_{и.А} + T_{и\text{-}к}. \qquad (5.1)$$

В рассматриваемом примере $0{,}1 \le 0{,}2 - 0{,}2$. Неравенство получилось неверное. Следовательно, при таком выборе исходной базы заданная точность обеспечена не будет.

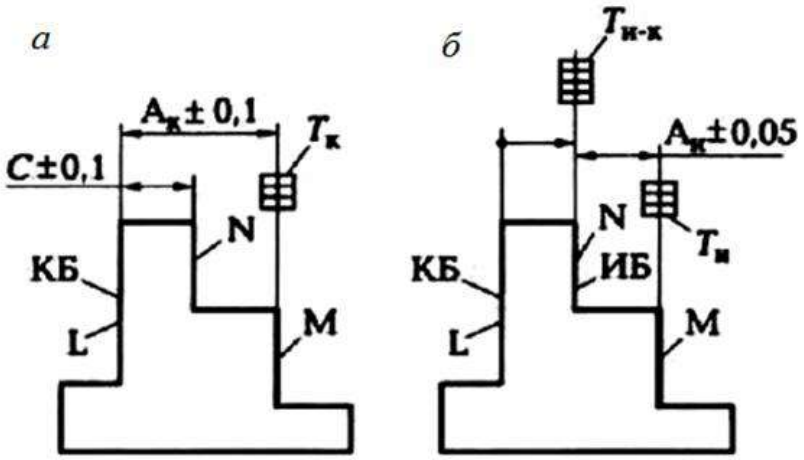


Рис. 5.7. Несовмещение исходной базы и конструкторской базы (ИБ ≠ КБ)

Пример 2. Несовмещение установочной базы с исходной базой (УБ ≠ ИБ).

Согласно рабочему чертежу детали (рис. 5.8, *а*) поверхность М координирована относительно поверхности *L* конструкторским размером $A_к$ с точностью $T_к = 0,2$ мм ($A_к \pm 0,1$), что и требуется выдержать при обработке поверхности *М*. На операционном эскизе (рис. 5.8, *б*) обрабатываемая поверхность *М* координирована исходным размером $A_и \pm 0,05$ относительно поверхности *L*, которая является исходной базой. Очевидно, что исходная база совмещена с конструкторской базой (ИБ = КБ). Принцип совмещения баз на этом этапе проектирования технологического процесса соблюден, и в результате обработки поверхности М при таком базировании заготовки в требуемом конструкторском размере $A_к$ не будет дополнительной погрешности $T_{и-к}$. Однако при базировании заготовки в рабочей зоне станка в качестве установочной базы выбрана поверхность *N* заготовки (см. рис. 5.8, *б*) т. е. допущено несовмещение установочной базы с исходной базой (УБ ≠ ИБ). Так как поверхность *L* (ИБ) и поверхность *N* (УБ) связаны размером В ± 0,1 (см. рис. 5.8, *а*), то в исходном размере $A_и \pm 0,05$ появится дополнительная погрешность $T_{у-и}$, равная допуску (0,2) на размер В ± 0,1, т. е. равная допуску на взаимное положение исходной базы и установочной базы. Действительная погрешность требуемого ($A_и$) размера будет равна

$$T_{и.д} = T_и + T_{у-и} = 0,1 + 0,2 = 0,3\text{мм},$$

что превышает требуемый допуск $T_и = 0,1$мм.

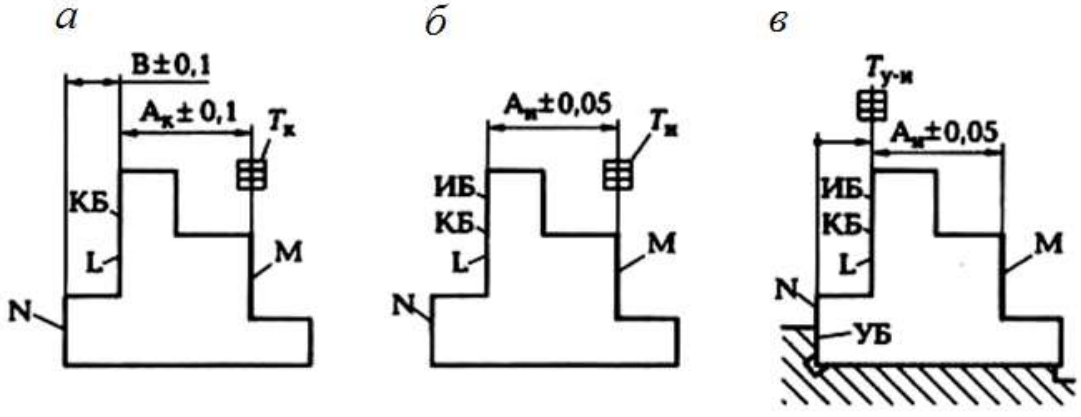


Рис. 5.8. Несовмещение установочной базы и исходной базы (УБ ≠ ИБ)

Для обеспечения требуемой точности при таком выборе установочной базы, следует точность исходного размера повысить на величину погрешности $T_{у\text{-}и}$ взаимного положения ИБ и УБ, т. е. действительная точность исходного размера

$$T_{и.а} \le T_и - T_{у\text{-}и} \text{ или } T_и \ge T_{и.а} + T_{у\text{-}и}. \quad (5.2)$$

Несовмещение (ИБ ≠ КБ) следует учитывать при разработке операций технологического процесса, а несовмещение (УБ ≠ ИБ) следует учитывать при проектировании специального станочного приспособления для детали.

Несовмещение других технологических баз между собой или с конструкторской базой приводит к аналогичным последствиям.

Задание 5.6

На основании рабочего чертежа детали (рис. 5.9, *а*) и схемы обработки заготовки (рис. 5.9, *б*) определить возможность выполнения операции без брака по исходным размерам $20_{-1.0,}$ и $10_{-1.0,}$ мм.

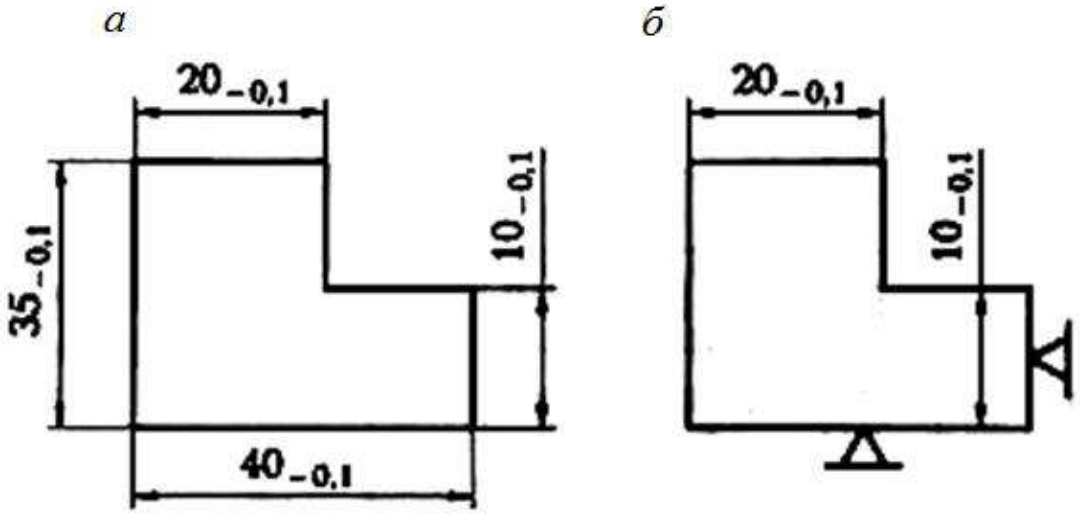


Рис. 5.9. Чертеж детали (а) и схема обработки (*б*)

Пример выполнения задания

Из анализа рабочего чертежа детали и схемы обработки делаем вывод, что по отношению к обоим исходным размерам $20_{-1.0}$, и $10_{-1.0}$, мм принцип совмещения баз не нарушен, т.е. исходная база совмещена с конструкторской базой (ИБ = КБ). Следовательно, погрешность взаимного положения баз отсутствует ($T_{и\text{-}к}$= 0). Тогда действительная точность исходного размера по формуле (5.1):

$$T_{и.а} \le T_к - T_{и\text{-}к} \le 0{,}1 - 0 \le 0{,}1.$$

Заданная точность исходного размера $T_и$ = 0,1. Так как действительная точность исходного размера равна заданной точности исходного размера (неравенство не нарушено), то операция будет выполнена без брака (без учета других возможных погрешностей обработки).

Задание 5.7

По одному из вариантов задания (табл. 5) определить возможность брака в исходном размере А, при фрезеровании паза, если заготовка базируется в зоне обработки станка по схеме, показанной на рис 5.10, *б*. На обработку заготовку подают с размерами, показанными на рис. 5.10, *а*. Как нужно изменить размеры заготовки и (или) исходный размер для предотвращения брака?

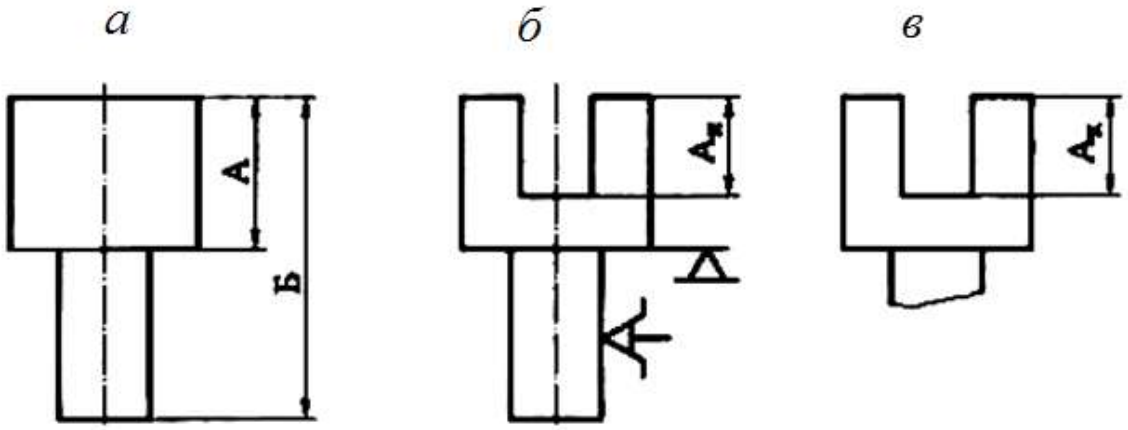


Рис. 5.10. Схема получения паза:
а – заготовка; *б* – исходный размер; *в* – конструкторский размер

Пример выполнения задания (вариант № 0)

По Приложению 1 находим цифровые значения допусков на все размеры:

- А – $20h11(20_{-0,13})$;
- Б – $40h12(40_{-0.25})$;
- $А_и$ – $14H11(14^{+0.11})$;
- Ак – $14H12(14^{+0.18})$.

Из анализа схемы базирования заготовки и варианта простановки исходного размера $А_и$ делаем вывод, что исходная база не совмещена с установочной базой (ИБ ≠ УБ). В этом случае точность исходного размера должна быть повышена на величину допуска на взаимное положение ИБ и УБ, который (см. рис. 5.10, *а*) $T_{и.у} = 0,13$ мм.

Тогда действительная точность исходного размера по формуле (5.2):

$$T_и \geq T_{и.А} + T_{у\text{-}и.} \geq 0,11 + 0,13 \geq 0,24 мм.$$

Заданная точность конструкторского размера $А_к$ (рис. 5.10, *в*) $T_к = 0,18$. При таком соотношении погрешностей конструкторский размер $А_к^{+0,18}$ не будет обеспечен, так как $T_и - T_к = 0,24 - 0,18 = 0,06$ мм. Есть четыре способа решения обеспечения заданной точности.

1. Повысить точность исходного размера на 0,06 мм. Тогда размер $А_и = 14^{+0.05}$ будет иметь допуск $Т_и = 0,05$ мм.
2. Повысить точность заготовки на 0,06 мм. Тогда размер А станет $20_{-0,07}$, который следует получить на предыдущей операции.
3. Снизить заданную точность ($А_к = 14^{+0.18}$) до размера $14^{+0.24}$.

Таблица 5

Индивидуальные варианты для выполнения задания 5.7

Показатели заготовки и детали		Вариант															
		0	1	22	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
А	Номинальный размер, мм	220	330	225	440	332	334	228	330	336	440	338					
	Точность	h11	h11	hl2	h11	hl2	h11	hl3	hl2	h11	h11	hl3					
Б	Номинальный размер, мм	40	50	45	60	52	54	48	50	56	60	58					
	Точность	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2					
$А_и$	Номинальный размер, мм	14	18	12	20	14	18	12	12	14	18	18					
	Точность	H11	H12	H11	H12	Hl0	Hl0	H12	H12	Hl0	H12	H11					
$А_к$	Номинальный размер, мм	14	18	12	20	14	18	12	12	14	18	18					
	Точность	H12	H13	H12	H13	H12	H12	H13	Hl0	H12	H13	H12					

4. Разделить 0,06 на три способа. Тогда

$T_{и} = 0{,}11 - 0{,}02 = 0{,}09$ мм; $А_{и} = 14^{+0{,}09}$мм;

$T_{А} = 0{,}13 - 0{,}02 = 0{,}11$; $А = 20^{-0{,}11}$мм;

$T_{к} = 0{,}18 + 0{,}02 = 0{,}20$; $Ак = 14^{+0{,}20}$мм.

Задание 5.8

На рис. 5.11 представлены рабочий чертеж детали и схема базирования заготовки в рабочей зоне станка. Требуется определить, для каких исходных размеров (по указанию преподавателя) нарушен принцип совмещения баз. Что можно изменить в операционном эскизе, чтобы не было брака по исходным размерам?

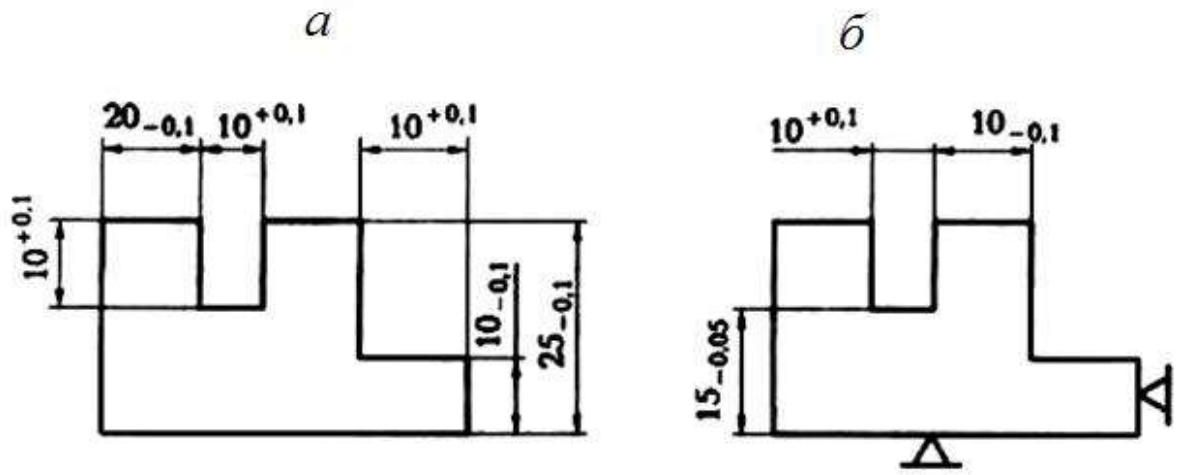


Рис. 5.11. Чертеж детали (*а*) и схема базирования заготовки (*б*)

РАБОТА №6
НОРМИРОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы – ознакомление с основными понятиями и определениями, используемыми при практическом нормировании токарных операций; приобретение навыков и умений по расчету времени, необходимому для обтачивания поверхностей, закрепление знаний по нормированию токарных операций.

Отчет по практической работе должен содержать:

- операционные эскизы обработки поверхностей на токарном станке;
- расчетные формулы;
- результаты расчетов;
- выводы по работе.

1. По одному из вариантов задания на практическую работу (рис. 6.1 и табл. 6.1):
– рассчитать основное (технологическое) время на обработку поверхностей заготовки в одну операцию;
– определить вспомогательное и подготовительно-заключительное время;
– рассчитать время на организационное и техническое обслуживание;
– определить норму времени на выполнение всей операции.
2. Материал режущей части резцов – Р9, диаметр сечения оправки 16 мм, угол резца в плане 45°.
3. Работа с охлаждением (СОЖ).
4. Масса заготовки – до 1 кг.
5. Материал заготовки – сталь 45 ($\sigma_в$ = 750 МПа).

Краткие методические указания к выполнению работы

При нормировании операций технологического процесса время можно определить следующими методами:

- расчетом по отдельным элементам на основе анализа последовательности и содержания действий рабочего и станка;
- приближенно по типовым нормам в условиях единичного и мелкосерийного производства;
- на основе хронометража фактических затрат времени.

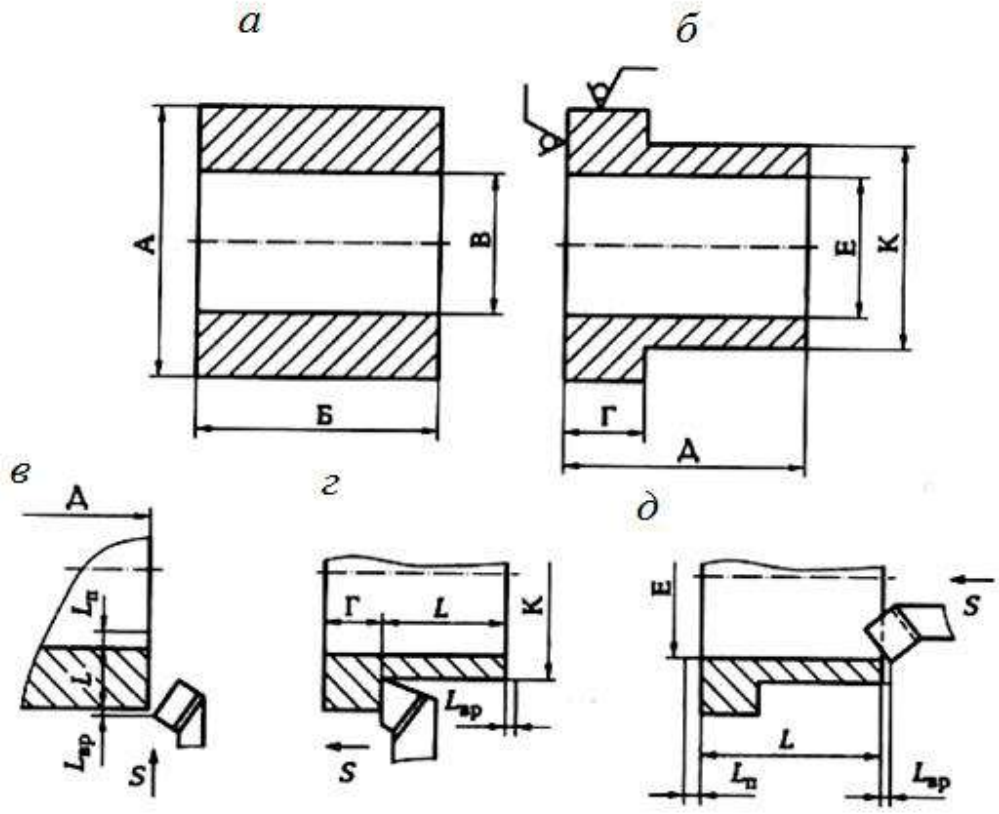


Рис. 6.1. Точение поверхностей
а – заготовка; *б* – деталь; *в* – подрезка торца; *г* – обтачивание до упора; *д* – растачивание отверстия

Время работы состоит:

- из подготовительно-заключительного времени, которое рабочий затрачивает на подготовку рабочего места к обработке партии заготовок и приведение его в исходное состояние по окончании обработки этой партии заготовок;
- основного времени, затрачиваемого непосредственно на изменение формы, размеров и качества поверхности заготовки, превращая ее в деталь;
- вспомогательного времени, затрачиваемого рабочим на действия, способствующие выполнению основной работы, а именно: на установку и закрепление заготовки, снятие детали, изменение режимов работы станка, измерения и др.;
- времени обслуживания рабочего места.

Основное время зависит от режимов обработки: глубины резания, подачи и скорости резания, которые зависят в основном от свойства обрабатываемого материала, формы и жесткости заготовки, материала режущей части инструмента и мощности станка. Число проходов зависит от величины припуска и глубины резания. Глубину резания выбирают исходя из мощности станка, жесткости заготовки и системы обработки в целом.

Таблица 6.1

Индивидуальные варианты для выполнения практической работы № 6

Показатели детали и заготовки			Вариант															
			0	l	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
заготовка	А	Номинальный размер, мм	100	80	65	100	100	70	80	100	100	60	90					
		Точность	hl4	hl2	hl6	hl3	hl4	hl4	hl3	h14	hl4	hl4	hl6					
		Rz, мкм	80	40	80	60	80	80	60	80	80	80	80					
	Б	Номинальный размер, мм	80	60	80	70	60	80	90	70	80	60	80					
		Точность	hl4	hl4	hl4	hl4	hl4	hl4	hl4	hl4	hl4	h14	hl4					
		Rz, мкм	80	40	80	60	80	40	80	80	60	80	80					
	В	Номинальный размер, мм	75	55	40	65	57	40	50	66	64	30	60					
		Точность	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14					
		Rz, мкм	80	80	60	40	80	40	80	60	80	40	80					
деталь	Г	Номинальный размер, мм	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25					
		Точность	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2					
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20					
	А	Номинальный размер, мм	75	55	76	65	57	78	86	66	75	54	76					
		Точность	h12	h12	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2					
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20					
	Е	Номинальный размер, мм	80	60	45	70	62	46	55	70	70	34	64					
		Точность	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12					
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20					
	К	Номинальный размер, мм	90	70	55	80	72	56	65	80	80	44	74					
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12					
		Rz, мкм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20					
N, шт./год			8000	9000	4000	9000	6000	3000	13000	7000	8000	9000	12000					

При наличии черновой обработки целесообразно припуск снимать за один проход. При чистовой обработке глубину резания назначают в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

Скорость резания, м/мин, при вращении заготовки определяют по формуле

$$V = \pi D n / 1000, \qquad (6.1)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; n – частота вращения заготовки, мин$^{-1}$.

Следует иметь в виду, что нормативные данные предусматривают усредненные значения глубины резания, подачи и скорости резания, поэтому практически их можно несколько или увеличивать, или уменьшать.

Пример выполнения практической работы (вариант № 0)

Считая, что на обработку поступают штучные заготовки в виде толстостенной трубы (см. рис. 6.1, *а*), прошедшие черновую обработку (*Rz* 80), составим эскизы обработки заготовки по переходам. Операция может выполняться на токарном станке или на токарно-револьверном станке. В обоих случаях будет три основных перехода:

- подрезание торца заготовки (см. рис. 6.1, *в*) с выдерживанием размера Д (75*h*12, *Rz* 20);
- точение наружной поверхности заготовки (см. рис. 6.1, *г*) с выдерживанием размера К (Ø90*h*12) и обеспечением размера Г (25*h*12, *Rz* 20);
- точение внутреннего диаметра заготовки (см. рис. 6.1, *д*) с выдерживанием размера Е (Ø80*H*12, *Rz* 20) на длине 75 мм (размер Д).

Дальнейшую работу целесообразно проводить по следующему алгоритму, представленному в виде табл. 6.2.

Определим параметры операции, используя предложенный алгоритм.

1. Длину L обработки и величину снимаемого припуска (на радиус) Z определяем по переходам, используя рис. 6.1 и табл. 6.1:
- для первого перехода: L = 12,5 мм, Z = 5 мм, 1 проход;
- для второго перехода: L = 50 мм, Z = 5 мм, 2 прохода;
- для третьего перехода: L = 75 мм, Z = 2,5 мм, 1 проход.

2. Величину подачи $S_{об}$ на один оборот заготовки определяем, используя табл. П6.10 и примечания к табл. 6.1:
- для первого перехода: $S_{об}$ = 0,1 мм/об заготовки;
- для второго перехода: $S_{об}$ = 0,15 мм/об заготовки;
- для третьего перехода: $S_{об}$ = 0,15 мм/об заготовки.

3. Значение расчетной скорости V резания определяем по табл. П6.3:
- для первого перехода: V' = 130 м/мин;
- для второго перехода: V' = 106 м/мин;
- для третьего перехода: V' = 96 м/мин.

4. Расчетное число n' оборотов в минуту шпинделя станка находим по формуле $n' = 1000\,V'/(\pi D)$ с учетом диаметра D обрабатываемой поверхности:

- для первого перехода: $D = 90$ мм, $n' = 460$ мин$^{-1}$;
- для второго перехода: $D = 90$ мм, $n' = 375$ мин$^{-1}$;
- для третьего перехода: $D = 80$ мм, $n' = 383$ мин$^{-1}$.

Таблица 6.2

Алгоритм определения параметров токарной операции

Номер действия	Цель действия	Источник получения результата
1	Определение длины L обработки и снимаемого припуска Z	Рабочие чертежи детали и заготовки
2	Определение оборотной подачи $S_{об}$, мм/об, заготовки	Табл. П6.8
3	Определение расчетной скорости V' резания, м/мин	Табл. П16.3
4	Определение расчетного числа n' оборотов в минуту шпинделя станка	$n' = 1000\ V'/(\pi D)$
5	Определение фактического числа n оборотов в минуту шпинделя станка	Приложение 8
6	Определение фактической скорости V резания	$V = \pi Dn/\ 1000$
7	Определение минутной подачи $S_{мин}$, мм/мин	$S_{мин} = n \cdot S_{об}$
8	Определение длины $L_{вр}$ врезания и длины $L_п$ перебега резца	Табл. П6.9
9	Определение расчетной длины $L_р$	$L_р = L + L_{вр} + L_п$
10	Определение основного времени t_{oi}, для каждого перехода	$t_{oi} = L_{рi}/\ S_{iмин}$
11	Определение основного времени t_{oi} для всей операции (i переходов)	$t_о = \sum t_{oi}$
12	Определение вспомогательного времени $t_в$	Табл. П5.1
13	Определение оперативного времени	$t_{оп} = t_о + t_в$
14	Определение времени $t_{т.о}$ технического обслуживания рабочего места	Табл. П5.3, $t_{т.о} = 2{,}5t_о/100$
15	Определение времени $t_п$ на физические потребности	Табл. П5.3, $t_п = 2{,}5t_{оп}/100$
16	Определение времени $t_{орг}$ организационного обслуживания рабочего места	Табл. П5.3, f $t_{орг} = 4{,}6t_{оп}/100 - t_{т.о.} - t_п$
17	Определение штучного времени $T_{шт}$	$T_{шт} = t_о + t_в + t_{орг} + t_{т.о} + t_п$
18	Определение числа $q_{парт}$ заготовок в партии при серийном производстве	$q_{парт} = 5N_п/\ 254$
19	Определение подготовительно-заключительного времени $t_{п.з.}$	Табл. П5.4
20	Определение штучно-калькуляционного времени $t_{шт.к}$	$t_{шт.к} = T_{шт} + t_{п.з}\ /q_{парт}$
21	Занесение результатов расчета в операционную карту	

5.Фактическое число n оборотов в минуту шпинделя станка выбираем по паспортным данным токарно-винторезного станка (Приложение 8):

- для первого перехода: $n = 500$ мин$^{-1}$;
- для второго перехода: $n = 400$ мин$^{-1}$;
- для третьего перехода: $n = 400$ мин$^{-1}$.

6.Фактическую скорость V резания определим по формуле $V = \pi Dn/1\,000$:

- для первого перехода: $V = 141{,}3$ м/мин;
- для второго перехода: $V = 113$ м/мин;
- для третьего перехода: $V = 100{,}5$ м/мин.

7.Минутную подачу $S_{мин}$, мм/мин, определим по формуле $S_{мин} = n \cdot S_{об}$.

- для первого перехода: $S_{мин} = 50$ мм/мин;
- для второго перехода: $S_{мин} = 60$ мм/мин;
- для третьего перехода: $S_{мин} = 60$ мм/мин.

8.Длину $L_{вр}$ врезания и длину $L_{п}$, перебега резца определим по табл. П6.9:

- для первого перехода: $L_{вр} = 5$ мм, $L_{п} = 2$ мм;
- для второго перехода: $L_{вр} = 3$ мм, $L_{п} = 2$ мм;
- для третьего перехода: $L_{вр} = 3$ мм, $L_{п} = 2$ мм.

9.Расчетную длину $L_{р}$ определим по формуле $L_{р} = L_{вр} + L + L_{п}$:

- для первого перехода: $L_{р} = 5 + 12{,}5 + 2 = 19{,}5$ мм;
- для второго перехода: $L_{р} = 3 + 50 + 0 = 53$ мм;
- для третьего перехода: $L_{р} = 3 + 75 + 2 =$

10.Основное время t_{oi} определим по формуле $t_{oi} = L_{р} / S_{мини}$:

- для первого перехода: $t_{о1} = 0{,}39$ мин;
- для второго перехода: $t_{о2} = 0{,}88$ мин;
- для третьего перехода: $t_{о3} = 1{,}33$ мин.

11. Основное время для всей операции (3 перехода) определяем по формуле

$$t_{о} = \sum t_{oi} = 0{,}39 + 0{,}88 + 1{,}33 = 2{,}6 \text{ мин.}$$

12. Вспомогательное время $t_{в}$ на операцию определяем по табл. П5.1 с учетом установки заготовки в трехкулачковом патроне с выверкой: $t_{в} = 0{,}4$ мин.

13.Оперативное время $t_{оп}$ определяем по формуле

$$t_{оп} = t_{о} + t_{в} = 2{,}6 + 0{,}4 = 3 \text{ мин.}$$

14 - 16. Суммарное время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, а также на физические потребности (табл. П5.3) при работе на токарном станке с высотой центров 400 мм составляет 5,3 % от оперативного времени, т. е. $t_{орг} + t_{т.о.} + t_{п} = 5{,}3 \cdot t_{оп}/100 = 5{,}3 \cdot 3/100 = 0{,}16$ мин.

17. Штучное время $T_{шт}$ определяем по формуле

$$T_{шт} = t_{о} + t_{в} + t_{орг} + t_{т.о.} + t_{п} = 2{,}6 + 0{,}4 + 0{,}16 = 3{,}2 \text{ мин.}$$

18. Число $q_{парт}$ заготовок в партии при серийном производстве определим по формуле $q_{парт} = 5N_{п}/254 = 157{,}5$. Принимаем число заготовок в партии 160 шт.

19. Подготовительно-заключительное время $t_{п.з.}$ определяем по табл. 5.4, $t_{п.з.} = 6$ мин.

20. Штучно-калькуляционное время определяем по формуле

$$T_{шт.к} = T_{шт} + t_{п.з.} / q_{парт} = 3{,}2 + 6/160 = 3{,}3 \text{ мин.}$$

21. Полученные результаты расчетов заносят в операционную карту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Что такое норма времени?
2. Назовите известные вам методы определения нормы времени.
3. Что такое штучное время?
4. На какие работы рабочий затрачивает подготовительно-заключительное время?
5. На какие работы затрачивается основное время?
6. На какие работы рабочий затрачивает вспомогательное время?
7. Назовите составляющие расчетной длины обработки.
8. По какой формуле рассчитывают требуемое число оборотов шпинделя токарного станка?
9. Каким образом учитывают подготовительно-заключительное время при нормировании операций?

РАБОТА №7
ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, СТРУКТУРА ШТУЧНОГО ВРЕМЕНИ

Краткая теория

Техническое нормирование операций представляет собой совокупность методов и приемов, позволяющих установить технически обоснованную норму времени на выполнение определенных операций технологического процесса в условиях конкретного производства.

Норма времени – это технически обоснованное время выполнения технологической операции в наиболее благоприятных для данного производства условиях.

На основе нормы времени рассчитывают заработную плату рабочих, определяют производительность труда, требуемое количество технологического оборудования, осуществляют планирование работы производственных подразделений, определяют потребность в рабочей силе и др. Для установления технически обоснованной нормы времени пользуются следующими методами:

- метод расчета нормы времени по нормативам;
- метод хронометража и фотографии рабочего дня в конкретных производственных условиях;
- метод сравнения и расчета нормы времени по типовым нормативам;
- опытно-статистический метод нормирования.

При расчете по нормативам технологическая операция разбивается на элементы: переходы, проходы, приемы и движения. Каждый элемент анализируется и в отдельности, и в сочетании со смежными элементами. Для каждого элемента по справочникам устанавливают продолжительность исполнения. Время всей операции складывается из суммы времен, затрачиваемых на отдельные элементы с учетом возможной параллельности их выполнения.

Например, операция фрезерования плоскости в условиях единичного производства может состоять из следующих элементов (основных, и вспомогательных):

- установка заготовки на станок;
- выверка положения заготовки и закрепление ее;
- включение станка;
- подведение заготовки к фрезе;
- фрезеровка небольшого участка поверхности;
- отведение заготовки от фрезы;
- измерение получившегося размера;
- корректировка взаимного положения фрезы и заготовки с помощью лимба;
- подведение заготовки к фрезе и включение автоматической подачи;
- фрезерование поверхности заготовки;
- выключение станка по окончании обработки;
- раскрепление и снятие детали;
- укладка детали в тару;
- отведение стола станка в исходное положение;
- очистка станка от стружки.

Продолжительность выполнения отдельных элементов операции зависит от массы и размеров заготовки, от схемы базирования заготовки, типа станка, требуемой точности обработки и др. Устанавливают продолжительность по общемашиностроительным справочникам для нормирования станочных работ.

Для установления технически обоснованной нормы времени на каждую операцию необходимо рассчитывать штучное время.

Штучное время – это норма времени на обработку одной детали в условиях массового производства. Оно складывается из нескольких частей:

$$T_{шт} = t_о + t_в + t_{орг} + t_{т.о.} + t_п \,, \qquad (7.1)$$

где $t_о$ – основное (машинное или технологическое) время; ($t_в$ – вспомогательное время; $t_{орг}$ – время организационного обслуживания; $t_{т.о.}$ – время технического обслуживания; $t_п$ – время перерывов в работе на отдых и личные надобности.

Основным временем ($t_о$) называют время, в течение которого достигается цель технологической операции, т. е. непосредственно осуществляется изменение размеров и формы заготовки, а также качества ее поверхностного слоя. При сборке изделия в течение основного времени происходит изменение взаимного расположения деталей и их крепление.

При механической обработке заготовки на станке основное время определяют для каждого основного перехода по формуле

$$t_о = L_р \cdot i / (S_{мин}), \qquad (7.2)$$

где $L_р$ – расчетная длина обработки (рис. 2.1-7.1); i – число рабочих ходов в данном переходе; $S_{мин}$ – минутная подача режущего инструмента; a – число одновременно обрабатываемых заготовок.

Минутная подача режущего инструмента определяется по формуле

$$S_{мин} = n \cdot S_{об}, \qquad (7.3)$$

где n – частота вращения шпинделя или фрезы, мин$^{-1}$; $S_{об}$ – подача на один оборот детали или фрезы.

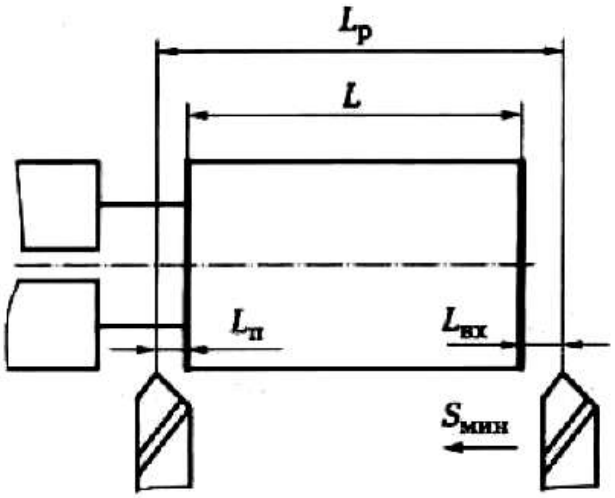


Рис. 7.1. Схема определения расчетной длины обработки

Расчетная длина обработки определяется по формуле

$$L_р = L + L_{вр} + L_п, \qquad (7.4)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности; $L_{вр}$ – длина врезания режущего инструмента; $L_п$ – длина перебега (выхода или схода) режущего инструмента.

Вспомогательное время ($t_в$) – это время действий рабочего на выполнение вспомогательных переходов (установка и закрепление заготовки, снятие детали, управление механизмами станка, контрольные измерения и др.).

Оперативное время ($t_{оп}$) – это время, в течение которого выполняются действия, повторяющиеся при выполнении операции над каждой заготовкой. Это время включает в себя основное время и вспомогательное время, т. е.

$$t_{оп} = t_о + t_в \qquad (7.5)$$

Время организационного обслуживания рабочего места ($t_{орг}$) – это время, затрачиваемое рабочим-станочником на уход за рабочим местом в течение смены: на раскладку и уборку инструмента, на осмотр и опробование станка, на очистку от стружки станка и его смазку. Исчисляется это время в процентах от оперативного времени. Например, по нормативам для крупносерийного производства оно составляет 0,8 ... 2,5% оперативного времени.

Время технического обслуживания рабочего места ($t_{т.о}$) – это время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом в процессе выполнения работы: на подналадку и регулирование станка в процессе работы, на правку и замену затупившегося режущего инструмента, на сметание стружки во время работы. Определяют это время в процентах от основного времени. По нормативам для большинства станков оно составляет 3 ... 6% основного времени.

Для более точного определения времени организационного обслуживания рабочего места (при массовом производстве) применяют расчетные формулы.

При черновой обработке заготовок:

$$t_{т.о} = t_с / q, \qquad (7.6)$$

где $t_с$ – время, затрачиваемое на смену притупившегося инструмента; $q = T/t_о$ – число заготовок, обрабатываемых за период стойкости T режущего инструмента.

При чистовой обработке:

$$t_{т.о} = (t_{пн}\ K_{пн}\ + t_{пр}\, K_{пр} + t_{с}) / q, \qquad (7.7)$$

где ($t_{пн}$, $t_{пр}$ – время, затрачиваемое на подналадку и правку инструмента; $K_{пн}$, $K_{пр}$ – число подналадок и правок инструмента; q – число заготовок, обработанных за период стойкости режущего инструмента.

Время перерывов в работе на отдых и личные надобности ($t_{п}$) – это время, затрачиваемое рабочим на личные физиологические потребности и отдых. Время на отдых предусматривается в случае тяжелых утомительных работ. Исчисляют по нормативам в процентах от оперативного времени. В единичном и серийном производстве оно составляет 4 ... 5 %, в крупносерийном и массовом производстве – 5 ... 8 % оперативного времени, но не более 2 % продолжительности рабочей смены.

Подготовительно-заключительное время ($t_{п.з.}$) – это время, устанавливаемое при обработке заготовок партиями (серийное производство), для подготовки и наладки станка, приспособлений и инструментов, а также для приведения их в первоначальное состояние после окончания обработки всей партии заготовок. Это время отводится на всю партию заготовок. Его величина зависит от сложности оборудования, оснастки, характера выполняемой работы и уровня сложности наладки, но не зависит от количества заготовок в обрабатываемой партии. С учетом подготовительно-заключительного времени норма времени $t_{парт}$ для обработки всей партии, состоящей из $q_{парт}$ (штук) заготовок:

$$t_{парт} = T_{шт} \cdot q_{парт} + t_{п\text{-}з}, \qquad (7.8)$$

Штучно-калькуляционное время ($t_{шт.к}$) – это время обработки одной заготовки (или изготовления одного изделия), когда обработка ведется партиями, т. е. когда подготовительно-заключительное время задают на всю партию, состоящую из числа $q_{парт}$ заготовок. Подсчитывается эта норма времени по формуле

$$t_{шт.к.} = T_{шт.} + t_{п.з./}\, q_{парт} \qquad (7.9)$$

Задание 7.1

По одному из вариантов задания (табл. 7.1) определить основное время для обтачивания поверхности М заготовки, схема обработки которой представлена на рис. 7.2.

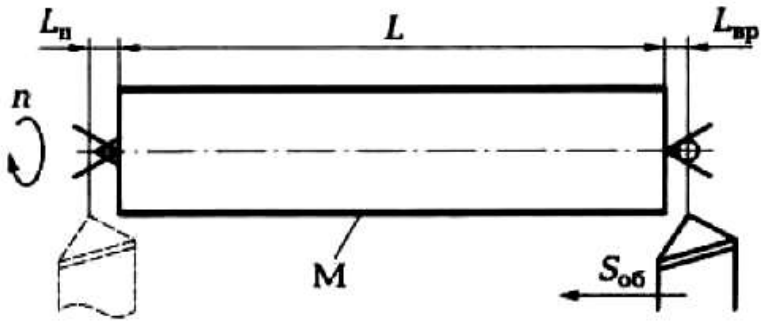


Рис. 7.2. Схема точения заготовки

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (7.2):

$$t_o = L_р \cdot i / (S_{мин}).$$

Согласно заданию обработка ведется за два прохода (i = 2). Расчетную длину вычислим по формуле 7.4):

$$L_р = L + L_{вр} + L_п.$$

Согласно заданию, длина обрабатываемой поверхности L = 110 мм, длина врезания $L_{вр}$ = 2 мм, длина перебега резца $L_п$ =1,5 мм. Тогда $L_р$ = 110 + 2 + 1,5 = 113,5 мм. Минутную подачу вычислим по формуле (2.3-7.3) $S_{мин} = n \cdot S_{об}$. Согласно заданию заготовка вращается с частотой n = 350 мин$^{-1}$, а подача на один оборот заготовки $S_{об}$ = 0,2 мм. Тогда минутная подача $S_{мин}$ = 350 · 0,2 = 70 мм/мин. Таким образом, основное время t_o = (113,5 · 2)/(70 · 1) = 3,2 мин.

Задание 7.2

По одному из вариантов задания (табл. 7.2) определить основное время для сверления отверстия ØD в заготовке, схема обработки которой представлена на рис. 7.3, *а*.

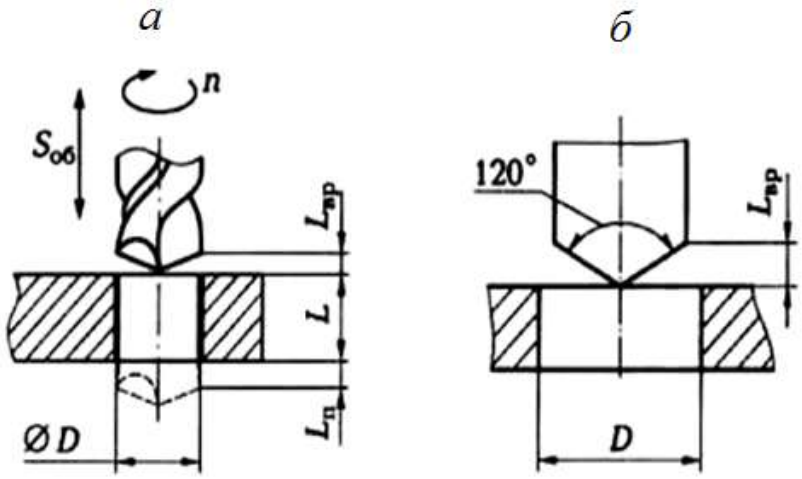


Рис. 7.3. Схема сверления (*а*) и расчетная схема (*б*) при обработке сквозного отверстия

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (7.2): $t_o = L_р \cdot i/(S_{мин})$. Согласно заданию обработка ведется за один проход (i = 1). Расчетную длину вычислим по формуле (7.4): $L_р = L + L_{в\,р} + L_п$. Согласно заданию, длина L обрабатываемой поверхности равна 20 мм. Длину $L_{вр}$ врезания найдем из геометрических соотношений (рис. 7.3, *б*). При угле сверла в плане 120°, $L_{вр} = D/2\sqrt{3} = 10/2\sqrt{3} = 3$ мм. По заданию, длина перебега сверла $L_п$ = 1,5 мм. Тогда расчетная длина $L_р$ = 20 + 3 + 1,5 = 24,5 мм. Минутную подачу $S_{мин}$ вычислим по формуле (7.3): $S_{мин} = n \cdot S_{об}$.

Таблица 7.1

Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.1

Исходные данные	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, мм	110	80	90	110	75	60	86	100	102	85	70					
$L_{вр}$, мм	2	2	2	1,5	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2					
$L_{п}$, мм	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	2	1,0	2					
$S_{о}$, мм/об	0,2	0,3	0,4	0,25	0,1	0,35	0.2	0,2	0,3	0.3	0.2					
n, мин$^{-1}$	350	300	320	400	300	400	350	300	400	350	300					
Число ходов i	2	1	3	3	2	2	1	3	2	2	1					

Таблица 7.2

Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.2

Исходные данные	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, мм	20	15	30	25	35	20	30	40	25	30	35					
$ØD$, мм	10	10	20	10	15	14	10	16	8	12	10					
$L_{п}$, мм	1,5	1,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	1.0	1,5	1,5					
$S_{о}$, мм/об	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1					
n, мин$^{-1}$	200	200	150	180	130	140	180	130	200	160	200					

Согласно заданию сверло вращается с частотой n = 200 мин$^{-1}$, а подача на один оборот сверла $S_{об}$ = 0,1 мм, Тогда минутная подача $S_{мин}$ = 200 · 0,1 = 20 мм/мин. Таким образом, основное время t_o = (24,5 · 1)/20 = 1,2 мин.

Задание 7.3

По одному из вариантов задания (табл. 7.3) определить основное время для обработки фрезой $Ød_ф$ паза М глубиной h в заготовке, схема обработки которой представлена на рис. 7.4, *а*.

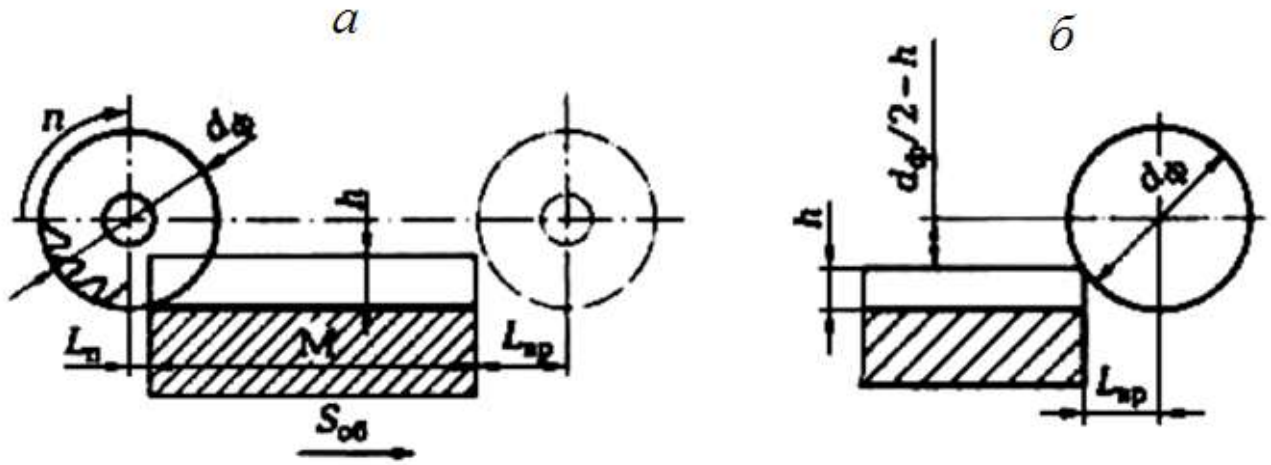


Рис. 7.4. Схема фрезерования паза (*а*) и расчетная схема (*б*)

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (7.2): $t_o = L_р \cdot i / S_{мин}$. Согласно заданию обработка ведется за один проход (i = 1), и обрабатывается одна заготовка (a = 1). Расчетную длину вычислим по формуле (7.4): $L_р = L + L_{вр} + L_п$. Согласно заданию, длина L обрабатываемой поверхности равна 60 мм. Длину $L_{вр}$ врезания найдем из геометрических соотношений (рис. 7.4, *б*). При диаметре фрезы $d_ф$ = 40 мм и глубине паза h = 10 мм $L_{вр} = \sqrt{h(d_ф - h)}$ = 17 мм. По заданию, длина перебега фрезы $L_п$ = 5 мм. Тогда расчетная длина $L_р$ = 60 + 17 + 5 = 82 мм. Минутную подачу $S_{мин}$ вычислим по формуле (7.3): $S_{мин} = n \cdot S_{об}$. Согласно заданию, фреза вращается с частотой n = 150 мин$^{-1}$, а подача на один оборот фрезы $S_{об}$ = 0,6 мм/об. Тогда минутная подача $S_{мин}$ = 150 · 0,6 = 90 мм/мин. Таким образом, основное время t_o = (82 · 1)/90 ~ ~ 0,9 мин.

Таблица 7.3

Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.3

Исходные данные	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, мм	60	40	35	50	45	30	58	68	48	62	55					
h, мм	10	12	14	10	15	10	12	14	10	15	12					
$Ød_ф$, мм	40	60	80	80	90	60	60	70	70	90	80					
$L_п$, мм	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
$S_{об}$, мм/об	0,6	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4					
n, мин$^{-1}$	150	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250					
Число ходов i	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3					

Таблица 7.4

Индивидуальные варианты для выполнения задания 7.4

Исходные данные	Вариант															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L, мм	60	40	35	50	45	30	58	68	48	62	55					
B, мм	20	30	40	40	50	30	25	40	45	60	40					
$Ød_ф$, мм	40	60	80	80	90	60	60	70	70	90	80					
$L_п$, мм	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
$S_о$, мм/об	0,5	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4					
n, мин$^{-1}$	150	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250					
Число ходов i	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3					

.

Задание 7.4

По одному из вариантов задания (табл. 7.4) определить основное время для обработки торцевой фрезой $Ød_ф$ плоской поверхности шириной B заготовки, схема обработки которой представлена на рис. 7.5.

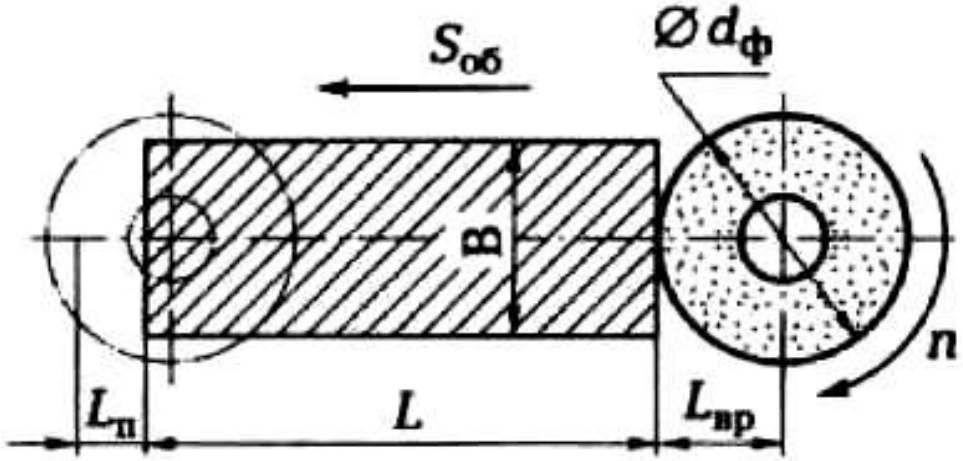


Рис. 7.5. Схема обработки плоской поверхности торцевой фрезой

Пример выполнения задания (вариант № 0)

Для определения основного времени воспользуемся формулой (7.2): $t_о = L_р \cdot i / S_{мин}$. Согласно заданию обработка ведется за один проход (i = 1). Расчетную длину вычислим по формуле (7.4): $L_р = L + L_{вр} + L_п$. Согласно заданию длина L обрабатываемой поверхности равна 60 мм. Длину $L_{вр}$ врезания примем согласно рис. 7.5 равной радиусу фрезы, т. е. $L_{вр} = d_ф / 2$ = 20 мм. Длину перебега фрезы примем согласно рис. 7.5: $L_п = 0{,}8\ d_ф / 2$ = 16 мм. Тогда расчетная длина $L_р$ = 60 + 20 + 16 = 96 мм. Минутную подача $S_{мин}$ вычислим по формуле (7.3):

$$S_{мин} = n \cdot S_{об}.$$

Согласно заданию фреза вращается с частотой n = 150 мин$^{-1}$, а подача на один оборот фрезы $S_{об}$ = 0,5 мм/об. Тогда минутная подача $S_{мин}$ = 150 · 0,5 = 75 мм/мин. Таким образом, основное время $t_о$ = (96 · l)/(75 · 1) = 1,3 мин.

Приложение 1

Допуски в системе отверстия на наружные размеры по ЕСДП (ГОСТ 25347–82)

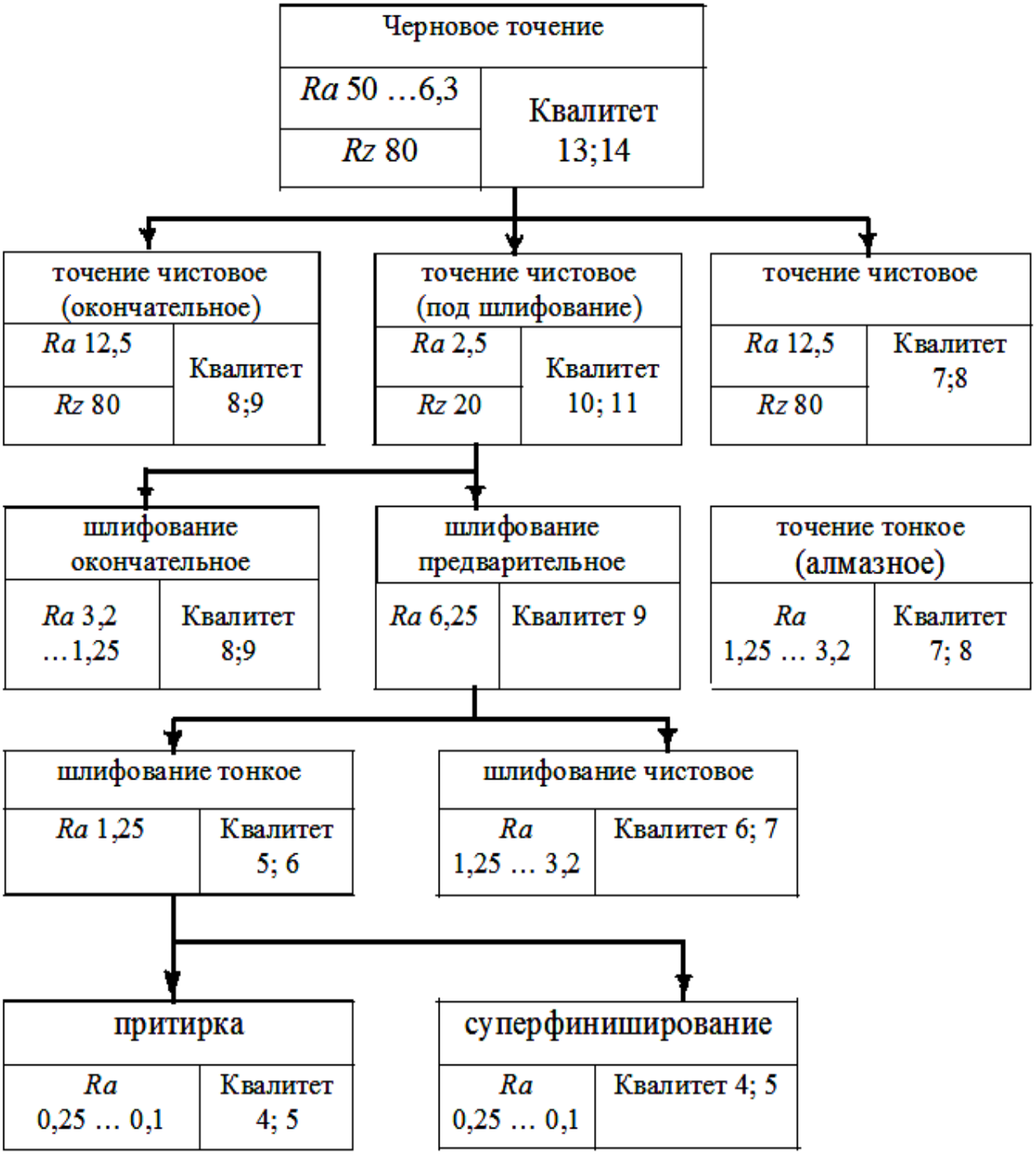
Интервалы размеров, мм	Квалитеты и поля допусков														
	h8	u8	f8	d8	x8	h9	d9	f9	hl0	hll	all	cll	h12	Jsl2	Jsl4
	Предельные отклонения, мкм														
От 1 до 3	0 -14	+32 +18	-6 -20	-20 -34	+34 +20	0 -25	-20 -45	-6 -31	0 -40	0 -60	-270 -330	-60 -120	0 -100	+50 -50	+125 -125
Свыше 3 до 6	0 -18	+41 +23	-10 -28	-30 -48	+46 +28	0 -30	-30 -60	-10 -40	0 -48	0 -75	-270 -345	-70 -145	0 -120	+60 -60	+150 -150
Свыше 6 до 10	0 -22	+50 +28	-13 -35	-40 -52	+56 +34	0 -36	-40 -76	-13 -49	0 -58	0 -90	-280 -370	-80 -170	0 -150	+75 -75	+180 -180
Свыше 10 до 14	0 -27	+60 +23	-16 -43	-50 -77	+67 +45	0 -43	-50 -93	-16 -59	0 -70	0 -110	-290 -400	-95 -205	0 -180	+90 -90	+215 -215
Свыше 14 до 18															
Свыше 18 до 24	0 -33	+74 +48	-20 -53	-65 -99	+87 +64	0 -52	-65 -117	-20 -72	0 -84	0 -130	-300 -430	-110 -240	0 -210	+105 -105	+260 -260
Свыше 24 до 30															
Свыше 30 до 40	0 -39	+99 +70	-25 -64	-80 -119	+119 +97	0 -62	-80 -142	-25 -87	0 -100	0 -160	-310 -480	-120 -290	0 -250	+125 -125	+310 -310
Свыше 40 до 50															

Окончание прилож. 1

Интервалы размеров, мм	Квалитеты и поля допусков														
	h8	u8	f8	d8	x8	h9	d9	f9	hl0	hll	all	cll	h12	Jsl2	Jsl4
	Предельные отклонения, мкм														
Свыше 50 до 65	0	+133	-30	-100	+158	0	-100	-30	0	0	-340	-140	0	+150	+370
Свыше 65 до 80	-46	+102	-75	-146	+146	-74	-174	-104	-120	-190	-550	-340	-300	-150	-370
Свыше 80 до 100	0	+178	-36	-120	+264	0	-120	-36	0	0	-380	-170	-0	+175	+435
Свыше 100 до 120	-54	+144	-90	-174	+210	-87	-207	-123	-140	-220	-630	-400	-350	-175	-435
Свыше 120 до 140															
Свыше 140 до 160	0	+233	-43	145	+373	0	-145	-43	0	0	-460	-200	0	+200	+500
Свыше 160 до 180	-63	+210	-106	-208	+310	-100	-245	-143	-160	-250	830	-480	-400	-200	-500
Свыше 180 до 200	0	+308	-50	170	+497	0	-170	-50	0	0	-660	-240	0	+230	575
Свыше 200 до 250	-72	+284	-122	242	+425	-115	-285	-165	-185	-290	-820	-570	-460	-230	-575

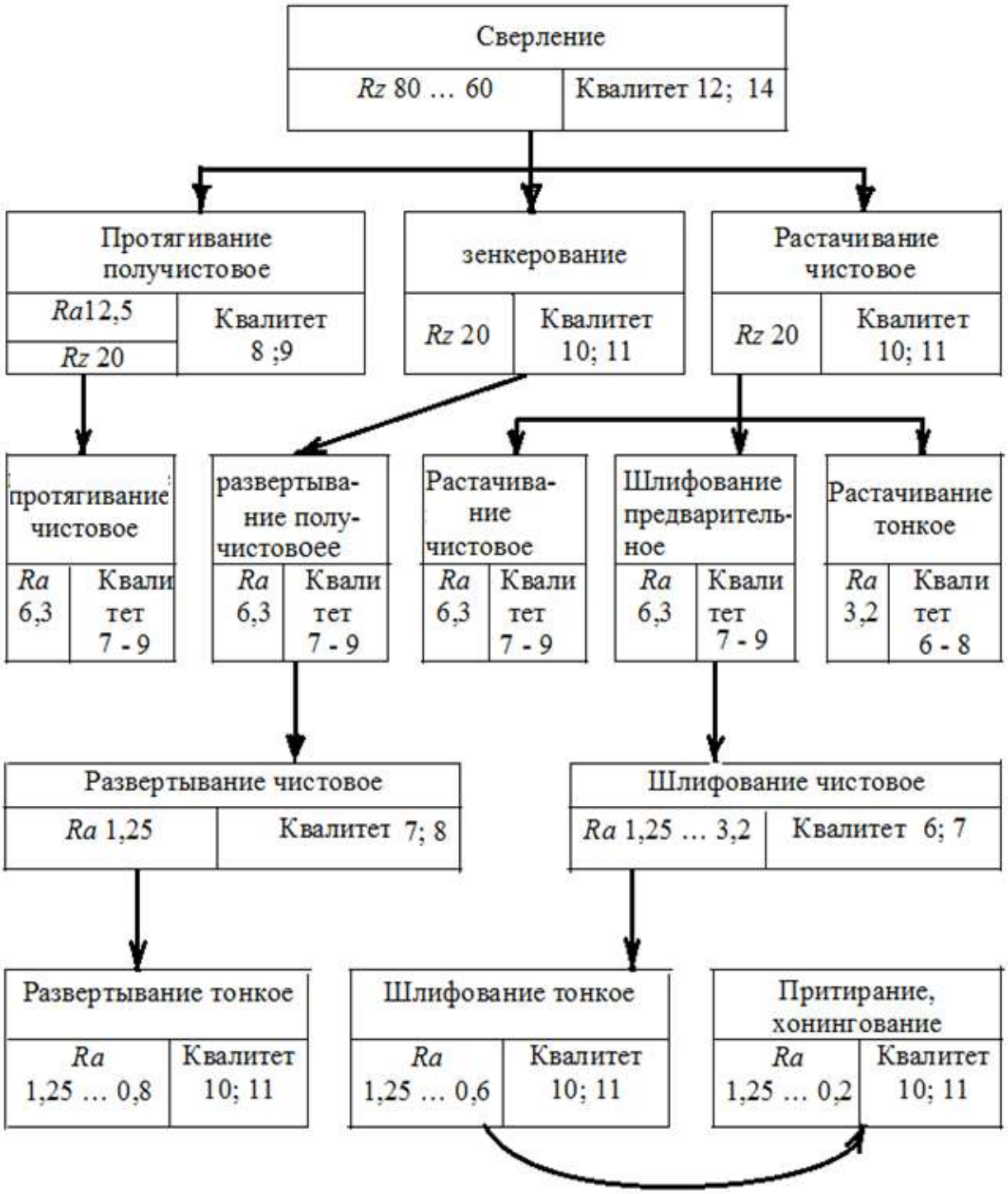
Приложение 2

Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей



Приложение 3

Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей



Приложение 4

Операционные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Вид операции	Расчетная длина обработки, мм					
		до 25	25 ... 63	63…100	100 ... 160	160 ... 250	250 ... 400
		Припуск на диаметр, мм					
До 5	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3	3,5	–
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1.0	1.0
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0.4
6 ... 10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3.5	3,5	3,3
	Точение чистовое	1,2	1.2	1,2	1.5	1.5	1,5
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
10 ... 18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
18 ... 30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1.5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
30 ... 50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
50 ... 80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
80 ... 120	Точение черновое	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
120 ... 200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6

Приложение 5

ВРЕМЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Таблица П5.1

Вспомогательное время при работе на токарных и шлифовальных станках, мин

Способ установки заготовки	Масса заготовки, кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
В центрах с хомутиком	–	0,35	0,44	0,54	0,64	0,91	1,12
В центрах с люнетом	–	0,44	0,5	0,64	0,78	0,91	1,12
На гладкой оправке	–	0,42	0,53	0,67	0,79	0,91	1,1
На оправке с гайкой	0,48	0,53	0,61	0,7	0,75	0.8	0,86
В патроне без выверки	0,18	0,2	0,22	0,27	0,33	0,38	0,39
В патроне с выверкой	–	0,4	0,47	0,56	0,63	0,70	0,84
В патроне с люнетом	–	0,4	0,41	0,53	0,60	0,67	0,78
На магнитном столе	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4

Таблица П5.2

Вспомогательное время при работе на фрезерных станках, мин

Способ установки заготовки	Масса заготовки, кг		
	0,5	3	5
В тисках с эксцентриковым зажимом	0,9	0,11	0,16
В тисках с рукояткой	0,12	0,19	0,21
В тисках с воротком	0,14	0,21	0.24
С применением механизированного зажима	0,06	0,09	0,11
С закреплением прихватами и гаечным ключом в специальном приспособлении	0,12	0,15	0,23

Таблица П5.3

Время на техническое и организационное обслуживание и на физические потребности

Тип металлообрабатывающего станка	Время технического обслуживания, % от основного времени	Время на физические потребности, % от оперативного времени	Суммарное время (техническое и организационное обслуживание и на физические потребности), % от оперативного времени
Токарный с высотой центров, мм:			
200	2,5 2,5		4,6
300	3,0	3,0	5,0
400	3,5	3,5	5,3
Револьверный с диаметром отверстия шпинделя, мм:			
22	2,5	1,5 4,7	
60	3,0	1,6	5,1
110	3,5	1,7	5,4
Вертикально-сверлильный с наибольшим диаметром обрабатываемого отверстия, мм:			
35	1,0	1,0	3,5
55	1,0	1,1	3,6
Радиально-сверлильный с наибольшим диаметром обрабатываемого отверстия, мм:			
35	1,0	1,2	3,7
55	1,0	1,4	3,9
Горизонтально-фрезерный с длиной стола, мм:			
1000	1,5	1,2	4,0
1500	2,0	1,5	4,5

Окончание табл. П5.3

Тип металлообрабатывающего станка	Время технического обслуживания, % от основного времени	Время на физические потребности, % от оперативного времени	Суммарное время (техническое и организационное обслуживание и на физические потребности), % от оперативного времени
Вертикально-фрезерный с длиной стола, мм:			
1000	1.5	1,2	4,0
1500	2,0	1,5	4,5
Круглошлифовальный с высотой центров, мм:,			
200	6,0	1,7	6,7
300	7,0	2,2	7,7
Внутришлифовальный с наибольшим диаметром шлифуемого отверстия, мм:			
200	6,0	2,2	2,7
400	7,0	2.7	8,2
Плоскошлифовальный с длиной стола, мм:			
1000	2,0	1,7	4,7
1500	2,5	1,9	5,1
Протяжной	2	1,4	4,4
Центровочный	2	1,2	4,2
Зуборезный	3	1,7	5,2

Таблица П5.4

Подготовительно-заключительное время при работе на токарных станках

Способ установки обрабатываемой заготовки	Высота центров станка, мм			
	200	400	600	800
	Подготовительно-заключительное время, мин			
В центрах станка или на центровой оправке	4	5,8	6,8	8,6
В самоцентрирующем трехкулачковом патроне	6 ... 7	6,6 ... 8,1	8,8 ... 10,8	12,1 ... 14,7
На планшайбе в приспособлении	10	11,2	14,1	19,1
На планшайбе с креплением болтами	5,0	5,7	7,8	11,1
В цанговом патроне с затяжной гайкой	4,8	5,8	6,5	7.9
На концевой оправке	3,0	3,6	3,8	–
Наладка станка для нарезания резьбы	До 2	До 3	До 4	До 5

Приложение 6

Параметры резания и режимы обработки

Таблица П6.1

Скорости резания при точении и растачивании конструкционных сталей и сплавов резцами с пластинами из Т15К6

Предел прочности материала, МПа					Подача, мм/об, не более						
4,4 ... 4,9	5,0 ... 5,5	5,6 ... 6,2	6,3 ... 7,9	8,0 ... 8,9							
Глубина резания, мм, не более											
1,4	–	–	–	–	0,25	0,54	0,97	1,27	1,65	2,15	–
3	1,4	–	–	–	0,14	0,38	0,75	0,97	1,27	1,65	–
7	3	1,4	–	–	–	0,25	0,54	0,75	0,97	1,27	2,15
15	7	3	1,4	–	–	0,14	0,38	0,54	0,75	0,97	1,65
–	15	7	3	1,4	–	_	0,25	0,38	0,54	0,75	1,27
–	–	15	7	3	–	–	0,14	0,25	0,38	0,54	0,97
–	–	–	15	7	–		–	0,14	0,25	0,38	0,75
–	–	–	–	15	–	–	–	–	0,14	0,25	0,54
Характер обработки					Скорость резания, м/мин						
Наружное продольное точение					417	330	360	231	205	182	144
Растачивание до диаметра 500 мм					378	299	236	209	186	165	130
Поперечное точение					518	409	323	287	255	227	188

Таблица П6.2

Скорости резания при точении и растачивании сталей резцами из стали Р9 и Р18

Глубина резания, мм	Подача, мм								
1,4	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3	–
3,0	–	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1	1,3
6,0	–	–	0,16	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76	1
12	-	–	–	–	0,26	0,34	0,44	0,58	0,76
Характер обработки	Скорость резания, м/мин								
Наружное продольное точение	106	89	75	62	52	44	37	31	26
Растачивание	96	80	67	56	47	39	33	28	23
Поперечное точение	130	109	91	77	64	54	45	38	32

Таблица П6.3

Скорости резания при фрезеровании конструкционной стали цилиндрическими фразами из стали Р9 и Р18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы					
				0,05	0,1	0,13	0,18	0,24	0,33
				Скорость резания, м/мин					
75	8	12 ... 40	3	62	54	49	43,9	38,5	–
			5	52	46,5	42	37	33	–
			8	45,5	40,5	36,5	32,5	28,5	–
		41 ... 130	3	54	48,5	44	39	34	–
			5	46,5	41,5	38	33,5	29,5	–
			8	40,5	36	32,5	28,5	25,5	–
90	8	12 ... 40	3	66	59	53	47,5	42	–
			5	57	51	46,5	41	36	–
			8	49,5	44	40,5	35,5	31	–
		41 ... 130	3	59	52	48	42	37	–
			5	51	45	40,5	36	31,5	–
			8	44	39	35	31	27,5	–
110	10	12 ... 40	3	71	63	57	51	44,5	40
			5	61	54	48,5	43,3	38,5	34
			8	52	46,5	42,5	37,5	33	29,5
			13	45,5	41	37	33	29	26
		41 ... 130	3	63	56	50	45	39,5	35
			5	54	48	43,5	38,5	34	30,5
			8	46,5	41,5	37,5	33	29,5	26,5
			13	41	36,5	33	29	26	23

Таблица П6.5

Скорости резания при обработке конструкционных сталей концевыми фрезами из стали Р9 и Р18

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина обрабатываемого паза, мм	Глубина обрабатываемого паза, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,045	0,06	0,07	0,09
				Скорость резания, м/мин			
16	4	16	10 ... 25	35	30,5	27	–
16	5	16	10 ... 25	34	30	–	–
20	5	20	10 ... 30	33,5	29,5	26,5	23
20	6	20	10 ... 30	33	29	26	–

Таблица П6.4

Режимы тонкого обтачивания

Обрабатываемый материал	Режущий инструмент из алмаза			Режущий инструмент из твердого сплава		
	Скорость резания, м/мин	Продольная подача, мм/об заготовки	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Продольная подача, мм/об заготовки	Глубина резания, мм
Силумин	350 ... 500	0,02 ... 0,08	0,06 ... 0,30	200 ... 400	0,02 ... 0,08	0,05 … 0,45
Баббит	380 ... 600	0,02 ... 0,03	0,18 ... 0,25	250 ... 600	0,02 ... 0,10	0,05 … 0,35
Бронза	330 ... 500	0,02 ... 0,05	0,10 ... 0,25	250 ... 500	0,02 … 0,10	0,05 … 0,25
Чугун серый	–	–	–	100 … 200	0,03 … 0,18	0,10 … 0,35
Сталь углеродистая	–	–	–	150 ... 300	0,03 … 0,14	0,10 … 0,35

Таблица П6.6

Скорости резания при обработке конструкционных сталей и сплавов цилиндрическими фрезами с пластинами из сплава Т15К6

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб фрезы			
				0,12	0,16	0,22	0,3
				Скорость резания, м/мин			
80	8	20... 80	2	255	233	214	195
			3	220	201	4	169
			4,4	190	174	160	145
			6,5	164	150	137	125
			9,5	141	129	118	108
90	4	20... 80	2	276	252	231	211
			3	240	218	199	182
			4,4	205	288	172	157
			6,5	179	162	148	136
			9,5	154	141	129	118
100	10	20... 80	2	257	236	216	197
			3	222	203	186	170
			4,4	192	175	160	147
			6,5	165	151	138	127
			9,5	143	130	119	109

Таблица П6.7

Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал					
		Сталь конструкционная углеродистая				Чугун и медные сплавы	
		Глубина резания, мм					
		До 3	3...5	5-8	8...12	До 3	3...5
До 20	От 16 × 25 до 25 ×25	0,3 ... 0,4	–	–		–	–
20 ... 40	От 16 ×25 до 25 × 25	0,4 ... 0,5	0,3 ... 0,4	–	–	0,4 ... 0,5	–
40 ... 60	От 16 × 25 до 25 × 40	0,5 ... 0,9	0,4 ... 0,8	0,3 ... 0,7	–	0,6 ... 0,9	0,5 ... 0,8
60 ... 100	От 16 × 25 до 25 × 40	0,6 ... 1,2	0,5 ... 1,1	0,5 ... 0,9	0,4 ... 0,8	0,8 ... 1,4	0,7 ... 1,2

Примечания: 1. При обработке сталей твердостью 44 ... 56 HRC табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,8.
2. При обработке сталей твердостью 57 ... 62 HRC табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,5.
3. При обработке прерывистых поверхностей табличные значения подачи следует уменьшить, умножая их на коэффициент 0,5.

Таблица П6.9

Величина врезания и перебега резца при работе на токарных станках

Глубина резания, мм	Главный угол резца в плане, φ								Величина перебега, мм
	10	15	20	30	45	60	75	90	
	Величина врезания, мм								
1	5,7	3,7	2,7	1,7	1	0,6	0,3	3	1
2	11,3	7,5	5,5	3,5	2	1,2	0,6		1
3	17	11,2	8,2	5,2	3	1,7	0,8		2
4	6,2	14,9	11	6,9	4	2,3	1,1		2
5	4,2	18,6	13,7	8,7	5	2,9	1,3		2
6	34	22,4	16,5	10,4	6	3,5	1,6		2
7	40	26	19,2	12,1	7	4	1,9		2
8	45,2	29,8	22	13,8	8	4,6	2,1		3
9	51	33,6	24,7	15,7	9	5,2	2,4		3
10	57	37,3	27,4	17,3	10	5,8	2,7		3

Таблица П6.8

Продольные подачи при черновом растачивании на токарных и токарно-револьверных станках резцами с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава

Размеры сечения резца или оправки, мм	Вылет резца или оправки, мм	Обрабатываемый материал						
		Сталь конструкционная			Чугун и медные сплавы			
		Глубина резания, мм						
		2	3	5	2	3	5	8
		Подачи, мм/об заготовки						
Ø10	50	0,08	–	–	0,12 ... 0,16	–	–	–
Ø12	60	0,1	0,08	–	0,12 ... 0,2	0,12 ... 0,18	–	–
Ø16	80	0,1 ... 0,25	0,15	0,1	0,20 ... 0,3	0,15 ... 0,25	0,1 ... 0,18	–
Ø20	100	0,5 … 0,3	0,15 ... 0,25	0,12	0,3 ... 0,4	0,25 ... 0,35	0,12 ... 0,25	–
Ø20	125	0,25 ... 0,5	0,15 ... 0,4	0,12 ... 0,2	0,4 … 0,6	0,3 ... 0,5	0,25 ... 0,35	–
Ø30	150	0.,4 ... 0,7	0,2 ... 0,5	0,12 ... 0,3	0,5 ... 0,8	0,4 ... 0,6	0,25 ... 0,45	–
Ø40	200	–	0,25 ... 0,6	0,15 ... 0,4	–	0,6 … 0,8	0.3 … 0,8	–
40×40	150	–	0,6 ... 1,0	0,5 ...0,7	–	0,7 ... 1,2	0,5 ... 0,9	0,4 ... 0,5

Таблица П6.10

Подачи при обработке отверстий зенкерами, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера, мм					
	До 15	15 … 20	20 … 25	25 … 30	30 … 35	35 … 40
Сталь	0,5 …0,6	0,6 … 0,7	0,7 … 0,9	0,8 … 1,0	0,9 …1,1	0,9 …1,2
Чугун (менее 200НВ) и медные сплавы	0,7 …0,9	0,9 … 1,1	1,0 … 1,2	1,1 … 1,3	1,2 …1,5	1,4 …1,7
Чугун (свыше 200 НВ)	0,5 …0,6	0,6 … 0,7	0,7 … 0,8	0,8 … 0,9	0,9 …1,1	1,0…1,2

Приложение 7

Показатели точности и качества поверхности

Точность и качество поверхности при обработке отверстий в деталях из сталей

Метод обработки		*Ra*, мкм	Глубина дефектного слоя, мкм	Квалитет точности	Номинальный диаметр поверхности, мм				
					6 ... 10	10 ... 18	18 ... 30	30 ... 50	50 ... 80
					Допуск на обработку, мм				
Сверление		12,5 – 3,2	75 – 25	12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,30
Зенкерование	Черновое	12,5 – 6,3	50.–.30	12	0,18	0,21	0,25	0,30	0,35
	Чистовое	6,3 – 3,2	40 – 25	11; 10	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14
Развертывание	Черновое	1,6	25 – 12	11: 10	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12
	Чистовое	0,8	10	8; 7	0,015	0,018	0,021	0,025	0,03
Растачивание	Черновое	12,5 ... 6,3	50 – 30	12	–	–	–	–	–
	Чистовое	3,2 ... 1,6	23 – 16	11 – 8	–	–	–	–	–
	Тонкое алмазное	0,8 - 0,2	10 ... 4	7 – 5	–	–	–	–	–
Шлифование	Предварительное	1,6	20	8	–	0,027	0,033	0,039	0,05
	Чистовое	0,8 … 0,4	20 ... 5	6; 7	–	0,018	0,021	0,025	0,04
	Тонкое	0,4 … 0,1	5	5	–	0,008	0,009	0,011	0,01
Притирка, хонингование		0,4 … 0,03	5 ... 3	5	–	0,008	0,009	0,011	0,01
Калибрование шариком		0,40 … 0,05	–	8; 7	–	–	0,033	0,039	0,05
Алмазное выглаживание		0,05	–	5	–	–	0,009	0,011	0,01

Примечание. При обработке деталей из чугуна и цветных сплавов предельные отклонения размеров можно принимать на один квалитет точнее.

Приложение 8

Краткие технические характеристики металлорежущих станков

Токарно-винторезный стенок 16К20

Высота центров, мм	215
Расстояние между центрами, мм	До 2000
Мощность электродвигателя, Вт	10000
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200 315; 400; 500; 630; 800 1000; 1250; 1600; 2000
Продольная подача, мм/об заготовки	0,05; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125;0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5 1,75 ... 4,16
Поперечная подача, мм/об заготовки	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 ... 2,08

Круглошифовальный станок 3Б12

Диаметр обрабатываемых валов, мм	8 ... 200
Диаметр обрабатываемых отверстий, мм	25 ... 50
Продольная подача ($S_в$В), мм/об заготовки	0,1 ... 5,0
Частота вращения заготовки, мин-1	78 ... 780
Цена деления лимба, мм	0,002
Диаметр шлифовального круга, мм	300
Ширина шлифовального круга, мм	40
Частота вращения шпинделя при наружном шлифовании, мин$^{-1}$	2250
Частота вращения шпинделя при внутреннем шлифовании, мин$^{-1}$	16750

Горизонтально-фрезерный станок 6Р82

Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	31,5; 40; 63; 80; 100; 125; 250;315; 400; 630; 800; 1250; 1600
Продольная подача, мм/мин	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100;125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250

Вертикально-фрезерный станок 6Р12

Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	31,5; 40; 63; 80; 100; 125; 250;315; 400; 630; 800; 1250; 1600
Продольная подача, мм/мин	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100;125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250

Круглошлифовальный станок 3М131

Наибольший диаметр шлифуемой поверхности, мм	280
Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм	700
Мощность электродвигателя, кВт	7,5
Частота вращения круга, мин$^{-1}$	1112 или 1285
Частота вращения обрабатываемой заготовки, мин$^{-1}$	40 ... 400 (бесступенчато)
Скорость продольного хода стола, мм/мин	50...5000 (бесступенчато)
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход. стола	0,002 ... 0,1 (бесступенчато)
Непрерывная подача при врезном шлифовании, мм/мин	0,1 ... 4,5
Диаметр шлифовального круга, мм	600
Ширина шлифовального круга, мм	63

Плоскошлифовальный станок 3П722

Ширина стола, мм	320
Длина стола, мм	1250
Мощность электродвигателя, кВт	15
Скорость движения стола, м/мин	3 ... 45
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход стола	2 ... 48 (бесступенчато)
Вертикальная подача шлифовального круга, мм/реверс шлифовальной бабки	0,004; 0,005; 0,01 ... 0,1 (с шагом 0,005 мм)
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход стола	0,002 ... 0,1 (бесступенчато)
Диаметр шлифовального круга, мм	450
Ширина шлифовального круга, мм	80

Внутришлифовальный станок 3К228В

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм	200
Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм	200
Мощность электродвигателя шпинделя, кВт	5,5
Частота вращения шлифовального круга, $мин^{-1}$	4500; 6000; 9000; 13000
Частота вращения обрабатываемой заготовки, $мин^{-1}$	100 ... 600 (бесступенчато)
Скорость продольного хода шлифовальной бабки, м/мин	1 ... 7 (бесступенчато)
Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход	0,001 ... 0,006 (с шагом 0,001 мм)
Непрерывная подача при врезном шлифовании, мм/мин..	0,1 ... 4,5
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	175
Наибольшая ширина (длина) шлифовального круга, мм	63

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 3
РАБОТА №1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 5
РАБОТА № 2. ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА 2
РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРИПУСКОВ ..... …… 3
РАБОТА №4. РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВОК 12
РАБОТА №5. ВЫБОР БАЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК 24
РАБОТА №6. НОРМИРОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА 35
РАБОТА №7. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, СТРУКТУРА ШТУЧНОГО ВРЕМЕНИ 41
Приложение 1. Допуски в системе отверстия на наружные размеры по ЕСДП (ГОСТ 25347–82) 50
Приложение 2. Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических поверхностей 52
Приложение 3. Примерные маршруты получения параметров внутренних цилиндрических поверхностей 53
Приложение 4. Операционные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей 54
Приложение 5.ВРЕМЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ 55
Приложение 6. Параметры резания и режимы обработки 59
Приложение 7. Показатели точности и качества поверхности 65
Приложение 8. Краткие технические характеристики металлорежущих станков 66

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

Т. П. Глинникова

«Технологические процессы изготовления деталей машин»

Практикум часть 2 для студентов среднего профессионального образования специальности 15.02.16 - «Технология машиностроения»

Екатеринбург
2022

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Угаров
14.09.2022

Т. П. Глинникова

«Технологические процессы изготовления деталей машин»

Практикум часть 1 для студентов
среднего профессионального образования
специальности
15.02.16 - «Технология машиностроения»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург,

2022

Г54

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Практикум рассмотрен на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 2022г. (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Глинникова Т. П.

Г54 «Технологические процессы изготовления деталей машин» Практикум для студентов СПО специальностей 15.02.16 «Технология машиностроения)» очного и заочного обучения / Т. П. Глинникова, – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2022. – 1·· с.

Практикум содержит практические задания и упражнения, способствующие усвоению пройденного предмета.

© Глинникова Т. П.,
© Уральский государственный горный университет, 2022

РАБОТА № 1
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Краткая теория

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ – один из важнейших этапов разработки технологического процесса, в том числе и курсового проектирования.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции обрабатываемой детали, сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения.

Анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности.

1. На основании изучения условий работы узла изделия, а также учитывая заданную годовую программу, проанализировать возможность упрощения конструкции детали, замены сварной, армированной или сборной конструкцией, а также возможность и целесообразность замены материала.

2. Установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки.

3. Проанализировать конструктивные элементы детали в технологическом отношении, используя при этом рекомендации по технологичности конструкций, приведенные в справочной литературе.

4. Выявить труднодоступные для обработки места.

5. Определить возможность совмещения технологических и измерительных баз при выдерживании размеров, оговоренных допусками, необходимость дополнительных технологических операций для получения заданной точности и шероховатости обработанных поверхностей.

6. Определить возможность непосредственного измерения заданных на чертеже размеров.

7. Определить поверхности, которые могут быть использованы при базировании, возможность введения искусственных баз,

8. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки, учитывая экономические факторы.

9. Предусмотреть в конструкциях деталей, подвергающихся термической обработке, конструктивные элементы, уменьшающие коробление деталей в процессе нагрева и охлаждения, и определить, правильно ли выбраны материалы с учетом термической обработки.

С целью упрощения анализа технологичности можно дать частные рекомендации для некоторых классификационных групп деталей.

Для корпусных деталей определяют:

а) допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает такому виду обработки?

б) позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной или двух сторон?

в) есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям?

г) нужна ли подрезка торцов ступиц с внутренних сторон отливки и можно ли ее устранить?

д) есть ли глухие отверстия и можно ли заменить их сквозными?

е) имеются ли обрабатываемые плоскости, расположенные под тупыми и острыми углами, и можно ли заменить их плоскостями, расположенными параллельно или перпендикулярно друг к другу?

ж) имеются ли отверстия, расположенные не под прямым углом к плоскости входа и выхода, и, возможно ли изменение этих элементов?

з) достаточна ли жесткость детали, не ограничит ли она режимы резания?

и) имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности, если нет, то каким образом следует выбрать вспомогательные базы?

Для валов указывают:

а) можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?

б) убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала?

в) можно ли уменьшить диаметры больших фланцев или буртов, или исключить их вообще, и как это повлияет на коэффициент использования металла?

г) можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми, которые обрабатываются гораздо производительнее дисковыми фрезами?

д) допускает ли «жесткость вала» получение высокой точности обработки (жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 6 ... 9-го квалитетов соотношение его длины L к диаметру d свыше 10 ... 12 для валов, изготовляемых по более низким квалитетам, это отношение может быть равно 15; при многорезцовой обработке это отношение следует уменьшить до 10).

Следует помнить, что технология обработки гладких валов в значительной мере отличается от технологии изготовления ступенчатых валов простотой и экономичностью, поэтому необходимо проанализировать возможность замены ступенчатого вала гладким.

Конструкция зубчатого колеса должна характеризоваться следующими признаками:

а) простой формой центрального отверстия, так как сложные отверстия значительно усложняют обработку, вызывая необходимость применения револьверных станков и полуавтоматов;

б) простой конфигурацией наружного контура зубчатого колеса (так как наиболее технологичными являются зубчатые колеса плоской формы без выступающих ступиц);

в) расположенными с одной стороны ступицами, так как в противном случае обработка по одной детали на зубофрезерных станках вызывает увеличение количества этих станков на 25 ... 30 %;

г) симметричным расположением перемычки между ступицей и венцом для зубчатых колес, подлежащих термической обработке как по отношению к

венцу, так и по отношению к ступице. Нарушение этого условия приводит к значительным односторонним искажениям при термической обработке;

д) правильной формой и размерами канавок для выхода инструментов;

Подобным образом проводится анализ технологичности и для других деталей, имеющих аналогичные элементы конструкции.

Оценка технологичности конструкции бывает двух видов: качественная и количественная.

Качественная оценка технологичности является предварительной, обобщенной и характеризуется показаниями: «лучше – хуже», «технологично-нетехнологично» и т. д.

Технологичной при качественной оценке следует считать такую геометрическую конфигурацию детали и отдельных ее элементов, при которой учтены возможности минимального расхода материала и использование наиболее производительных и экономичных для определенного типа производства методов изготовления.

Количественная оценка технологичности выражается показателями, численное значение которых характеризует степень удовлетворения требований к технологичности. Согласно ГОСТ 14.202-73 номенклатура показателей технологичности изделия содержит четыре основных и 31 дополнительный показатель.

К основным показателям относятся:

- коэффициент унификации конструктивных элементов $К_{уэ}$;
- коэффициент точности $К_{т}$;
- коэффициент шероховатости $К_{ш}$;
- коэффициент использования материалов $К_{им}$.

Рассмотрим пример анализа технологичности детали «Вал» (рис. 1).

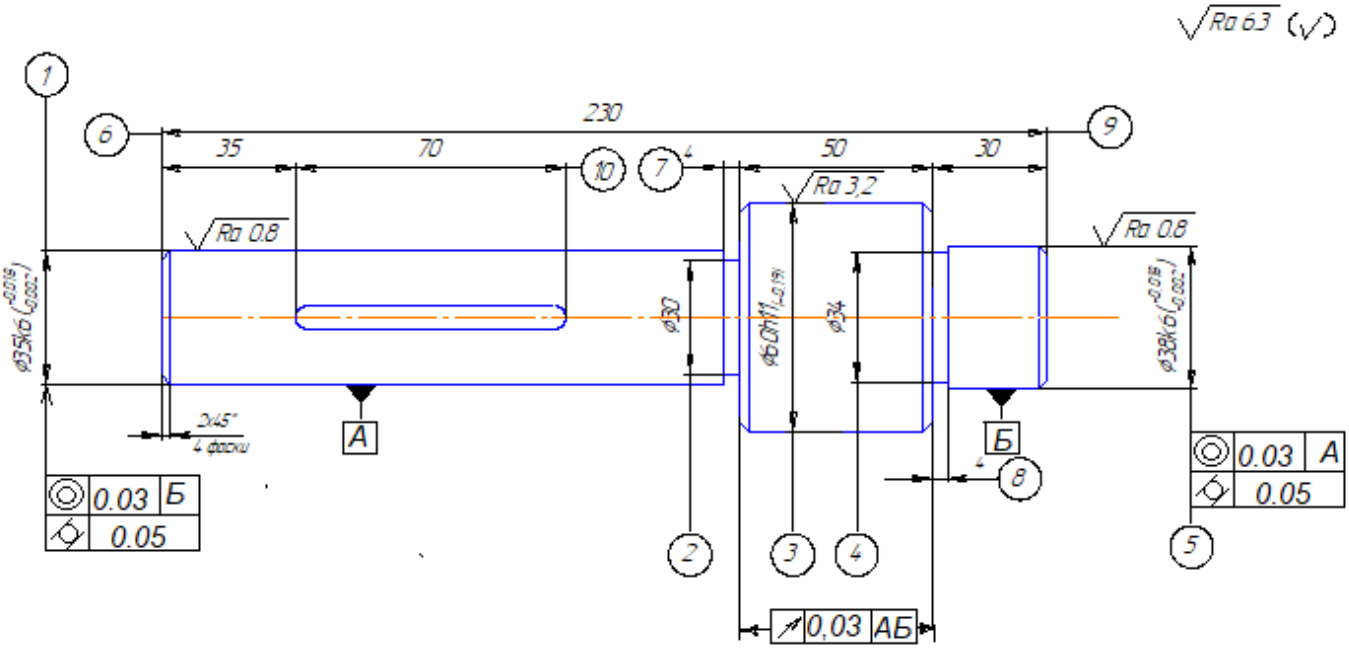


Рис. 1. Эскиз детали с нумерацией обрабатываемых поверхностей

Целью анализа конструкции детали на технологичность является выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Анализ технологичности проводится, как правило, в два этапа: качественный и количественный.

1. *Качественный анализ технологичности детали*

Конфигурация детали достаточно технологична для обработки резанием на токарном станке, все поверхности легкодоступны для инструмента. Диаметральные размеры вала убывают от середины к концам. Жесткость вала допускает получение высокой точности обработки (жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 6 … 9-го квалитетов отношение его длины l к диаметру d свыше 10 … 12).

Определим жёсткость детали:

$$\frac{l}{d} = \frac{309}{42} = 7{,}4 < 10 \ldots 12.$$

На чертеже указаны все необходимые размеры, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, допуски соосности и радиального биения поверхностей, допуски торцевого биения.

Черновой технологической базой является черновая поверхность заготовки, при дальнейшей обработки детали – чистовой технологической базой является ось детали (центровые отверстия).

2. *Количественный анализ технологичности детали*

Для определения основных показателей количественной оценки технологичности детали данные о детали вносим в табл. 1.

Таблица 1

Точность размеров и степень шероховатости поверхностей деталей (рис.1)

Номер пов. детали	Наименование поверхности детали, размеры	$E_{общ}$	$E_{у.}$	T Точность (квалитет)	Ra Шероховатость (мкм)
1	*Диаметры* Наружные цилиндрические поверхности: $\varnothing 35k6\,^{+0.018}_{+0.002}$	1	1	6	0,8
5	$\varnothing 38k6\,^{+0.018}_{+0.002}$	1	1	6	0.8
3	$\varnothing 60\ h11$ (-0,2)	1	1	11	3,2
2,4	Канавки: ∅30, ∅34	2	2	14	6,3
10	*длины* Паз: 70×9*Js*×4	1	1	9	3.2
6, 9	Торцы с центровочными отв.	2	2	14	6,3
7,8	Канавки: ∅30×4, ∅34×4	2	2	14	6.3
11	Остальные поверхности: Фаски 2×45°	4	4	14	6,3
	Итого:	14	14		

Определим коэффициент унификации конструктивных элементов детали.

Любая деталь может быть представлена как совокупность элементов, сгруппированных определённым образом в одно целое. Элементами детали являются фаски, проточки, отверстия, шпоночные канавки, галтели, пазы, лыски, резьба, буртики и т. п. (рис. 1).

Конструктивные элементы детали обеспечивают выполнение деталью ее рабочих функций.

Кроме конструктивных элементов многие детали в своем составе имеют технологические элементы. Они могут выполнять роль опор детали при обработке (центровые отверстия), обеспечивать удобство сборки деталей (фаски, проточки), создавать возможность свободного выхода инструмента, например, при нарезании резьбы, зубьев зубчатого колеса.

К унифицированным поверхностям относятся стандартные канавки, фаски, центровочные гнезда, зубчатые, шлицевые, шпоночные поверхности; гладкие цилиндрические и плоские поверхности, если их номинальный размер принадлежит одному из рядов номинальных линейных размеров и допуск размера назначен по квалитетам. Базовое значение показателя $К_у = 0{,}6$.

1. Коэффициент унификации конструктивных элементов:

$$к_{уэ} = \frac{E_у}{E_{общ}},$$

где – $E_{общ}$ – число конструктивных элементов; $E_у$ – число унифицированных типоразмеров элементов.

$$к_{уэ} = \frac{14}{14} = 1.$$

Коэффициент унификации высокий, значит деталь является унифицированной.

2. Коэффициент использования материала ($К_{им}$)

$$К_{им} = \frac{М_{дет}}{М_{заг}},$$

где $М_{дет}$ – масса детали, кг, $М_{заг}$ – масса заготовки, кг.

Например, определим $К_{им}$ для исходной заготовки из проката.

Выберем диаметр заготовки по наибольшему диаметру детали D с учетом ее длины L [1 с. 584]. Определим массу заготовки с учетом выбранных размеров

Для детали с $D_{max} = 60$ мм, $L = 230$ мм принимаем прокат с номинальным диаметром $D_{заг} = 65$ мм, длину выбираем с учетом припуска на подрезание торцов $L_{заг} = 2400$ мм.

Определим массу выбранной заготовки

$$М_{заг} = V \cdot ρ,$$

где V – объем заготовки, см^3, $\cdot ρ = 7{,}8$ г/см^3 – плотность материала.

$$М_{заг} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot ρ = \frac{\pi}{4} \cdot 6{,}5^2 \cdot 24 \cdot 7{,}8 = 6211 \text{ г}.$$

Масса детали:

$$М_{дет} = \left(\sum_1^n \frac{\pi}{4} D_i^2 \cdot l_i\right) \cdot \rho,$$

где i – количество ступеней вала (рис. 1, i = 3), D_i – диаметр i - той ступени, l_i – длина i -той ступени.

$$М_{дет} = \frac{\pi}{4}\left(3{,}5^2 \cdot 18 + 6^2 \cdot 5\right) \cdot 7{,}8 = 2452{,}3 \text{ г}.$$

$$К_{им} = \frac{2452{,}3}{6211} = 0{,}4$$

В нашем случае, неплохой показатель (для единичного типа производства), но в современном машиностроении этот показатель нужно стремиться доводить как можно ближе к 1.

3. Коэффициент точности обработки $К_т$.

Расчетная формула коэффициента точности $К_т$ имеет вид

$$K_т = 1 - \frac{1}{T_{ср}}.$$

$$T_{ср} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

где T_i – квалитет точности обрабатываемых поверхностей; $T_{ср}$ – среднее значение этого параметра; n_i – число размеров или поверхностей для каждого квалитета.

$$T_{ср} = \frac{2 \cdot 6 + 1 \cdot 9 + 1 \cdot 11 + 10 \cdot 14}{14} = 12{,}3.$$

Подставив эти данные в вышестоящие формулы, получим коэффициент точности $К_т$.

$$К_т = 1 - \frac{1}{12{,}3} = 0{,}9$$

ВЫВОД: коэффициент точности удовлетворяет нормативному, т. к. $К_т = 0{,}9 > 0{,}85$ ($К_{т.\ норм.} \geq 0{,}85$).

4. Коэффициент шероховатости поверхностей $К_ш$

Коэффициент шероховатости $К_ш$ определяется по ГОСТ 14202 – 73 и принимается в пределах от 0 до 1.

При этом

$$Ra_{ср} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

$$Ra_{ср} = \frac{n_1 \cdot 0{,}8 + n_2 \cdot 3{,}2 + 10 \cdot 6{,}3 + \cdots + n_i \cdot 12{,}5}{Е_{общ}},$$

где $Ra_{ср}$ – средняя шероховатость поверхности детали, мкм; n_1, n_2, . . .n_i –количество поверхностей с данной шероховатостью, шт;

Подставив эти данные в вышестоящие формулы, получим коэффициент шероховатости $К_ш = 0{,}2$.

$$Ra_{ср} = \frac{2 \cdot 0{,}8 + 2 \cdot 3{,}2 + 10 \cdot 6{,}3}{14} = 5{,}1.$$

$$К_ш = \frac{1}{5{,}1} = 0{,}2$$

ВЫВОД: коэффициент точности удовлетворяет нормативному ($К_{ш.\ норм.} \leq 0{,}27$), т. к. $К_ш > К_{ш.\ норм.}$.

Общий вывод: Конструкция детали, по всем показателям технологична. **Рекомендации** по улучшению технологичности конструкции детали: $К_{им}$ желательно увеличить за счет выбора другого вида заготовки.

Задание: по чертежу детали дать качественный и количественный анализ технологичности детали. Привести расчеты количественных показателей технологичности.

Отчет по работе должен содержать:

1. Чертеж (эскиз) детали;
2. Развернутый качественный анализ технологичности конструкции детали;
3. Определение показателей количественного анализа технологичности детали;
4. Общий вывод по технологичности детали и рекомендации по улучшению технологичности конструкции детали.

РАБОТА № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ $К_{ЗО}$

Краткая теория

Тип производства – совокупность его организованных, технических и экономических особенностей.

Тип производства определяется следующими факторами:

- номенклатурой выпускаемых изделий;
- объемом выпуска;
- степенью постоянства номенклатуры выпускаемых изделий;
- характером загрузки рабочих мест.

В зависимости от уровня концентрации и специализации различают три типа производств:

- единичное;
- серийное;
- массовое.

По типам производства классифицируются предприятия, участки и отдельные рабочие места.

Тип производства предприятия определяется типом производства ведущего цеха, а тип производства цеха – характеристикой участка, где выполняются наиболее ответственные операции и сосредоточена основная часть производственных фондов.

Отнесение завода к тому или иному типу производства носит условный характер, поскольку на предприятии и даже в отдельных цехах может иметь место сочетание различных типов производства.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготовляемых изделий, малым объемом их выпуска, выполнением на каждом рабочем месте весьма разнообразных операций.

В *серийном производстве* изготовляется относительно ограниченная номенклатура изделий (партиями). За одним рабочим местом, как правило, закреплены несколько операций.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготовляемых в течение продолжительного времени на узкоспециализированных рабочих местах.

Тип производства оказывает решающее значение на особенности организации производства, его экономические показатели, структуру себестоимости (в единичном высока доля живого труда, а в массовом – затраты на ремонтно-эксплуатационные нужды и содержание оборудования), разный уровень оснащенности. Сравнение по факторам типов производств приведено в таблице 2.1.

Тип производства определяется согласно ГОСТ 3.1108-74 и характеризуется коэффициентом закрепления операции за одним рабочим местом или единицей оборудования:

$$К_{з.о.} = \frac{N}{P_m},$$

где N – число различных операций, выполняемых в течение календарного времени; P_m – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Таблица 2.1

Характеристики типов производств

п/п	Факторы	Тип производства		
		единичное	серийное	массовое
1	Номенклатура изготавливаемых изделий	Большая	Ограниченная	Малая
2	Постоянство номенклатуры	Отсутствует	Имеется	Имеется
3	Объем выпуска	Малый	Средний	Большой
4	Закрепление операций за рабочими местами	Отсутствует	Частичное	Полное
5	Применяемое оборудование	Универсальное	Универсальное + специальное (частично)	В основном специальное
6	Применяемые инструмент и оснастка	Универсальные	Универсальные + специальные	В основном специальные
7	Квалификация рабочих	Высокая	Средняя	В основном низкая
8	Себестоимость продукции	Высокая	Средняя	Низкая
9	Производственная специализация цехов и участков	Технологическая	Смешанная	Предметная

Исходные данные:

1. Чертеж детали.
2. Годовая программа выпуска деталей – N, шт.

Порядок выполнения работы

1. Определить среднюю трудоемкость операций

$$T_{ср} = \frac{\sum_{1}^{n} T_{штi}}{n_{оп}},$$

где $T_{штi} = \varphi_k \cdot \sum T_{oi}$ – время на выполнение одной операции; φ_k – коэффициент; T_{oi} – основное технологическое время для каждой поверхности детали, определяемое по приближенным формулам (табл. 2.2); $n_{оп}$ – количество операций (определяется по количеству разного вида станков).

2. Определить действительный годовой фонд рабочего времени $F_д$, час, при 254 рабочих днях в году, с учетом c – количество смен в сутки.

3. Определить расчетное значение станков для каждой операции

$$m = \frac{N \cdot t_{шт}\left(t_{шт.-к}\right)}{60 \cdot F_{д} \cdot \eta_{з.н.}},$$

где N – годовой объем выпуска деталей, шт.; $t_{шт.}$ ($t_{шт.\text{ - }к.}$) – штучное или штучно-калькуляционное время, мин; $F_{д}$ – действительный годовой фонд времени, ч; $\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования (для расчетов в проекте принимается $\eta_{з.н.} = 0{,}75 \ldots 0{,}85$).

4. Для каждой операции определяем фактический коэффициент загрузки

$$\eta_{зф} = \frac{m_{р}}{P},$$

где P – принятое значение рабочих мест.

5. Определяем количество операций, выполняемых на рабочем месте

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}.$$

6. Определяем коэффициент закрепления операции

$$К_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}.$$

По $K_{з.о}$ определяется тип производства:

$K_{з.0}$~ 1 … 2 – массовое;

$K_{з.о}$~ 2 … 10 – крупносерийное;

$K_{з.о}$ ~ 10 … 20 – среднесерийное;

$K_{з.о}$ > 20 – мелкосерийное.

Определить количество деталей в партии (количество деталей, одновременно запускаемых в производство)

$$n = \frac{Na}{254},$$

где N – годовая программа выпуска деталей; a – периодичность запуска в днях (рекомендуется следующая периодичность запуска изделий: 3, 6, 12, 24 дней).

Таблица 2.2

Приближенные формулы для определения основного технологического времени $T_{о} \cdot 10^{-3}$, мин.

Обработка тел вращения	
Черновая обточка за один проход	0,17dl
Чистовая обточка по 11-му квалитету	0,1dl
Точение черновое	0,075DL
Точение чистовое	0,175DL
Чистовое точение на токарно-копировальном станке	0,19DL
Чистовая обточка по 9-му квалитету	0,17dl
Черновая подрезка торца *Ra* 6,3	0,037($D^2 - d^2$)
Чистовая подрезка торца *Ra* 1,6	0,052($D^2 - d^2$)
Черновое подрезание торца круга	0,0224D^2

Продолжение табл. 2.2	
Черновое подрезание торца кольца	$0{,}0224(D^2 - d^2)$
Чистовое подрезание торца кольца	$0{,}011(D^2 - d^2)$
Разрезание ножовочной пилой	$87{,}7D$
Разрезание дисковой пилой	$11D$
Отрезание резцом	$0{,}393D^2$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$0{,}63(D^2 - d^2)$
Шлифование грубое по 11-му квалитету	$0{,}07dl$
Шлифование на круглошлифовальном станке предварительное	$0{,}12DL$
Шлифование чистое по 9-му квалитету	$0{,}1dl$
Шлифование на круглошлифовальном станке чистовое	$0{,}184DL$
Шлифование чистовое по 6-му квалитету	$0{,}15dl$
Шлифование на круглошлифовальном станке тонкое	$0{,}327DL$
Шлифование на бесцентровошлифовальном станке предварительное	$4{,}22L$
Шлифование на бесцентровошлифовальном станке чистовое	$6{,}93L$
Шлифование на круглошлифовальном станке врезанием чистовое	$6{,}8D$
Шлифование на круглошлифовальном станке врезанием тонкое	$7{,}9D$
Обработка отверстий	
Растачивание отверстий на токарном станке	$0{,}18dl$
Растачивание черновое	$0{,}134DL$
Растачивание чистовое	$0{,}18DL$
Тонкое растачивание на алмазно-расточном станке	$0{,}2DL$
Сверление отверстий	$0{,}52dl$
Сверление отверстий диаметром до 20 мм	$0{,}56DL$
Рассверливание d = 20…60	$0{,}31dl$
Рассверливание отверстий диаметром 20 -70 мм	$0{,}423DL$
Зенкерование	$0{,}21dl$
Развертывание черновое	$0{,}436dl$
Развертывание чистое	$0{,}876dl$
Внутреннее шлифование отверстий 9-го квалитета	$1{,}5dl$
Внутреннее шлифование отверстий 7-го квалитета	$1{,}8dl$
Черновое растачивание отверстий за один проход Ra 12,5	$0{,}2dl$
Черновое растачивание под развертку	$0{,}3dl$
Развертывание плавающей разверткой по 9-му квалитету	$0{,}27dl$
Развертывание плавающей разверткой по 7-му квалитету	$0{,}52dl$
(d – диаметр, l – длина обрабатываемой поверхности, D – диаметр обрабатываемого торца, ($D - d$) – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца)	
Обработка плоских поверхностей	
Протягивание отверстий и шпоночных канавок (l – длина протяжки, мм)	$0{,}4l$
Протягивание чистовое	$0{,}5L$
Протягивание наружных плоских поверхностей	$0{,}5L$
Шлифование предварительное	$0{,}146DL$
Шлифование чистовое	$0{,}583DL$

Окончание табл. 2.2

Хонингование тонкое (h – припуск, мм)	12lh
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	0,034Bl
Строгание или долбление черновое	0,0434BL
Строгание или долбление чистовое	0,0034BL
Фрезерование черновое торцевой фрезой: за проход чистовое	 6l 4l
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	7l
Фрезерование торцевой фрезой черновое	5,9L
Фрезерование торцевой фрезой чистовое	4,82L
Фрезерование торцевой фрезой тонкое	2,86L
Фрезерование паза на горизонтально-фрезерном станке	7L
Фрезерование паза на вертикально-фрезерном станке	7,2L
Шлифование плоскостей торцом круга	2,5l
Шлифование плоское торцом круга предварительное	1,5L
Шлифование плоское торцом круга чистовое	1,3L
Шлифование плоское торцом круга тонкое	1,5L
Обкатка роликом или шариком	0,1DL
Фрезерование зубьев червячной фрезой (D = 30 … 300)	2,2Db
Обработка зубьев червячных колес (D = 100 … 400) (D – диаметр зубчатого колеса, мм; b – длина зуба, мм)	60,3D
Фрезерование шлицевых (зубчатых) валов методом обкатки	9lz
Шлицешлифование (зубошлифование) (l – длина шлицев, мм; z – число шлицев)	4,6lz
Примечание: D, d и L – соответственно наружный, внутренний диаметр и длина обрабатываемых поверхностей; B – ширина обрабатываемой поверхности, мм	
Обработка винтовых поверхностей	
Нарезание резьбы на валу (d = 32 … 120)	19dl
Нарезание метчиком резьбы в отверстиях (d = 10 … 24)	0,4dl
(d – диаметр резьбы, мм; l – длина резьбы, мм)	
Нарезание резьбы метчиком, плашкой	0,319DL
Накатывание резьбы	3,2D
Нарезание резьбы резцом черновое (1 заход)	0,278DL
Нарезание резьбы резцом чистовое (1 заход)	0,091DL
Шлифование резьбы чистовое (1 заход) (d – диаметр резьбы, мм; l – длина резьбы, мм)	4,6DL

Таблица 2.3

Значение коэффициента φ_k

Виды станков	Производство	
	единичное и мелкосерийное	крупносерийное
Токарно-револьверные	1,98	1,27
Токарно-многорезцовые	–	1,35
Вертикально-сверлильные	1,72	1,50
Радиально-сверлильные	1,75	1,30
Расточные	3,25	1,41
Круглошлифовальные	2,10	–
Строгальные	1,73	1,55
Фрезерные	1,84	–
Зуборезные	1,66	1,51
Токарные	2,14	1,27
Примечание: штучно-калькуляционное время – $T_{\text{шк}} = \varphi_k \cdot T_{\text{о}}$		

7. Полученный результат сверяем с табл. 2.4 и 2.5

Таблица 2.4

Выбор типа производства по годовому выпуску и массе деталей

Тип производства	Количество обрабатываемых деталей в год		
	Крупных, 50 кг более	Средних, 8…10 кг	Мелких, до 8 кг
Единичное	до 5	до 10	до 100
Серийное	5 … 1000	10 … 5000	100 … 5000
Массовое	Св.1000	Св.5000	Св.50000

Таблица 2.5

Выбор серийности производства

Серийность производства	Количество изделий в партии		
	Крупных, 50 кг и более	Средних, 8 … 50 кг	Мелких, до 5 кг
Мелкосерийное	5 … 10	5 … 25	10 … 50
Среднесерийное	11 … 50	26 … 200	51 … 500
Крупносерийное	Св. 50	Св. 200	Св. 500

Для предварительного расчета коэффициента закрепления операций могут быть использованы нормы времени $t_{\text{шт.}}$ или $t_{\text{шт.-к.}}$, взятые из базового техпроцесса или рассчитаны по приближенным формулам (табл. 2.2).

Пример расчета для детали рис. 2 приведен в табл.10.

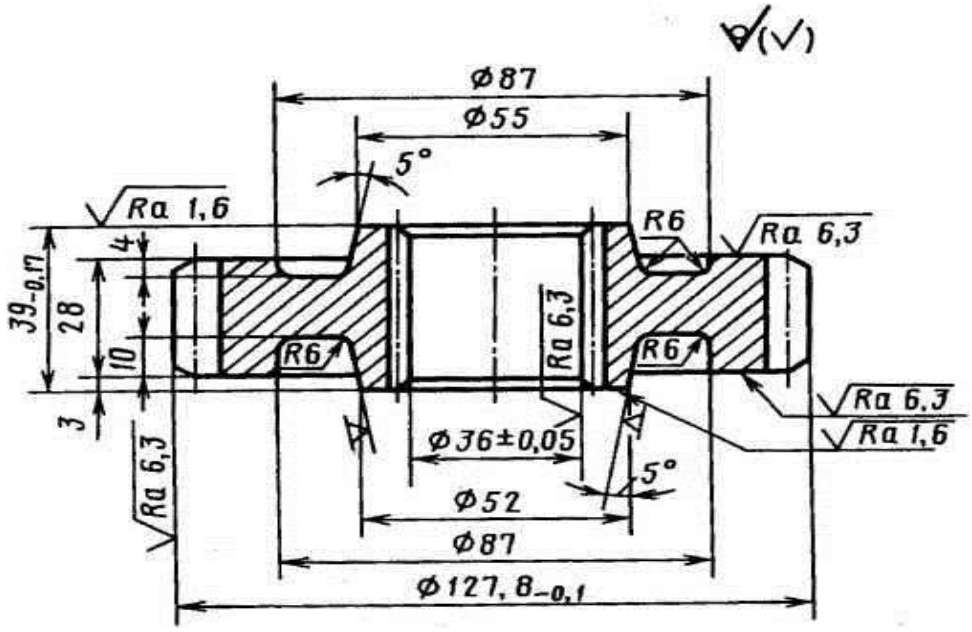


Рис. 2. Чертеж шестерни

Таблица 10

Пример расчета $T_{шт.к}$ (см. рис. 2)

Переход	Расчет $T_o \cdot 10^{-3}$	Значение коэффициента φ_k
Подрезать торец начерно Ø55	$0{,}037(D^2 - d^2) = 0{,}037 \cdot (55^2\text{-}36^2) = = 64 \cdot 10^{-3}$	2,14
Подрезать торец начисто Ø55	$0{,}052(D^2 - d^2) = 0{,}052(55^2 – 36^2) = = 89{,}9 \cdot 10^{-3}$	
Подрезать торец начерно Ø52	$0{,}037 \cdot (52^2\text{-}36^2) = 64 \cdot 10^{-3}$	
Подрезать торец начисто Ø52	$0{,}052 \cdot (52^2 – 36^2) = 89{,}9 \cdot 10^{-3}$	
Подрезать 2 торца Ø127,8	$2 \cdot 0{,}037 \cdot (127{,}8^2\text{-}55^2) = 984{,}8 \cdot 10^{-3}$	
Расточить Ø 36 начерно	$0{,}134\, Dl = 0{,}134 \cdot 36 \cdot 39 = 188{,}1 \cdot 10^{-3}$	
Расточить Ø 36 начисто	$0{,}18 Dl = 0{,}18 \cdot 36 \cdot 39 = 253 \cdot 10^{-3}$	
Токарная операция	$\sum T_{o.1} = 1733{,}7 \cdot 10^{-3}$	$T_{шт1} = \sum T_{o.1} \cdot \varphi_{k1} = 3710{,}1 \cdot 10^{-3}$
Рассверлить отв. Ø 36	$0{,}31 Dl = 0{,}31 \cdot 36 \cdot 39 = 435{,}2 \cdot 10^{-3}$	1,72
Сверлильная (2)	$\sum T_{o.2} = 435{,}2 \cdot 10^{-3}$	$T_{шт2} = \sum T_{o.2} \cdot \varphi_{k2} = 30{,}1 \cdot 1{,}72 \cdot 10^{-3} = = 748{,}6 \cdot 10^{-3}$
Протянуть шлицевое отверстие Ø36	$0{,}4 \cdot l = 0{,}4 \cdot 480 = 192 \cdot 10^{-3}$	1,73
Протяжная операция (3)	$\sum T_{o.3} = 192 \cdot 10^{-3}$	$T_{шт3} = \sum T_{o.3} \cdot \varphi_{k3} = 192 \cdot 1{,}73 \cdot 10^{-3} = = 332{,}2 \cdot 10^{-3}$
Фрезеровать зубья	$2{,}2 Db = 2{,}2 \cdot 128 \cdot 28 = 7884{,}4 \cdot 10^{-3}$	1,66
Зубофрезерная операция (4)	$\sum T_{o.4} = 7884{,}4 \cdot 10^{-3}$	$T_{шт4} = \sum T_{o.4} \cdot \varphi_k = 7884{,}4 \cdot 1{,}66\ 10^{-3} = = 13088{,}1 \cdot 10^{-3}$
Шлифовать зубчатый венец	$4{,}6 lz = 4{,}6 \cdot 28 \cdot 64 = 8243 \cdot 10^{-3}$	2,10
Шлифовальная операция (5)	$\sum T_{o.5} = 8243 \cdot 10^{-3}$	$T_{шт5} = \sum T_{o.5} \cdot \varphi_{k5} = = 8243 \cdot 2{,}10 \cdot 10^{-3} = 17310 \cdot 10^{-3}$

Примечание: при расчете приближенного основного технологического времени мелкие элементы детали (фаски, галтели, канавки и т.п.) не учитываются.

Штучно–калькуляционное время

$T_{\text{шт.– к.}} = \sum T_{\text{о.1}} \cdot \varphi_{k1} + \sum T_{\text{о.2}} \cdot \varphi_{k2} + \sum T_{\text{о3}} \cdot \varphi_{k3} + \sum T_{\text{о.4}} \cdot \varphi_{k4} + \sum T_{\text{о.5}} \cdot \varphi_{k5} =$

$= (3710{,}5 + 748{,}6 + 332{,}2 + 13088{,}1 + 17310)\ 10^{-3} = 35{,}2$ мин.

Тип производства решающим образом влияет на эффективность использования ресурсов предприятия. Для предварительного определения типа производства можно использовать годовой объем выпуска и массу детали по табл. 12.

Таблица 12

Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единич.	мелкосер.	среднесер.	крупносер.	массовое
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100 000	75 000-200 000	200 000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50 000	50 000-100 000	100 000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35 000	35 000-75 000	75 000
5,0-10	< 10	10-300	300-25 000	25 000-50 000	50 000
> 10	< 10	10-200	200-10 000	10 000-25 000	25 000

Для расчета коэффициента закрепления операций составляется таблица (табл. 2). В первую графу записываются все операции базового техпроцесса, во вторую – нормы времени $t_{\text{шт.}}$ или $t_{\text{шт. – к.}}$.

Определяется и записывается в третью графу таблицы 11 расчетное количество станков $m_{\text{р}}$ для каждой операции:

$$m = \frac{N \cdot t_{\text{шт}} \left(t_{\text{шт.–к}}\right)}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}, \qquad (5)$$

где N – годовой объем выпуска деталей 2000 шт.; $t_{\text{шт.}}$ ($t_{\text{шт. - к.}}$) – штучное или штучно-калькуляционное время, мин; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени, 254 рабочих дня, в 2 смены по 8 часов –254×16=4064 ч; $\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования (для расчетов в проекте принимается $\eta_{\text{з.н.}}$ = 0,75 ... 0,85).

Принятое число рабочих мест Р (четвертая графа) устанавливают округлением значений $m_{\text{р}}$ (третья графа) до большего ближайшего целого числа.

Таблица 2

Расчет коэффициента закрепления операций

Операция		$T_{\text{шт. - к.}}$, мин	$m_{\text{р}}$	Р	$\eta_{\text{з. ф.}}$	О
05.	Токарная	3,71	0,038	1	0,038	21,1
10.	Сверлильная	0,7	0,007	1	0,007	114,29
15.	Протяжная	0,3	0,003	1	0,003	266,67
20.	Зубофрезерная	13,1	0,131	1	0,131	6,11
25.	Зубошлифовальная	17,3	0,173	1	0,173	4,62

Далее для каждой операции вычисляют значение фактического коэффициента загрузки

$$\eta_{зф} = \frac{m_р}{Р}. \quad (6)$$

Количество операций (последняя графа), выполняемых на рабочем месте, определяется по формуле:

$$О = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}. \quad (7)$$

Коэффициент закрепления операций рассчитывается по формуле:

$$К_{з.о.} = \frac{\sum О}{\sum Р}. = 412,8/5 = 82,56 \quad (8)$$

$$\sum Р = 5, \ \sum О = 412,,8$$

По ГОСТ 3.1121-84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций $К_{зо}$ (табл. 14).

Таблица 14

Коэффициенты закрепления операций $К_о$

Тип производства	$К_{зо}$
Массовое	1
Серийное: крупносерийное среднесерийное мелкосерийное	 Св. 1 до 10 Св. 10 до 20 Св. 20 до 40
Единичное	Св. 40

Вывод: По $К_{з.о.}$ производство *единичное*

РАБОТА № 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ЗАГОТОВОК И СПОСОБОВ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Оптимальный метод получения заготовки выбирают, анализируя ряд факторов: материал детали, технические требования на ее изготовление, объем и серийность выпуска, форму поверхностей и размеры детали. Метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность и минимальную себестоимость, считается оптимальным.

Оптимизируя выбор метода и способа получения заготовки, можно не только снизить затраты на ее изготовление, но и значительно сократить трудоемкость механической обработки.

В машиностроении для получения заготовок наиболее широко применяют следующие методы:

- литье;
- обработку металлов давлением;
- сварку;
- комбинации этих методов.

Каждый метод содержит большое число способов получения заготовок.

Вид заготовок и способ их изготовления для конкретной детали определяются такими основными показателями, как:

- материал;
- конструктивная форма;
- серийность производства;
- масса заготовки.

Материал является одним из важных признаков, определяющих метод получения заготовок. Наиболее широко используемые материалы объединены в 7 групп. Код группы определяется по табл. 3.1 на основе данных чертежа детали.

Таблица 3.1

Классификация материалов по группам

Вид материала	Код группы
Стали углеродистые	1
Чугуны	2
Литейные сплавы	3
Высоколегированные стали и сплавы	4
Низкоуглеродистые стали	5
Легированные стали	6
Прокатанные материалы	7

Конструктивные формы деталей общего машиностроения делятся на 14 видов. Соответствующий код выбирается на основе сравнения реальной детали с описанием типовых деталей, представленных в табл. 3.2.

Чтобы найти **серийность производства**, необходимо знать массу детали (согласно чертежу) и задаться конкретной программой выпуска. Код серийности определяется по табл. 3.3.

По **массе** заготовки сгруппированы в 8 диапазонов, которые выбираются по табл. 3.4 и 3.5.

Наиболее часто применяемые способы получения заготовок в машиностроении закодированы в интервале от 1 до 11 и представлены в табл. 3.6. Таким образом, определив коды по каждому из четырех факторов, составим перечень возможных видов и способов получения заготовок для данной детали согласно табл. 73.:

1. По коду материала детали находим соответствующие строки таблицы.
2. По коду серийности производства уточняем место строки внутри соответствующего материала.
3. Код конструктивной формы определяет окончательное место строки данных в соответствующем коде серийности.
4. Код массы детали уточняет горизонталь в строке нужного кода формы детали, которая указывает перечень кодов вида заготовок.

Таблица 3.2

Конструктивная форма детали

Основные признаки детали	Код
Валы гладкие круглого или квадратного сечения	1
Валы круглого сечения с одним уступом или фланцем, с буртом или выемкой без центрального отверстия	2
Детали с цилиндрической, конической, криволинейной и комбинированными формами поверхностей без центрального отверстия и с отверстием, длиной $L < 0{,}5D$	3
То же, $0{,}5 < L < 2D$	4
То же, $L > 2D$	5
Детали с цилиндрической, конусной, криволинейными поверхностями, с гладкой или ступенчатой наружной поверхностью со сквозным или глухим гладким или ступенчатым отверстием	6
Детали круглые в плане или близкие к этой форме, имеющие гладкую или ступенчатую наружную цилиндрическую поверхность с одно- или двусторонними уступами и ступицами, с центральным отверстием или без него, длиной $0{,}5D_o < L < 2D_o$	7
Детали сложной пространственной формы	8
Детали с удлиненной, прямолинейной, изогнутой осью и пересекающимися главными осями	9
Корпусные детали, имеющие сочетания призматической, цилиндрической и других форм наружной поверхности с наличием базовых отверстий и установочных плоскостей, с полостью и без нее, имеющие на поверхности ребра, углубления, выступы, бобышки и отверстия	10
Детали с призматической, цилиндрической или с сочетанием криволинейной или призматической форм наружных поверхностей с привалочной поверхностью в виде прямоугольных, круглых фланцев, имеющие ребра, углубления, выступы	11

Окончание табл. 3.2

Коробчатые разъемные корпусы с установочной поверхностью 11 и перпендикулярность относительно плоскости разъема, имеющие одну и более базовых поверхностей, а также ребра, углубления, выступы	12
Детали простой конфигурации, ограниченные гладкими и ступенчатыми, плоскими, цилиндрическими и комбинированными поверхностями с наличием ребер, буртов, бобышек, фланцев и отверстий	13
Тонкостенные полые детали с цилиндрической, конической и комбинированными формами наружной поверхности и детали типа дисков и крышек	14

Таблица 3.3

Определение серийности производства заготовок

Вид заготовки	Программа выпуска при массе детали, кг			Код серийности
	10	100	1000	
Штамповка, поковка	500	250	60	1
	1000	400	300	2
	2500	1000	600	3
	3500	1000	600	4
Прокат	500	250	60	1
	1000	400	300	2
	3500	1000	600	3,4
Отливка	2000	600	300	1
	12000	4000	1500	2
	30000	8000	7000	3,4

Таблица 3.4

Диапазоны отливок, поковок и штамповок по массе

Масса, кг	Номер диапазона	Масса, кг	Номер диапазона
До 0,63	1	10,0-63	5
0,63-1,6	2	63-100	6
1,6-4,0	3	100-400	7
4,0-10,0	4	Свыше 400	8

Таблица 3.5

Диапазоны диаметров проката

Диаметр, мм	Номер диапазона	Диаметр, мм	Номер диапазона
До 5	1	100-140	5
5-30	2	140-210	6
30-50	3	210-250	7
50-100	4	Свыше 250	8

Таблица 3.6

Виды заготовок и способы их изготовления

Способ производства заготовок	Код	Коэффициент, $К_в$
Литье в песчано-глинистые формы	1	0,7
Центробежное литье	2	0,85
Литье под давлением	3	0,91
Литье в кокиль	4	0,8
Литье в оболочковые формы	5	0,9
Литье по выплавляемым моделям	6	0,91
Штамповка на молотах и прессах	7	0,8
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах	8	0,85
Свободная ковка	9	0,6
Прокат	10	0,4
Сварные заготовки	11	0,95

Коды вида заготовок с указанием конкретных способов изготовления расшифровываются согласно табл. 3.6. Это рекомендательная операция для данной детали на первом этапе решения поставленной задачи.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ

Проводимые на первом этапе поисковые исследования позволяют определить рекомендуемые способы получения заготовок для деталей. Окончательное решение о выборе конкретного способа из полученного перечня (результаты первого этапа) принимается после определения и сравнения себестоимости получения заготовки для каждого из рекомендуемых видов. Сравнение способов производства заготовок по их себестоимости позволяет выбрать оптимальный метод и способ.

Себестоимость производства заготовок, без учета затрат на предварительную механическую обработку, для способов литья и обработки давлением определяется по зависимости [1-3]:

$$С_{заг} = \left[\frac{С+К_{т.о}}{1000} М_{заг} К_т К_с - \left(М_{заг} - М_д\right)\frac{S_{отх}}{1000}\right] \cdot К_ф, \quad (1)$$

где С - базовая стоимость 1 т заготовок, руб./т [4]

$К_{т.о}$ - коэффициент доплаты за термическую обработку и очистку заготовок, руб./т (табл. 3.8);

$М_{заг}$ - масса заготовки, кг;

$К_т$ - коэффициент, учитывающий точностные характеристики заготовок (табл. 3.9);

$К_с$ - коэффициент, учитывающий серийность выпуска заготовок (табл. 3.10 -3.12);

$М_д$ - масса детали, кг (см. чертеж детали);

$S_{отх}$ - стоимость 1 т отходов (стружки), руб.;

$К_ф$ - масштабно-ценовой коэффициент, учитывающий изменение цен по отношению к ценам 1991г. [1].

Таблица 3.7

Выбор возможных видов и способов изготовления заготовок

Код признака				
Материал	Серийность	Конструктивная форма	Масса детали	Вид заготовки (способ изготовления)
1...3	1		1.6	1
	2…4	1	1.6 7 8	1, 4.6 1, 4, 5 1, 4, 5
		2	1.6 7 8	1, 4.6 1, 4, 5 1, 4
		3, 4	1.6 7 8	1, 2, 4.6 1, 4, 5 1, 2, 4
		5	1.6 7 8	1.6 1, 2, 4, 5 1, 2, 4
		6	1.6 7 8	1, 2, 4.6 1, 2, 4, 5 1 2 4
		7	1.6 7 8	1.6 1 2 4 1, 4.6
		8, 9	1.6 7 8	1, 4.6 1, 4, 5 1, 4
		10	1.6 7 8	1, 3.6 1, 4, 5 1, 4
		11, 12	1.6 7 8	1, 3.6, 11 1, 4, 5, 11 1, 4, 11
		13	1.6 7 8	1.6 1, 2, 4, 5 1, 2, 4
		14	1.6 7 8	1, 2, 11
4...7	1	1.7 8 9 10.12 13, 14	1.8	9, 10 9 9, 10 11 9, 11
4…7	2…4	1 2.7 8 9 10.12 13, 14	1.8	9, 10 7.10 7, 9 7.9 11 7, 11

Таблица 3.8

Доплаты за термообработку и очистку заготовок

Вид термообработки	$К_{то}$, руб./т
Отжиг	15
Нормализация	25
Очистка от окалины	8

Таблица 3.9

Коэффициент $К_т$, учитывающий класс точности размеров отливок и горячих штамповок

Способы литья		$К_т$
В песчано-глинистые формы (ПГФ), в оболочковые формы		1,165
В кокиль, центробежное литье		1,27
По выплавляемым моделям		1,67
Коэффициент $К_т$ к оптовой цене за 1 т горячих штамповок		
Класс точности штамповки	$К_т$	
	Из углеродистой и легированной стали	Из высоколегированной стали
Т1	По согласованию с заказчиком	По согласованию с заказчиком
Т2	То же	То же
Т3	1,15	1,10
Т4	1,08	1,06
Т5	1	1

Таблица 3.10

Коэффициент Кс, учитывающий серийность выпуска заготовок-поковок массой 2,5-10 кг

Число поковок в годовом заказе, шт	$К_с$
125 и менее	1,5
126-250	1,25
251-500	1,1
Свыше 501	1

Цены заготовок определяются по прейскуранту №25-01 [4], введенному в действие с 01.01.1991г с учетом коэффициента, учитывающего уровень изменения цен в условиях рыночной экономики. Оплата заготовок *дифференцирована* по маркам материала, массе, сложности, серийности годового заказа, механическим свойствам, точностным и качественным характеристикам, регламентируемым нормативно-технической документацией. При определении оптовой цены

Таблица 3.11

Коэффициент $К_с$, учитывающий серийность выпуска штамповок

Группа серийности	Число горячих штамповок в годовом заказе при массе одной штамповки, кг				$К_с$
	1,6 - 2,5	2,5 - 4,0	4,0 - 10	10 - 25	
5	700 и менее	650 и менее	500 и менее	400 и менее	По договорам с покупателем
4	701-1400	651-1250	501-1000	401-750	1,3
3	1401-4500	1251-4000	1001-3500	751-3000	1,15
2	4501-120000	4001-100000	3501-75000	3001-50000	1,0
1	Свыше 120000	Свыше 100000	Свыше 75000	Свыше 50000	0,9

Таблица 3.12

Коэффициент $К_с$, учитывающий серийность выпуска отливок

Размер партии, шт	$К_с$	Размер партии, шт	$К_с$
Менее 200	1,23	12001-20000	1,03
201-1000	1,15	20001-75000	1,0
1001-4000	1,1	75001-200000	0,97
4001-12000	1,06		

учитывается расчетная масса заготовки, устанавливаемая по ее чертежу на основе CAD-модели или определяемая упрощенно через отраслевой коэффициент весовой точности.

Масса заготовки

$$М_{заг} = \frac{М_д}{К_{в.т}}, \quad (2)$$

где $К_{в.т}$ – коэффициент весовой точности (см. табл. 3.6).

Оптовые цены установлены за 1т заготовок конкретной массы, указанной в таблицах цен. Если масса заготовки $М_х$ не совпадает с конкретными значениями массы, предусмотренными таблицей цен, то оптовая цена 1т определяется интерполяцией по формуле

$$Ц_х = Ц_1 - \frac{(Ц_1 - Ц_2)\cdot(М_х - М_1)}{М_2 - М_1}, \text{ руб./т}, \quad (3)$$

где $Ц_х$ – *искомая* оптовая цена для заготовки с промежуточным значением массы $М_х$, руб.; $М_1$ - ближайшее значение массы, предусмотренное таблицей цен, меньшее, чем $М_х$, кг; $М_2$ – ближайшее значение массы, предусмотренное таблицей цен, большее, чем $М_х$, кг; $Ц_1$ – оптовая цена для заготовки массой $М_1$, руб.; $Ц_2$ – оптовая цена для заготовки массой $М_2$, руб.

Учитывая большое разнообразие марок материалов, в Прейскуранте выбраны *базовые марки материалов,* на каждую из которых в Приложении приведены оптовые цены.

В качестве **базовых** выбраны следующие марки *литейных* сплавов:

Серый чугун СЧ 20 ГОСТ 1412-85 (таблица П. 1),

Высокопрочный чугун ВЧ 45 ГОСТ 7293-85 (таблица П. 2),

Ковкий чугун КЧ 45-7 ГОСТ 1215-79 (таблица П. 3), Низколегированная сталь 25Л ГОСТ 977-88 (таблица П. 4), Алюминиевый сплав АЛ 4 ГОСТ 1583-89 (таблица П. 5),

Бронза оловянная БрО5Ц5С5 ГОСТ 613-79 (таблица П. 6),

Бронза безоловянная БрА9Ж3Л ГОСТ 493-79 (таблица П. 7),

Латунь ЛЦ16К4 ГОСТ 17711-80 (таблица П.8),

Цинковый сплав ЦА4М1 ГОСТ 25140-82 (таблица П.9).

В качестве **базовых** выбраны следующие марки сталей для *горячей ковки и штамповки:*

Конструкционная сталь 35 ГОСТ 1050-88 (таблицы П.10-П.11), Легированная сталь 12Х18Н9Т ГОСТ 5949-75 (таблица П.12).

Оптовые цены на заготовки из других марок материалов определяются умножением оптовой цены заготовок, изготовляемых из базовой марки материала, на коэффициент $К_ц$ расчета оптовых цен (таблицы П13 – П.16), учитывающий конкретную марку материала.

Тогда базовая стоимость 1 т заготовок определится выражением

$$С = Ц_х \cdot К_ц \qquad (4)$$

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Пример 5.2Из стали 45 ГОСТ 1050 – 88 изготавливают вал массой 19,4 кг. (см. рис. 13) в условиях серийного производства (Годовой объем выпуска *N* = 2000шт.)

Требуется:

1.Сконструировать заготовку, получаемую горячей объемной штамповкой.

2.Определить технические требования на заготовку.

3.Определить массу и стоимость заготовки.

4.Определить КИМ.

5.Выполнить эскиз заготовки.

6. Выполнить технико-экономические расчеты по двум вариантам получения заготовки: прокат и штамповка.

Решение:

1. Учитывая форму и массу детали выбираем изготовление поковки в закрытом штампе (см. т.21, рис. 1 – 3,с. 8 – 14 Методического пособия)

2. Определяем конфигурацию поверхности разъема штампа [Методическое пособие, п.4.1.4, с.16] Выбираем П – плоская.

3. Определяем степень точности поковки [Методическое пособие, т.1.1, с.15]. Для уменьшения припусков принимаем более точную поковку Т2 (Т3).

4. Определяем группу стали

Сталь 45 относится к группе М2 – сталь с содержанием углерода 0,45% [Методическое пособие, п.4.1.2, с.15]

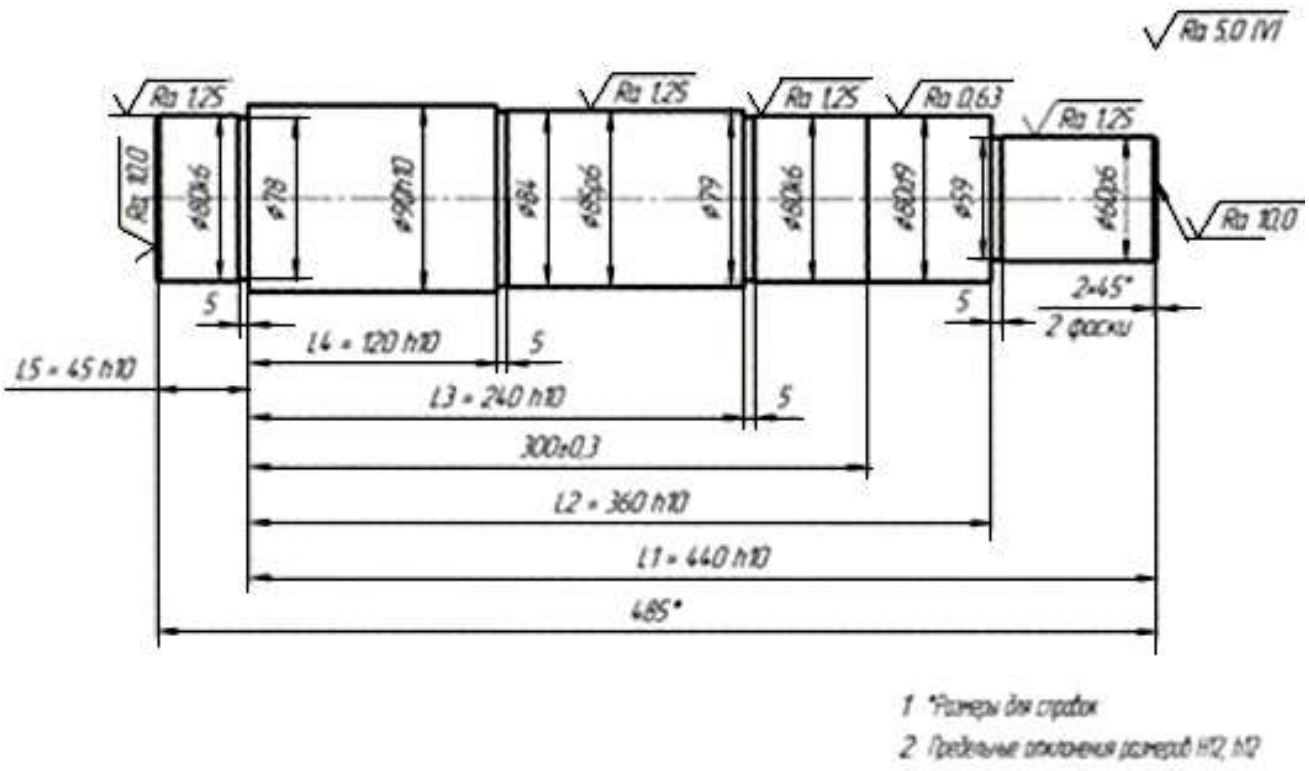


Рисунок 13 – Чертеж вала

5. Определяем степень сложности поковки по формуле:

$$C = \frac{m_{дет}}{m_{ф}},$$

где $m_{дет}$ – масса детали, кг;

$m_{ф}$ – масса цилиндра (фигуры), описанного вокруг детали по максимальным размерам диаметра и длины.

Деталь вал $d_{max} = 90$ мм ; $L_{max} = 485$мм

$$m_{фиг} = \frac{\pi \times d^2_{max}}{4} \times L_{max} \times \frac{\gamma}{1000} (кг),$$

где γ - удельный вес (плотность) материала заготовки, г/см^3. (Для углеродистых сталей γ = 7,85 г/см^3 , для легированных - γ = 7,83 г/см^3 .)

$$m_{фиг} = \frac{3,14 \times 9^2}{4} \times 48,5 \times \frac{7,85}{1000} = 24,2 (кг),$$

$$C = \frac{19,4}{24,2} = 0,8$$

Т. к. 0,81 > 0,63 , то степень сложности поковки С1 [Метод. пособие, п.4.1.3, с.15].

6. Для дальнейших расчетов необходимо определить ориентировочную массу поковки по формуле:

$G_п = M_D \times K_р$,

где $G_п$ - расчетная масса поковки, кг;

M_D - масса детали, кг;

K_p - расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с табл. 1.2, с.16.

Для деталей типа валы с прямой осью $К_р$.=1,3 – 1,6.

Выбираем 1,5

$G_п = 19,4 \times 1,5 = 29,1$кг.

7. Определяем исходный индекс поковки [Метод. пособие, т.1.4, с.18 или п.4.2, с.17]

$m = 29,1$кг, М2, С1, Т2 Исходный индекс поковки 11.

8. Для дальнейшей работы оформим таблицу 6.1, в которую будем заносить все полученные значения припусков, допусков и размеров штамповки.

9. Определяем припуски [Метод. пособие, т.1.5, с.20] .

Полученные значения записываются в столбик 3 таблицы 6.1.

Таблица 6.1

Параметры расчета размеров заготовки

Диаметр детали, мм	Шерохов. поверхн., Ra, мкм	Припуск на сторону, мм	Дополнит припуски, мм	Дополнит припуски, мм	Общий припуск (на сторону), мм	Общий припуск (на диаметр), мм	Размеры Поковки (округленные), мм	Допуск на размер, мм	Предельные отклонения, мм
Ø80	1,25	1,8	0,3	0,5	2,6	5,2	Ø80 +5,2 ≈ Ø85	2,2	+1,4 -0,8
Ø90	1,25	1,8	0,3	0,5	2,6	5,2	Ø90 +5,2 ≈ Ø95	2,2	+1,40,8
Ø85	1,25	1,8	0,3	0,5	2,6	5,2	Ø85 +5,2 ≈ Ø90	2,2	+1,4 -0,8
Ø80	0,63	1,8	0,3	0,5	2,6	5,2	Ø80 +5,2 ≈ Ø85	2,2	+1,4 -0,8
Ø60	1,25	1,8	0,3	0,5	2,6	5,2	Ø60 +5,2 ≈ Ø65	2,2	+1,4 -0,8
Толщина детали, мм									
	10; 5	1,6	0,3	0,5	2,4	-	45 + 2,4 – 2,8 = 44,6	2,0	+1,3 -0,7
		2,0	0,3	0,5	2,8	5,6	120+2,8+2,8=125,6	2,5	+1,6 -0,9
		2,3	0,3	0,5	3,1	-	240 + 2,8 + 3,1 ≈ 246	2,8	+1,8 -1,0
		2,5	0,3	0,5	3,3	-	360 + 2,8 + 3,3 ≈ 366	3,2	+2,1 -1,1
	10; 5	2,5	0,3	0,5	3,3	-	440 + 2,8 + 3,3 ≈ 446	3,2	+2,1 -1,1
		2,5	0,3	0,5	3,3	-	485 + 2,4 + 3,3 ≈ 491	3,2	+2,1 -1,1

10. В зависимости от точности поковки *Т*, определяем дополнительные припуски, учитывающие:

а) смещение по поверхности разъема штампов [Метод. пособие, т.1.6, с.20] – 0,3 мм;

(данное значение заносим в столбик 4 таблицы 6.1)

б) изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности [Метод. пособие, т.1.7, с.20] – 0,5 мм; (данное значение заносим в столбик 5 таблицы 6.1 и указывается на чертеже заготовки)

11. Определяем общие припуски и размеры поковки и полученные значения заносим в столбики 6, 7, 8 таблицы 6.1.

12. Штамповочный уклон [Метод. пособие, т.1.14, с.23]:

На наружной поверхности – не более 5°, принимается - 5°;

13. Радиус закругления наружных углов [Метод. пособие, т.1.9, с.21] – 4,0 мм (минимальный), принимается 4,0 мм.

14. Допускаемые отклонения размеров поковки определяем по [Метод. пособие, т.1.10, с.22] и полученные значения заносим в столбики 9,10 таблицы 6.1.

15. Неуказанные предельные отклонения размеров ±1,1мм.

16. Допускаемая величина высоты заусенца – 5,0 мм [Метод. пособие, п.4.4.3, с.21]

17. Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа - 0,8 мм [Метод. пособие, т.1.11, с.23]. Данное значение записывается в технических требованиях.

18. Выполнить чертеж заготовки.

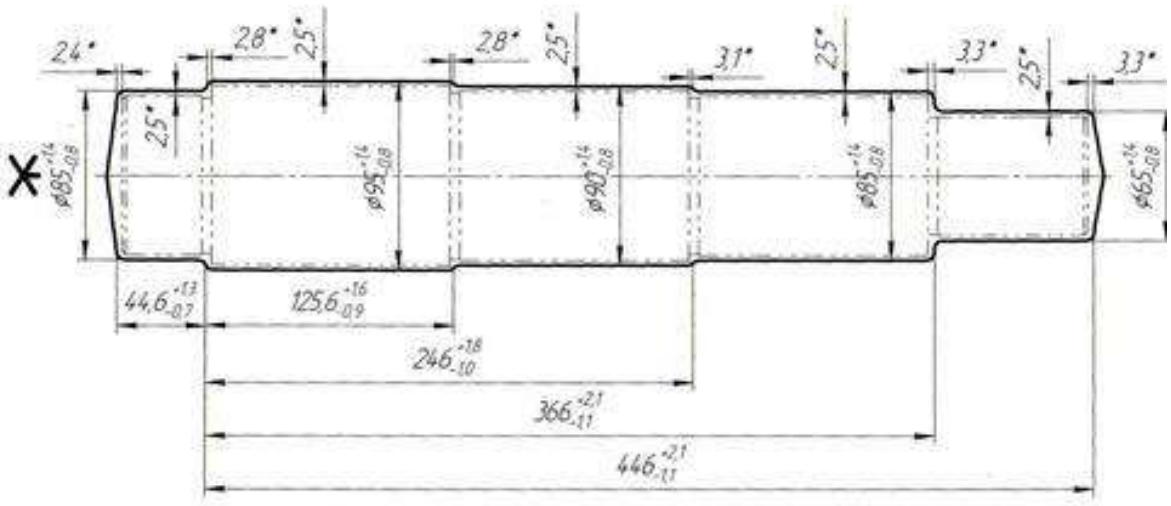


Рисунок 14 – Чертеж штамповки

19. Технические требования на заготовку

1. Группа стали – М2
2. Класс точности штамповки – Т2
3. Степень сложности – С1
4. Исходный индекс – 11
5. * Размеры для справок

6. Радиус закругления внешних углов – 4мм
7. Величина заусенца – не более 5мм
8. Штамповочный уклон - 5°
9. Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа - 0,8 мм
10. Неуказанные предельные отклонения размеров ±1,1мм.
20. Определим массу штамповки, величина которой складывается из:

$$m_{шт.} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5,$$

где $m_{шт.}$ – масса штамповки, кг;

m_1 ,m_2 ,m_3,m_4 – масса отдельных ступеней заготовки, кг.

Масса каждой ступени заготовки определяется по формуле:

$$m_i = \frac{\pi \times D_i^2{}_{\max}}{4} \times L_{i\max} \times \frac{\gamma}{1000} (кг),$$

где $D_{i\ \max}$ – максимальный диаметр ступени штамповки, см;

$L_{i\ \max}$ – максимальная длина ступени штамповки, см;

γ – удельный вес (плотность) материала заготовки, г/см^3. (Для углеродистых сталей γ = 7,85 г/см^3 , для легированных - γ = 7,83 г/см^3).

$$m_1 = \frac{3,14 \times 3,64^2 \times 4,59}{4 \times 1000} \times 7,85 = 2,1кг; \quad m_2 = \frac{3,14 \times 9,64^2 \times 12,72}{4 \times 1000} \times 7,85 = 7,3кг;$$

$$m_3 = \frac{3,14 \times 9,14^2 \times (24,78 - 12,47)}{4 \times 1000} \times 7,85 = 6,2кг; \quad m_4 = \frac{3,14 \times 8,64^2 \times (36,81 - 24,5)}{4 \times 1000} \times 7,85 = 5,1кг;$$

$$m_5 = \frac{3,14 \times 6,64^2 \times (44,81 - 36,49)}{4 \times 1000} \times 7,85 = 2,2кг;$$

$$m_{шт.} = 2,1 + 7,3 + 6,2 + 5,1 + 2,2 = 23кг.$$

21. Коэффициент использования материала ($К_{им}$) определяется по формуле:

$$K_{им} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}},$$

где $m_{дет}$ – масса детали, кг;

$m_{заг}$ – масса заготовки, кг

$$K_{им} = \frac{19,4}{23} = 0,84.$$

22. Определим вес материала на одну деталь с учетом технологических потерь при получении заготовки штамповки (остаточный облой, заусенцы, угар и т.д.), которые равны 10 % от массы заготовки.

$$G = m_{заг} \times \frac{100 + П}{100} (кг),$$

где G – вес материала на одну деталь с учетом технологических потерь, кг;

П – процент технологических потерь.

$$G = 23 \times \frac{100 + 10}{100} = 25,3(кг).$$

23. Определяем коэффициент использования материала (КИМ) с учетом технологических потерь:

$$КИМ = \frac{m_{дет}}{G},$$

$$КИМ = \frac{19,4}{25,3} = 0,77.$$

24. Определяем стоимость штучной заготовки по формуле:

$$C_{заг} = C_{шт} \times G - (G - m_{дет}) \times \frac{C_{отх}}{1000} (руб),$$

где $C_{заг}$ – стоимость штучной заготовки, руб;

$C_м$ – цена 1 кг материала штамповки, руб. (сталь 45 штамповка 1 кг = 29 руб. сталь 40Х = 48 руб.);

$C_{отх}$. – стоимость 1 тонны отходов, руб. ($C_{отх}$. = 1 т. отходов = 3000 руб.)

$$C_{заг} = 29 \times 25,3 - (25,3 - 19,4) \times \frac{3000}{1000} = 734 - 5,9 \times 3 = 734 - 17,7 = 716 (руб)$$

24. Все полученные результаты занесем в таблицу 6.2

Таблица 6.2

Параметры заготовок

Вид заготовки	$m_{дет}$, кг	; $m_{заг}$, кг	: G, кг	$К_{им}$	КИМ	$C_{заг}$, руб.
Прокат	19,4			0,62	0,53	
Штамповка	19,4		25,3	0,84	0,77	

25. Выбор варианта получения заготовки

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного варианта изготовления заготовки, является коэффициент использования материала. Следовательно, для данной детали выбираем способ получения заготовки – горячу объемную штамповку, т.к. КИМ штамповки равен 0,77, а КИМ проката – 0,53, кроме этого заготовка штамповка дешевле заготовки из проката на 62руб.

26. Технико-экономическое обоснование выбранного варианта получения заготовки

26.1 Определим экономический эффект выбранного варианта получения заготовки в денежном выражении на годовую производственную программу выпуска детали по формуле:

$$Э_{руб} = (C_{пр} - C_{шт}) \times N_г (руб),$$

где $Э_{руб}$ – экономический эффект в денежном выражении, руб;

$C_{пр}$ – стоимость заготовки из проката, руб;

$C_{шт}$ – стоимость заготовки штамповки, руб;

$N_г$ – годовая программа выпуска детали, шт.

$$Э_{руб} = (778 - 716) \times 2000 = 124000 (руб).$$

26.2 Определяем годовую экономию материала от выбранного варианта получения заготовки по формуле:

$$Э_м = (G_{пр} - G_{шт}) \times N_г (кг),$$

где $Э_м$ – экономия материала, кг;

$G_{пр}$ – вес материала проката с учетом технологических потерь, кг;

$G_{шт}$ – вес материала штамповки с учетом технологических потерь, кг.

$$Э_{м} = (36 - 25,3) \times 2000 = 21400\ (кг)$$

Вывод. Технико-экономические расчеты показывают, что заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки более экономична как по себестоимости, так и по использованию материала. Учитывая годовую производственную программу выпуска детали ($N_г$ = 2000шт.) заготовка штамповка в сравнении с прокатом дает экономию материала в год 21,4 тонны и 124 тыс. рублей.

Проектирование заготовки из проката

Найдем максимальный диаметр заготовки из проката. На наибольший диаметр примем припуски на черновое точение 6 мм и чистовое точение 2 мм, соответственно.

Припуски на подрезание торцевых поверхностей определяем по [3, с. 54]:

- 1) припуск на черновую обработку - 4 мм;
- 2) припуск на чистовую обработку - 2 мм;
- 3) припуск на шлифовальную обработку - 0,2 мм.

Определяем объем заготовки по наибольшему допускаемому диаметру.

Определяем массу заготовки, выполненной прокатом по формуле 11.

Коэффициент использования материал по формуле (12).

Рис. 3.2 - Эскиз заготовки, полученной методом проката

Анализируя полученные коэффициенты использования материала заготовки двумя методами изготовления, определили, что метод получения заготовки из проката наиболее экономичен. В условиях данного типа производства.

Проанализировав рабочий чертеж можно сделать вывод о том, что данную деталь можно получить из горячекатаного проката диаметром 100 мм. Габаритные размеры заготовки по длине 275,4 мм.

В массовом и крупносерийном производстве валы изготовляют из штучных заготовок, обеспечивающих эффективное использование металла (коэффициент использования металла КИМ = 0,65…0,7) и значительное сокращение трудоемкости механической обработки. Штучную заготовку из прутка заменяют штамповкой, если КИМ повышается не менее чем на 5%.

Определим коэффициент использования материала заготовки по формуле:

$$К_{им} = \frac{m_д}{m_з}$$

где Мд - масса детали;

Мз - масса заготовки.

Заготовку, получаем из горячекатаного прутка поперечным прокатом или ротационным обжатием.

Стоимость заготовок из проката рассчитывается по формуле ,(1)

$$S = M + \sum C_{о.з}$$

где М – затраты на материал заготовки, руб.;

Σ*С*о.з. – технологическая себестоимость правки, калибрования, разрезки, руб. [15, 19].

Затраты на материалы и технологическая себестоимость рассчитывается по формулам (2) и (3) [1, 2, 3, 4]: ,(2)

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{отх}$$

где *Q* – масса заготовки (рассчитывается через объем и плотность материала заготовки; размеры выбираются по соответствующему ГОСТу) [1–4], кг;

S – цена 1 кг материала заготовки, руб.;

q – масса детали, кг;

$S_{отх}$ – цена 1 кг отходов, руб.

В отходы включается не только разность между массой заготовки и детали (стружка), но и остаток прутка, образующийся из-за того, что длина заготовки и длина прутка не кратны. Сталь горячекатаная круглая по ГОСТ 2590–88 поставляется в прутках длиной 2…6 м. , (3)

$$\sum C_{о.з} = \frac{C_{п.з} \cdot t_{шт(шт-к)}}{60}$$

где $C_{п.з.}$ – приведенные затраты на рабочем месте, руб./ч;

$t_{шт.(шт-к)}$ – штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции, мин.

Значения приведенных затрат $C_{п.з}$ на рабочем месте в условиях различных предприятий не одинаковы. Их можно получить при прохождении студентами производственной практики на предприятиях.

Штучное или штучно-калькуляционное время $t_{шт.(шт-к)}$ рассчитывается по формуле [9, 14, 15, 19, 20]: ,(4)

$$t_{шт.(шт.-к)} = \frac{L_{рез} + y}{S_м} \cdot \varphi$$

где $L_{рез}$ – длина резания при разрезании проката на штучные заготовки (может быть принята равной диаметру проката $L_{рез} = D$), мм;

y – величина врезания и перебега (при разрезании дисковой пилой *y* = 3…5 мм) [3, 4];

$S_м$ – минутная подача при разрезании (Sм=50…80 мм/мин);

φ – коэффициент, показывающий долю вспомогательного времени в штучном времени (φ = 1,84 для мелко и среднесерийного производства;

φ = 1,5 для крупносерийного и массового производства.

Данные о серийности производства могут быть взяты из отчета по практике либо рассчитаны самостоятельно в соответствующем разделе курсового

или дипломного проекта).

По данным [6], приведенные затраты за один час работы заготовительного оборудования при правке и резке прутков составляют 2 … 2,5 руб/час в ценах до 01.01.1992 г., для определения переводного коэффициента воспользуемся средней з.п. по стране за разный период $К_ц = 42595/843 = 50$

Средняя з.п. по стране 1987-1992 г. – 843 руб.

Средняя з.п. по стране 2019 г. – 42595 руб.

Библиографический список

1. Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений: Учеб. пособие / Под ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. - М.: ИНФРА-М, 2005.285 с.

2. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Мн.: Выш. школа, 1983. - 256 с.

3. Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. пособие /Под ред. В. М. Плескача.- К.: Выща шк., 1991.-247 с.

4. Прейскурант 25-01. Оптовые цены на отливки, поковки и горячие штамповки. - М.: Прейскурантиздат, 1990. -188с.

РАБОТА № 4

РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

На основе анализа типового технологического процесса составляется маршрутный процесс изготовления детали. При этом дается обоснование выбора черновых и чистовых технологических баз, особое внимание обращается на обеспечение принципов постоянства и совмещения баз. Если эти принципы не выдерживаются, то следует дать обоснование необходимости смены баз

Необходимо обосновано выбрать конкретные модели станков, станочных приспособлений, режущих и измерительных инструментов, исходя из условий точности и производительности.

Пример оформления маршрутного технологического процесса изготовления детали «Ось» (рис.1). Принятый маршрутный процесс оформляется в виде таблицы (табл. 4.) Для обработки ***самой точной поверхности детали*** рассчитывается необходимое количество операций и переходов по коэффициенту уточнения. табл. П2.3].

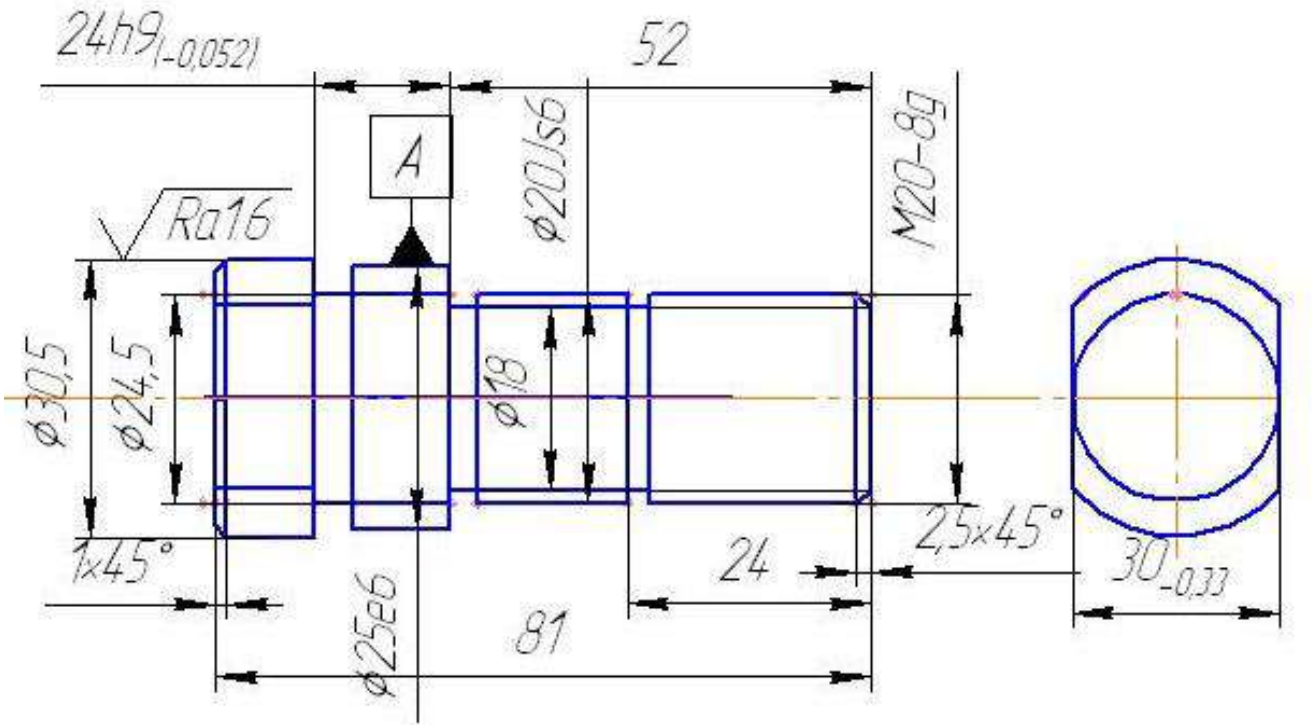
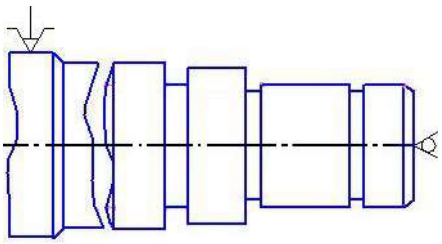
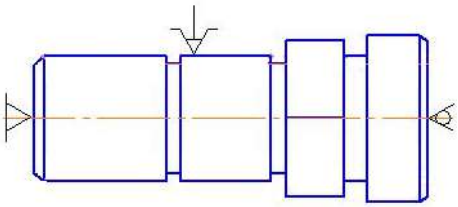
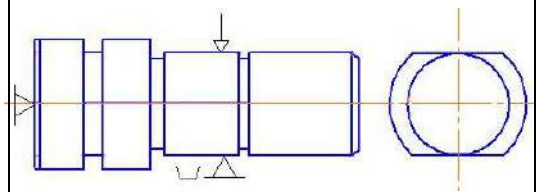
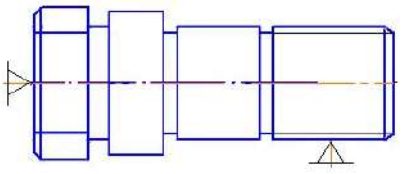


Рис. 1. Чертеж оси

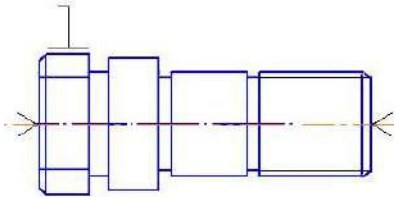
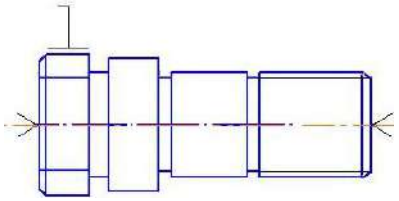
Неуказанные предельные отклонения размеров: валов $h14$, отверстий $H14$, остальных $\pm\frac{IT14}{2}$.

Таблица 4

Маршрут изготовления оси (см. рис. 1)

Операция	Наименование, содержание операции	Схема базирования	Станок, оборудование, оснастка
005	Токарная		
	Подрезать и центровать торец, точить шейку под накатывание резьбы М20-8g, точить шейки $Ø20js6\left(^{+0,065}_{-0,065}\right)$ и $Ø25e8\left(^{-0,040}_{-0,073}\right)$ под шлифование, точить шейку Ø35, канавки $b = 3$ и $b = 6$,фаски, отрезать деталь, выдерживая размер 81		Токарный автомат 2Б240-6К Наладка
010	Токарная		
	Подрезать второй торец, выдерживая размер $8{,}3_{-0,1}$, точить фаску и центровать торец		Токарный 16Т02П. Цанговый патрон
015	Горизонтально-фрезерная		
	Фрезеровать две лыски, выдерживая размер $30_{-0,28}$ окончательно		Горизонтально-фрезерный 6Р80Ш. Приспособление, наладка
020	Зачистить заусенцы		Вибрационная машина ВМПВ-100
025	Резьбонарезная		
	Накатать резьбу М20-8g окончательно		Резьбонакатный А9158. Нож
030	Термическая		

Окончание табл. 4

Операция	Наименование, содержание операции	Схема базирования	Станок, оборудование, оснастка
035	Круглошлифовальная		
	Шлифовать поверхность $Ø20js6\left(^{+0,065}_{-0,065}\right)$ окончательно		Круглошлифовальный 3У10В. Центры, хомутик
040	Круглошлифовальная		
	Шлифовать поверхность $Ø25\ e8\left(^{-0,040}_{-0,073}\right)$ с подшлифовкой торца $Ø35/Ø25e8$, выдерживая размер $20H9(^{+0,052})$ окончательно		Круглошлифовальный 3У10В. Центры, хомутик
045	Моечная		
	Промыть деталь		
050	Навесить бирку с обозначением детали на тару		Моечная машина
055	Контрольная		Плита
060	Нанесение покрытия		

Необходимое общее уточнение рассчитывается по формуле

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_{\text{дет.}}}, \qquad (8)$$

где $T_{\text{заг.}}$ – допуск на изготовление заготовки (принимается по чертежу заготовки), мм; $T_{\text{дет.}}$ – допуск на изготовление детали (принимается по чертежу детали), мм.

С другой стороны, уточнение определяется как произведение уточнений, полученных при обработке поверхности на всех операциях (переходах) принятого техпроцесса

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \ldots \cdot \varepsilon_n = \prod_{i=1}^{n} \varepsilon_i, \qquad (9)$$

где ε_i – величина уточнения, полученного на i - ой операции (переходе); n – количество принятых в техпроцессе операций (переходов) для обработки поверхности.

Промежуточные значения рассчитываются по формулам

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_1}; \varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2}; \varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3}; \ldots \varepsilon_n = \frac{T_{n-1}}{T_n}, \qquad (10)$$

где $T_1 - T_3$, T_n – допуски размеров, полученные при обработке детали на первой,

второй и т. д. операциях.

Точность обработки поверхности по принятому маршруту будет обеспечена, если соблюдается условие

$$\varepsilon_0 \le \varepsilon_{\text{пр}}. \tag{11}$$

Значения допусков $T_1 - T_3$, T_n принимаются по таблицам справочника [2].

В качестве примера рассмотрим обработку поверхности вала $\varnothing 55\ k6$.

Исходные данные: размер детали – $\varnothing 55\ k6^{+0,021}_{+0,002}$;

размер заготовки – $\varnothing\ 58^{+0,9}_{-0,5}$.

допуск заготовки: $T_{\text{заг.}} = 1{,}4$ мм,

допуск детали: $T_{\text{дет.}} = 0{,}019$ мм.

Необходимое общее уточнение рассчитываем по формуле (10)

$$\varepsilon_0 = \frac{1{,}4}{0{,}019} = 73{,}68.$$

Для обработки поверхности $\varnothing 55k6$ принимаем следующий маршрут:

- черновое точение (точность обработки по 14 квалитету);
- чистовое точение (точность обработки по 11 квалитету);
- шлифование предварительное (точность обработки по 9 квалитету);
- шлифование тонкое (точность обработки по 6 квалитету).

Из справочника [2 или табл. П2.4] выписываем допуски на межоперационные размеры: $T_1 = 0{,}74$ мм (квалитет точности *IT*14); $T_2 = 0{,}13$мм (квалитет точности *IT*11); $T_3 = 0{,}052$ мм (квалитет точности *IT*9). Тонкое шлифование, согласно той же таблице, может обеспечивать точность по шестому квалитету (*IT*6), по чертежу детали $T_4 = 0{,}019$ мм (*IT*6).

Рассчитываем промежуточное значение уточнений по формуле (10)

$\varepsilon_1 = \frac{1{,}4}{0{,}74} = 1{,}89;\ \varepsilon_2 = \frac{0{,}74}{0{,}19} = 3{,}8;\ \varepsilon_3 = \frac{0{,}19}{0{,}074} = 2{,}56;\ \varepsilon_4 = \frac{0{,}074}{0{,}019} = 3{,}89.$ Определяем общее уточнение для принятого маршрута обработки по формуле (11)

$$\varepsilon_{\text{пр.}} = 1{,}89 \cdot 3{,}8 \cdot 2{,}56 \cdot 3{,}89 = 72.$$

Полученное значение $\varepsilon_{\text{пр.}}$ показывает, что при принятом маршруте точность обработки поверхности $\varnothing 55k6$ обеспечивается, так как $\varepsilon_0 < \varepsilon_{\text{пр.}}$ (73,68 < 72).

РАБОТА № 5

РАЗРАБОТКА И НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ

Цель работы: приобрести практические навыки по разработке и нормированию на примере токарной операции

Краткая теория

1. СОСТАВ НОРМЫ ВРЕМЕНИ И РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Определение затрат рабочего времени, необходимого на выполнение производственного задания, сводится к установлению нормы времени. Своё назначение в производстве нормы времени могут выполнить лишь тогда, когда они установлены исходя из наиболее рационального использования средств труда и самого труда, всесторонне обоснованы с точки зрения психологии и физиологии человека, т. е. если они будут являться технически обоснованными нормами.

Норма времени на операцию по своей структуре делится на две основные части:

норму подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$;

норму штучного времени $T_{шт}$.

Подготовительно-заключительное время - время, которое рабочий затрачивает на подготовку к выполнению заданной работы и действия, связанные с её окончанием. Сюда относятся: получение задания на работу; получение инструментов, приспособлений, технологической документации; ознакомление с работой, технологической документацией, чертежом; инструктаж о порядке выполнения работы; установка приспособления, инструмента; наладка оборудования на соответствующий режим работы; снятие приспособления и инструмента после выполнения задания; сдача приспособлений, инструмента и технологической документации.

Особенностью подготовительно-заключительного времени является то, что его величина не зависит от объёма работы, выполняемой по заданию. Поэтому, когда в течение длительного времени выполняется одна и та же работа, например, при массовом производстве деталей, подготовительно-заключительное время, отнесённое к единице продукции, будет незначительным и обычно не учитывается. Таким образом, норма времени в массовом производстве будет состоять только из нормы штучного времени.

В серийном (мелкосерийном, среднесерийном и крупносерийном) производстве подготовительно-заключительное время нормируют на партию деталей, а норма времени, необходимая для изготовления одной детали (мин), определяется по формуле

$$T_{шт.-к.} = T_{шт.} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \qquad (1)$$

где n - количество деталей в партии.

Следовательно, для уменьшения подготовительно-заключительного времени, приходящегося на единицу продукции, и соответственно нормы времени необходимо изготавливать крупные партии.

Норма штучного времени (мин)

$$T_{шт} = t_о + t_в + t_{обс} + t_{от.л}. \quad (2)$$

Здесь $t_о$ – основное (технологическое) время; $t_в$ – вспомогательное неперекрываемое время; $t_{обс}$ - время обслуживания рабочего места; $t_{от.л}$ – время на отдых и личные надобности.

Основным $t_о$ является время, затрачиваемое рабочим на количественное или качественное изменение предмета труда: его размеров, свойств, формы и состояния поверхностей.

Оно может быть:

машинным $t_м$ – когда работа производится без непосредственного физического участия человека;

машинно-ручным $t_{м.р}$ – когда работа производится механизмом с непосредственным участием рабочего (сверление с ручной подачей, подрезка торца вала с ручной подачей и т.п.);

ручным $t_р$ - например, опиливание, шабрение поверхности или слесарные работы.

Вспомогательное время - время, затрачиваемое на различные приёмы, обеспечивающие выполнение основной работы и повторяющиеся либо с каждым предметом труда, либо в определённой последовательности через некоторое число их.

Вспомогательное время складывается:

из времени на установку и снятие обрабатываемой заготовки $t_{в.уст}$;

из времени, связанного с переходом $t_{в.пер}$;

из времени на измерение заготовки $t_{в.изм.}$

В комплекс приёмов, связанных с установкой и снятием заготовки, включается время на установку, выверку, закрепление, раскрепление и снятие её. В этот комплекс обычно включается приём “Пустить и остановить станок”.

Факторами, определяющими продолжительность комплекса приёмов, связанного с установкой и снятием заготовки, приняты:

вес и габаритные размеры заготовки; наличие и степень сложности выверки;

характер базовых поверхностей заготовки (обработанная или необработанная);

способ базирования и закрепления, количество зажимов.

Вспомогательное время, связанное с переходом, включает в себя время:

на приёмы управления станком (включение, переключение подач, пуск и остановка станка в процессе выполнения операции, переключение чисел оборотов);

на перемещение частей станка (подвод и отвод инструмента, установка его на размер);

на измерение (взятие пробных стружек или снятие детали для измерения в процессе обработки на плоскошлифовальных станках);

на смену инструмента в процессе выполнения операции.

Вспомогательное время на измерение заготовки - время, необходимое на

контрольные промеры заготовки после её обработки. Оно определяется в зависимости от периодичности контроля, вида измерительного инструмента, а также от веса и размеров заготовки.

При анализе вспомогательного времени выделяется не перекрываемое и перекрываемое время.

Не перекрываемое вспомогательное время - время выполнения вспомогательных работ при остановленном оборудовании.

Перекрываемое вспомогательное время - время выполнения вспомогательных работ в период работы оборудования, т.е. время, которое перекрывается основным временем.

В норму времени включается только не перекрываемое вспомогательное время. К перекрываемому вспомогательному времени следует отнести, например, время на установку и снятие заготовки при работе на многопозиционных агрегатных станках, токарных, фрезерных полуавтоматах и автоматах, где установка заготовок выполняется без остановки станка. Измерение заготовки очень часто также может осуществляться в то время, когда производится обработка следующей заготовки.

Сумма основного и вспомогательного (не перекрываемого) времени $t_о + t_{в.нп}$ называется *оперативным* временем $t_{оп}$.

Время обслуживания рабочего места $t_{обс}$ - это время, которое рабочий затрачивает на поддержание рабочего места в состоянии, обеспечивающем производительную работу.

Время обслуживания рабочего места подразделяется на время *технического и организационного обслуживания*.

Ко *времени технического обслуживания* относится время, используемое на уход за рабочим местом и входящим в его состав оборудованием. Это время необходимо для выполнения конкретной работы, т.е. время на уход за оборудованием и поддержанием в рабочем состоянии режущего инструмента (подналадка станка, смена затупившегося инструмента, правка шлифовальных кругов, уборка стружки в процессе выполнения работы и т.п.).

Время организационного обслуживания - это время, затрачиваемое на поддержание рабочего места в рабочем состоянии в течение смены, т.е. не связанное с выполнением конкретной работы (смазка и протирка оборудования, осмотр и опробование оборудования, уборка станка и рабочего места в конце смены, раскладка и уборка инструмента).

Величина затрат времени на обслуживание рабочего места зависит от характера выполняемой работы, типа и размера станка и организационных условий данного производства.

Время перерывов на отдых и личные надобности $t_{от.л}$ необходимо для устранения утомляемости человека при выполнении работы, а также на личные надобности рабочего. Оно определяется в зависимости от характера подачи инструмента (ручная или механическая), массы детали, доли машинно-ручного времени в оперативном времени и общей длительности оперативного времени.

2. Методика определения режимов резания и норм времени

Исходными данными, оказывающими влияние на норму времени и фактические затраты рабочего времени на операцию, являются:

материал обрабатываемой заготовки, его основная характеристика, способ получения исходной заготовки;

размеры обрабатываемых поверхностей (с учётом допусков), размеры после обработки, требуемая точность и допустимая шероховатость обработанной поверхности;

масса обрабатываемой заготовки; размер технологической партии;

применяемое оборудование (основные сведения из паспорта станка); режущие и измерительные инструменты;

предполагаемый способ базирования и закрепления заготовки;

конструкция приспособления; способ базирования, обеспечение точности установки (с выверкой и без выверки); способ закрепления и открепления; для заготовок, устанавливаемых с помощью специальных устройств, - основная характеристика этого устройства;

Все перечисленные данные в той или иной степени влияют на структуру проектируемой операции и на затраты рабочего времени.

Приступая к нормированию, необходимо детально представлять содержание нормируемой операции, последовательность и порядок выполнения составляющих её элементов, технологические возможности оборудования, органы управления станком, организацию рабочего места и его обслуживания, так как технически обоснованная норма времени на операцию реальна только при соблюдении наложенных на неё условий выполнения операции.

Схематично расчёт нормы времени осуществляется в следующей последовательности.

Нормирование основного (машинного) времени. Определение всех параметров режущего инструмента (типоразмера, материала режущей части, геометрических параметров и т. п.); последовательное определение элементов режима резания; глубины резания (числа проходов), максимально допустимой по дачи, скорости резания (с учётом нормативной или требуемой стойкости режущего инструмента), а также жёсткости технологической системы; определение действующих (при установленных элементах режима резания) сил и моментов и сопоставление их с допустимыми силами и моментами по условиям обеспечения нормальной эксплуатации станка, требуемой точности размеров и допустимой шероховатости обрабатываемой поверхности, а иногда и по жёсткости и прочности инструмента и всей технологической системы; проверка режима резания по потребной мощности в соответствии с эффективной мощностью станка, уточнение величины подачи и частоты вращения (числа двойных ходов); расчёт основного (машинного) времени по формуле соответствующей содержанию операции.

Формулу для расчёта основного времени можно представить в виде

$$t_o = \frac{L \cdot h}{n \cdot s \cdot t} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot i,$$

где L - величина перемещения инструмента или заготовки в направлении подачи

за один рабочий ход, мм;

n - частота вращения, мин$^{-1}$;

S - подача, мм/об.

h - припуск на обработку (для данного перехода), мм;

t - глубина резания за один проход, мм;

l - размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи для конкретной операции, мм;

l_1 - величина врезания и перебега инструмента, мм;

l_2 - дополнительная длина на взятие пробной стружки, l_2 = 12…15 мм; при наладке станка, обеспечивающей получение требуемого размера l_2 = 0;

i - число рабочих ходов.

Формулы для расчёта основного времени для конкретных технологических операций приведены в соответствующих разделах нормативов [5, 6, 7].

Нормирование вспомогательного времени. Вспомогательное время, как уже было сказано, складывается:

из времени на установку и снятие детали;

из времени, связанного с переходом (комплекс приёмов);

из времени на измерение (контроль окончательных размеров). Вспомогательное время определяется по соответствующим разделам нормативов [4, 8].

Вспомогательное время на установку и снятие детали в условиях среднесерийного и крупносерийного производства [4] определяется в зависимости от способа установки, выверки и крепления заготовки независимо от вида станков. Сюда же включается время на пуск, остановку станка и время на установку деталей свыше одной (в многоместных приспособлениях), а также время на очистку приспособления от стружки.

Нормативы вспомогательного времени, связанного с переходом, разработаны с учётом типа станков и содержат время на сложный комплекс приёмов, регулярно повторяющихся при выполнении перехода (или обработке одной поверхности). Подробное перечисление приёмов в зависимости от способа выполнения работы дано в нормативах [4, приложение 5].

Нормативы вспомогательного времени на измерение предусматривают контрольные измерения после обработки на данной операции. Все промежуточные измерения в процессе обработки учтены во времени, связанном с переходом.

При расчёте вспомогательного времени на измерение необходимо учитывать также периодичность измерений, оговоренную в отдельных картах, форму поверхности, вид обработки, квалитет точности и способ установки инструмента на размер [4, карта 44].

После расчёта всех составляющих вспомогательного времени его необходимо скорректировать по поправочному коэффициенту $K_{tв}$ [4, карта 1].

Заканчивается расчёт вспомогательного времени анализом: выясняется, перекрывается оно целиком или частично основным временем (см. предыдущий раздел).

В дальнейшем расчёте штучного времени учитывается только не перекрываемое вспомогательное время.

Нормирование времени на обслуживание рабочего места. В условиях среднесерийного и крупносерийного производства время на обслуживание рабочего

места, как правило, выражают в процентах от оперативного времени с учётом группы станка.

Нормирование времени перерывов на отдых и личные надобности. Данную категорию затрат рабочего времени определяют также в процентах от оперативного времени с учётом характера подачи инструмента, массы деталей и других факторов. Для станков, работающих на механической подаче, эти затраты принимаются равными 4% от $t_{оп.}$

После определения всех затрат рабочего времени определяют норму штучного времени $T_{от}$ (мин) по формуле (2) или по формуле

$$t_{шт} = (t_о + t_в)\left(1 + \frac{\alpha_{обс} + \alpha_{отл}}{100}\right),$$

в которой $\alpha_{обс}$ - время обслуживания рабочего места в процентах к оперативному времени, $\alpha_{обс}$ включает в себя $\alpha_{тех}$ (время технического обслуживания) и $\alpha_{орг}$ (время организационного обслуживания); $\alpha_{от.л}$ - время на отдых и личные надобности в процентах к оперативному времени.

Методические указания

При проектировании технологической операции решается комплекс вопросов:

– уточняется содержание операции (предварительно намеченное в маршруте обработки);

– определяются последовательность и содержание переходов;

– окончательно выбираются средства технологического оснащения;

– устанавливаются режимы резания;

– определяются нормы времени;

– разрабатываются операционные эскизы.

В содержании операции отражается номер и наименование операции, последовательность и содержание переходов.

Выбор структуры операций и последовательности переходов тесно связаны с выбором оборудования и технологической оснастки.

Решающим фактором при выборе металлорежущего станка, обеспечивающего выполнение технических требований к детали, является экономичность обработки.

Задание.

Разработать токарную черную операцию на обработку детали (по варианту), в соответствии с выбранным маршрутом. Определить норму штучного времени на токарную обработку детали. Режимы резания определить по общемашиностроительным нормативам [5].

Исходные данные.

Деталь – ось; материал – сталь 50; $\sigma_в$ = 700 МПа;

заготовка – прокат стальной горячекатаный, обычной точности;

операция – токарная.

Пример выполнения работы (вариант 0). Обтачивание на токарно-винторезном станке

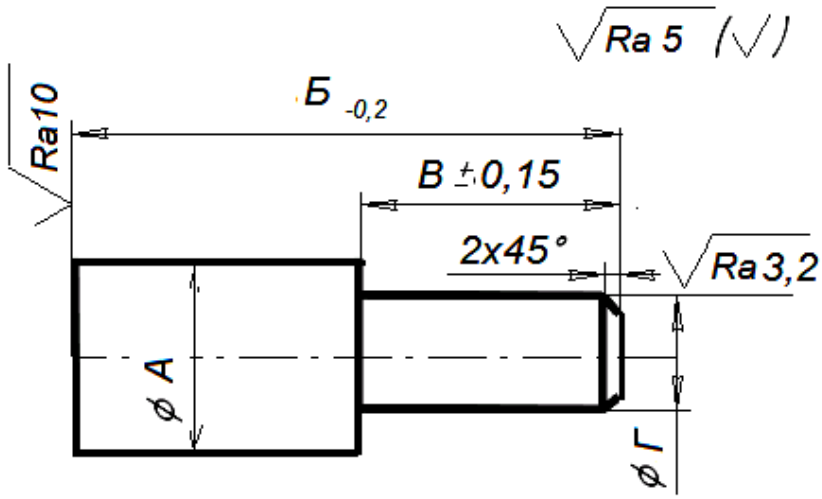


Рис. 1. Ось

Составляем содержание операции по переходам:

А.установить пруток, закрепить;

1. подрезать торец *1*
2. точить пов. *2* на длину 85 мм
3. точить пов. *3* начерно на длину 50 мм;
4. точить пов. *3* начисто на длину 50 мм
5. точить фаску 2×45°;
6. отрезать деталь от прутка в размер 80 мм.

Станок токарно-винторезный1М616.

Резец проходной упорный 16×25 мм; φ = 90°; φ_1 = 15°; γ = 10°; *r* = 1 мм; материал пластины – твёрдый сплав Т15К6;

резец проходной 16×25 мм; φ = 45°; материал пластины – твёрдый сплав Т15К6;

резец отрезной 16×25 мм; *b* = 3 мм; материал режущей части – сталь Р6М5.

Масса детали 1 кг.

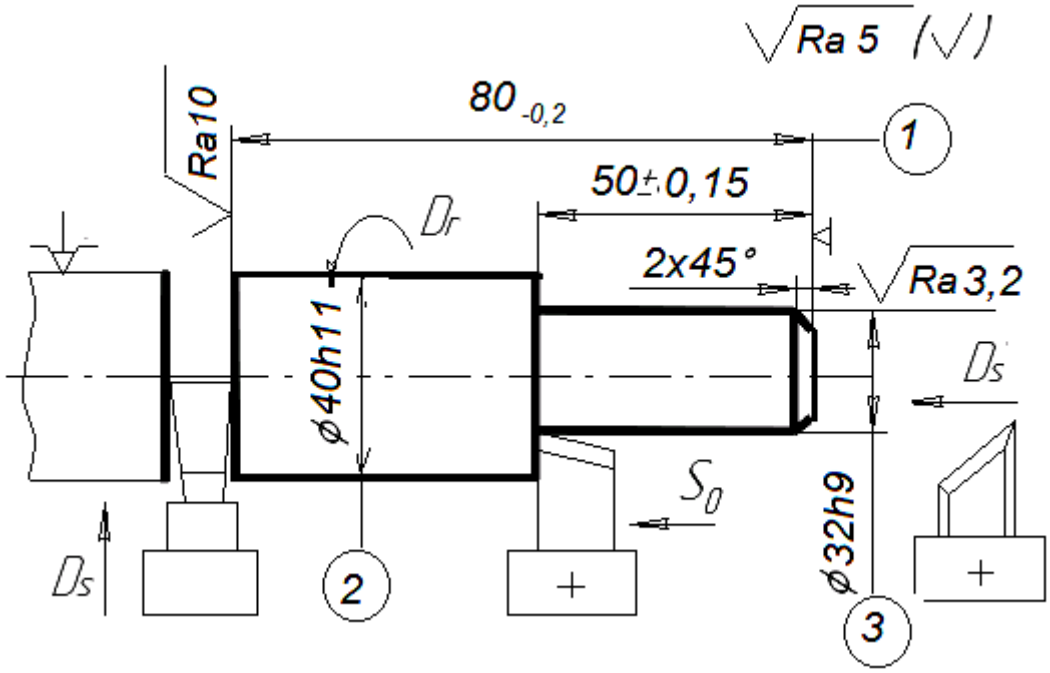


Рис. 2. Схема обработки

Решение

Расчёт основного времени.

Переход 1 – подрезание торца

Расчётные размеры обработки: $D = 45$ мм; $l = \frac{D}{2} = 22{,}5$ мм; $h = 2$ мм.

Глубина резания равна припуску на сторону: $t = h : t = 2$ мм.

Расчётная длина обработки $L = l + l_1 + l_2$. Величина врезания и перебега равна $l_1 = 3$ мм $l_2 = 1$ мм [4, приложение 1, лист 1]. Следовательно, $L = 22{,}5 + 3 + 1 = 26{,}5$ мм.

По нормативам [5], а также паспортным данным станка определяются подача, скорость резания и частота вращения:

$S_о = 0{,}32$ мм/об., $v = 136$ м/мин, $n = 1200$ мин$^{-1}$

$$t_{о1} = \frac{L_i}{n_п S_о} = \frac{26{,}5}{1200 \cdot 0{,}32} = 0{,}07 \text{ мин}$$

Переход 2 –точение диаметра Ø40h11 на длину 85 мм.

Расчётные размеры обработки: $D = 45$ мм; $l = 85$ мм; $h = \frac{45 - 40}{2} = 2{,}5$ мм. Глубина резания равна припуску на сторону: $t = h = 2{,}5$ мм.

Расчётная длина обработки $L = l + l_1 + l_2$ Величина врезания и перебега равна $l_1 = 3$ мм $l_2 = 1$ мм [4, приложение 1, лист 1]. Следовательно, $L = 85 + 3 + 1 = 89$ мм.

Число рабочих ходов $i = h : t = 1$.

По нормативам [5], а также паспортным данным станка определяются подача, скорость резания и частота вращения:

$S_о = 0{,}32$ мм/об., $v = 136$ м/мин, $n_п = 1200$ мин–1.

Основное время

$$t_{о2} = \frac{L_i}{n_п S_о} = \frac{89}{1200 \cdot 0{,}32} = 0{,}23 \text{мин}$$

где $n_п$ – частота вращения по паспорту станка.

Переход 3 – точение диаметра начерно на длину 50 мм.

Расчётные размеры обработки: $D = 40$ мм; $l = 50$ мм; $h = \frac{40 - 33}{2} = 3{,}5$ мм.

Глубина резания равна припуску на сторону: $t = h = 3{,}5$ мм.

Расчётная длина обработки $L = l + l_1$. Величина врезания и перебега равна $l_1 = 3$ мм [4, приложение 1, лист 1]. Следовательно, $L = 50 + 3 = 53$ мм.

Число рабочих ходов $i = h : t = 1$.

По нормативам [5], а также паспортным данным станка определяются подача, скорость резания и частота вращения:

$S_о = 0{,}32$ мм/об., $v = 136$ м/мин, $n_п = 1200$ мин$^{-1}$.

$$t_{о3} = \frac{L_i}{n_п S_о} = \frac{53}{1200 \cdot 0{,}32} = 0{,}14 \text{ мин}$$

Переход 4 – точение диаметра начисто на длину 50 мм.

Расчётные размеры обработки: $D = 33$ мм; $l = 50$ мм; $h = \frac{33 - 32}{2} = = 0{,}5$ мм.

Глубина резания равна припуску на сторону: $t = h = 0{,}5$ мм.

Расчётная длина обработки $L = l + l_1$. Величина врезания и перебега равна $l_1 = 3$ мм [4, приложение 1, лист 1]. Следовательно, $L = 50 + 3 = 53$ мм.

Число рабочих ходов $i = h : t = 1$.

По нормативам [5], а также паспортным данным станка определяются подача, скорость резания и частота вращения:

S_o = 0,32 мм/об., v = 136 м/мин, n = 1200 мин$^{-1}$.

$$t_{o4} = \frac{L_i}{n_п S_o} = \frac{53}{1200 \cdot 0{,}32} = 0{,}14 \text{мин}$$

Переход 5 –точение фаски 2×45^0.

Расчётные размеры обработки: D = 32 мм, l = 2 мм, t = 2 мм. Так как точение фаски процесс кратковременный, то параметры режима резания принимаем по предыдущему переходу.

Основное время принимаем по справочным данным [3, приложение 2]:

$$t_{o5} = 0{,}11 \text{ мин.}$$

Переход 6 – отрезка детали.

Расчётные размеры обработки: D = 40 мм; $l = D/2$ = 20 мм.

Расчётная длина обработки $L = l + l_1$. Путь на подвод и перебег резца 2 мм. Следовательно, L = 18 + 2 = 20 мм.

Глубина резания t = 3 мм (ширина резца), число рабочих ходов i = 1.

По нормативам [5], а также паспортным данным станка определяются подача, скорость резания и частота вращения:

S_n = 0,08 мм/об., v = 36 м/ мин, $n_п$ = 320 мин$^{-1}$.

Основное время

$$t_{o6} = \frac{L}{n_п S_o} = \frac{20}{320 \cdot 0{,}08} = 0{,}78 \text{ мин}$$

Суммарное основное время на операцию

$$t_o = t_{o2} + t_{o3} + t_{o4} + t_{o5} + t_{o6} + t_{o7} =$$
$$= 0{,}07 + 0{,}23 + 0{,}14 + 0{,}14 + 0{,}11 + 0{,}78 = 1{,}47 \text{ мин.}$$

Расчёт вспомогательного времени.

Время на комплекс приёмов по установке заготовки из прутка в самоцентрирующемся патроне с креплением ключем с установкой на длину по упору

$$T_{в.уст} = 0{,}26 \text{ мин [4, карта 3].}$$

Время, связанное с переходом 1:

- поперечное точение при установке по лимбу, $t'_{в.пер}$ = 0,17 мин, [4, карта 18, лист 2];
- время на приемы управления, связанные с переходом [4, карта 18, лист4]: изменить число оборотов шпинделя – 0,07 мин; изменить величину подачи –0,06; установить резец –0,5 мин; переместить каретку суппорта в продольном направлении – 0,03 мин; переместить суппорт в поперечном направлении – 0,05 мин.

Вспомогательное время для 1 перехода

$$T_{в1} = 0{,}17 + 0{,}07 + 0{,}06 + 0{,}5 + 0{,}03 + 0{,}05 = 0{,}88 \text{ мин.}$$

Время, связанное с переходом 2:

- продольное точение резцом, установленным на размер с предварительным промером $t'_{в.пер.1}$ = 0,33 мин, [4, карта 18, лист 1];
- время на приемы управления, связанные с переходом [4, карта 18, лист4]: изменить величину подачи – 0,06; переместить каретку суппорта в продольном

направлении – 0,03 мин; переместить суппорт в поперечном направлении – 0,05 мин.

- время на измерение – 0,1 мин [4, карта 86, лист7]

Вспомогательное время для 2 перехода:

$$T_{в2} = 0{,}33 + 0{,}06 + 0{,}03 + 0{,}05 + 0{,}1 = 0{,}57 \text{ мин.}$$

Время, связанное с переходом 3:

- продольное точение резцом, установленным на размер с предварительным промером $t'_{в.пер.3} = 0{,}33$ мин, [4, карта 18, лист 1];
- время на приемы управления, связанные с переходом [4, карта 18, лист4]: переместить каретку суппорта в продольном направлении – 0,03 мин; переместить суппорт в поперечном направлении – 0,05 мин.
- время на измерение – 0,1 мин [4, карта 86, лист7]

Вспомогательное время для 3 перехода:

$$T_{в3} = 0{,}33 + 0{,}5 + 0{,}03 + 0{,}05 + 0{,}1 = 0{,}51 \text{ мин.}$$

Время, связанное с переходом 4:

- продольное точение резцом, установленным на размер со взятием пробных стружек (чистовой проход) $t'_{в.пер.4} = 0{,}60$ мин, [4, карта 18, лист 1];
- время на приемы управления, связанные с переходом [4, карта 18, лист4]: установить резец – 0,5 мин; изменить число оборотов шпинделя – 0,07 мин; изменить величину подачи –0,06; переместить каретку суппорта в продольном направлении – 0,03 мин; переместить суппорт в поперечном направлении – 0,05 мин.
- время на измерение микрометром – 0,19 мин [4, карта 86, лист7]

Вспомогательное время для 4 перехода:

$$T_{в4} = 0{,}60 + 0{,}5 + 0{,}07 + 0{,}06 + 0{,}03 + 0{,}05 + 0{,}19 = 1{,}69 \text{ мин.}$$

Время, связанное с переходом 5:

- точение фаски $t'_{в.пер.4} = 0{,}14$мин, [4, карта 18, лист 1];
- время на приемы управления, связанные с переходом [4, карта 18, лист4]: переместить каретку суппорта в продольном направлении – 0,03 мин; переместить суппорт в поперечном направлении – 0,05 мин.

[4, карта 86, лист7]

Вспомогательное время для 5 перехода:

$$T_{в5} = 0{,}14 + 0{,}03 + 0{,}05 = 0{,}22 \text{ мин.}$$

Время, связанное с переходом 6:

- отрезка с измерением длины, $t'_{в.пер.5} = 0{,}23$ мин, [4, карта 18, лист 2];
- время на приемы управления, связанные с переходом [4, карта 18, лист4]: изменить число оборотов шпинделя – 0,07 мин; изменить величину подачи – 0,06; установить резец – 0,5 мин; переместить каретку суппорта в продольном направлении – 0,03 мин; переместить суппорт в поперечном направлении – 0,05 мин.

Вспомогательное время для 6 перехода

$$T_{в\,6} = 0{,}23 + 0{,}07 + 0{,}06 + 0{,}5 + 0{,}03 + 0{,}05 = 0{,}94 \text{ мин.}$$

Суммарное вспомогательное время на операцию

$$T_{в} = 0{,}88 + 0{,}57 + 0{,}51 + 1{,}69 + 0{,}22 + 0{,}94 = 4{,}81 \text{ мин}$$

3. Расчёт оперативного времени

$$T_{оп} = T_{о} + T_{в} = 1,47 + 4,81 = 6,28 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места составляет 4,5% от $t_{оп}$ [4, карта 45, лист 1]:

$$t_{обс} = 6,28 \cdot 0,045 = 0,28 \text{ мин.}$$

Время на отдых и личные надобности равняется 4% от $t_{оп}$

$$t_{отл} = 6,28 \cdot 0,04 = 0,25 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени

$$T_{шт} = 6,28 + 0,28 + 0,25 = 6,81 \text{ мин.}$$

Данные занести в операционную карту.

РАБОТА № 6
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВАЛОВ

С помощью валов посредством насаженных на них зубчатых колес передаются крутящие моменты от одного механизма изделия к другим механизмам. Поэтому эти детали в конструкции, как правило, наиболее нагружены. Кроме того, валы, с насаженными на них деталями, вращаются с большими скоростями. Это требует высокой точности изготовления не только рабочих, но и свободных поверхностей. В противном случае возникнет большой дисбаланс, который следует устранять балансировкой.

Поверхности вала имеют различную форму и взаимное положение. Наиболее характерными поверхностями валов являются:

- опорные шейки для установки на них подшипников;
- цилиндрические посадочные поверхности для установки на вал зубчатых колес, шкивов, полумуфт, звездочек, маховиков и других деталей;
- шлицевые поверхности с прямоугольными или эвольвентными шлицами;
- шпоночные канавки;
- резьбовые поверхности;
- конические поверхности для точного центрирования деталей на валу;
- фаски, прорези, пазы, радиальные и осевые отверстия;
- внутренние цилиндрические полости для облегчения вала или для установки подшипников;
- сферические поверхности;
- эвольвентные поверхности зубьев шестерни, изготовленной совместно с валом (такую деталь называют вал-шестерня).

Так как в процессе работы изделия валы нагружаются знакопеременными усилиями и подвергаются упругим деформациям изгиба кручения, растяжения или сжатия, то требования к материалу и технологии изготовления каждого конкретного вала оговариваются особо. Этим строгим требованиям отвечают конструкционные (и легированные) стали и сплавы, например, 30Х, 20ХГНМ, 40Х.

Особое внимание уделяют методу получения заготовок, который во многом определяется формой вала. Для гладких валов с небольшим перепадом диаметров ступеней используют заготовки из проката. Заготовки для валов со значительным перепадом диаметров ступеней получают горячей штамповкой в открытых (или закрытых) штампах, а также на горизонтально-ковочных машинах.

При механической обработке валов в качестве основных технологических баз часто используют искусственные технологические базы, например, поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки. При обработке длинных и недостаточно жестких валов используют дополнительную технологическую базу, которую устанавливают в люнет.

Типовой технологический процесс изготовления вала с цементируемыми поверхностями делится на следующие этапы:

- термическая обработка заготовки (нормализация);
- обработка торцевых поверхностей и центровых отверстий (центрирование);

- черновая токарная обработка наружных поверхностей, сверление и растачивание внутренних поверхностей (при их наличии), шлифование поверхностей, подлежащих цементации;
- омеднение нецементируемых поверхностей (защита от цементации);
- цементация, закалка, отпуск;
- восстановление базовых фасок у центровых отверстий;
- чистовая токарная обработка (обтачивание наружных нецементируемых поверхностей, растачивание внутренней полости, нарезание резьбы, протачивание канавок);
- фрезерование шпоночных пазов и шлицов, сверление радиальных отверстий;
- окончательная обработка: шлифование опорных шеек и шлицов, нарезание мелкой резьбы (при ее наличии), полирование наружных поверхностей;
- контроль точности и качества готового вала.

Типовой технологический процесс изготовления вала из термоулучшаемых материалов делится на следующие этапы:

- термическая обработка заготовки (нормализация);
- обработка торцевых поверхностей и центровых отверстий (центрирование);
- черновая токарная обработка наружных поверхностей, сверление и растачивание внутренних поверхностей (при их наличии);
- термообработка (закалка, отпуск);
- восстановление базовых фасок у центровых отверстий и поверхностей под люнет, если такие имеются;
- чистовая токарная обработка (обтачивание наружных поверхностей, растачивание внутренней полости, нарезание резьбы, протачивание канавок);
- фрезерование шпоночных пазов и шлицов, сверление радиальных отверстий;
- окончательная обработка (шлифование опорных шеек и шлицов, нарезание мелкой резьбы (при ее наличии), полирование наружных поверхностей);
- контроль точности и качества готового вала.

Маршрут обработки ступенчатого вала может выглядеть следующим образом (табл. 9.1) [7].

Для обработки наружных цилиндрических поверхностей, торцевых поверхностей, резьбы, шлицов могут использоваться следующие методы обработки (табл. 9.2) [7].

Таблица 9.1

Типовой технологический маршрут обработки ступенчатого вала

Номер операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Технологическое оборудование
05	*Фрезерно-центровальная*: фрезерование торцов и сверление центровых отверстий	Наружные поверхности заготовки	Фрезерно-центровальный станок
10	*Токарная черновая*: обтачивание наружных поверхностей, сверление и растачивание внутренних поверхностей	Поверхности центровых отверстий	Токарный станок
15	*Термическая*: отжиг в вертикальном положении	Торец и наружные поверхности вала	Шахтная электрическая печь
20	*Токарная*: исправление базовых поверхностей центровых отверстий	Поверхности опорных шеек	Токарный станок
25	*Токарная чистовая*: обтачивание наружных поверхностей, растачивание внутренних полостей	Поверхности центровых отверстий	Токарный станок
30	*Токарная чистовая*: растачивание внутренних полостей	Поверхности опорных шеек	Токарный станок
35	*Фрезерная*: фрезерование шпоночных пазов	Поверхности опорных шеек	Фрезерный станок
40	*Шлицефрезерная:* фрезерование шлицов	Поверхности центровых отверстий	Фрезерный (шлицефрезерный) станок

окончание табл. 9.1

Номер операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Технологическое оборудование
45	*Термическая:* закалка	Торец и наружные поверхности вала	Шахтная электрическая печь
50	*Центрошлифовальная:* восстановление фасок центровых отверстий	Поверхности опорных шеек	Центрошлифовальный станок
55	*Шлифовальная:* шлифование опорных шеек и посадочных поверхностей	Поверхности центровых отверстий	Круглошлифовальный станок
60	*Шлицешлифовальная:* шлифование поверхностей шлицов	Поверхности центровых отверстий	Шлицешлифовальный станок
65	*Резьбошлифовальная:* шлифование мелкой резьбы	Поверхности центровых отверстий	Резьбошлифовальный станок
70	*Контрольная:* проверка геометрии вала	Поверхности центровых отверстий	Измерительный стенд

Таблица 9.2

Методы обработки поверхностей вала

Методы обработки		*Ra*, мкм	Квалитет точности	Степень точности
Точение с продольной подачей	Обдирочное	25 ... 100	15 – 16	–
	Чистовое	3,2	7 – 9	–
	Тонкое	0,8	6	–
Точение с поперечной подачей	Обдирочное	25 ... 100	16	–
	Чистовое	3,2	11 – 13	–
	Тонкое	1,6	8 – 11	–
Шлифование круглое	Получистовое	3,2 ... 6,3	8 – 11	–
	Чистовое	1,6	6 – 8	–
	Тонкое	0,4	5	–
Полирование	Обычное	0,2 ... 1,6	6	–
	Тонкое	0,05 ... 0,1	5	–
Хонингование		0,05 ... 0,2	6; 7	–
Суперфиниширование		0,4	6; 7	–
Нарезание резьбы	Метчиком, плашкой	3,2 ... 12,5	6 – 8	–
	Резцом, гребенкой	3,2 ... 6,3	6 – 8	
	фрезой	3,2 ... 6,3	8	
Шлифование резьбы	Чистовое	1,6 ... 3,2	4 – 6	
Накатывание резьбы роликами		0,4 ... 0,8	6 – 8	
Вихревое нарезание резьбы		0,8 ... 6,3	6 – 8	
Шлицефрезерование	Черновое	4 ... 10	–	9 – 11
	Чистовое	1,25 ... 4	–	8 – 9
Шлицепротягивание	Чистовое	1 ... 1,25	–	8 – 9
Шлифование шлицов	Черновое	1,6 ... 3,2	–	6 – 7
	Чистовое	0,4 ... 1,25	–	5 – 6
Фрезерование шпоночных канавок	Чистовое	4 ... 6,3	–	9 – 10

Таблица 9.3

Индивидуальные варианты дня выполнения задания 9.1

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Деталь	ØА	Номинальный размер, мм	30	40	30	30	30	30	40	50	30	30	30	40	30	30	30	30
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	h9	d9	f9	d9	f9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØБ	Номинальный размер, мм	60	70	67	50	70	66	70	80	68	64	66	70	67	50	70	66
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	h9	d9	f9	d9	f9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	ØВ	Номинальный размер, мм	30	40	30	30	30	30	40	50	30	30	30	40	30	30	30	30
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	h9	d9	f9	d9	f9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØГ	Номинальный размер, мм	20	30	20	20	20	20	30	40	20	20	20	30	20	20	20	20
		Точность	fl0	h10	dl0	fl0	dl0	fl0	hl0	dl0	hl0	fl0	dl0	h10	dl0	fl0	dl0	fl0
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2.5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Е	Номинальный размер, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Ж	Номинальный размер, мм	140	160	180	150	240	200	170	260	120	140	190	160	180	150	240	200
		Точность	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	h12	hl2	hl2	hl2	h12	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	h12

окончание табл. 9.3

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Заготовка	З	Номинальный размер, мм	200	220	240	210	300	260	230	320	180	200	250	240	210	300	260	230
		Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10
	И	Номинальный размер, мм	220	240	260	230	320	280	250	340	200	220	270	260	230	320	280	250
		Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10
	ØМ	Номинальный размер, мм	36	46	38	38	37	38	46	56	38	36	37	38	38	37	38	46
	ØН	Номинальный размер, мм	66	78	73	56	77	73	76	86	73	70	72	73	56	77	73	76
	ØО	Номинальный размер, мм	36	46	38	38	37	38	46	56	38	36	37	38	38	37	38	46
	ØР	Номинальный размер, мм	26	36	26	26	26	26	36	46	26	26	26	26	26	26	26	36
	Т	Номинальный размер, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	У	Номинальный размер, мм	146	166	186	156	246	206	176	266	126	146	196	186	156	246	206	176
	Ф	Номинальный размер, мм	206	226	246	218	310	268	236	328	188	208	257	246	218	310	268	236
	Х	Номинальный размер, мм	230	250	270	240	330	290	260	350	210	230	280	270	240	330	290	260

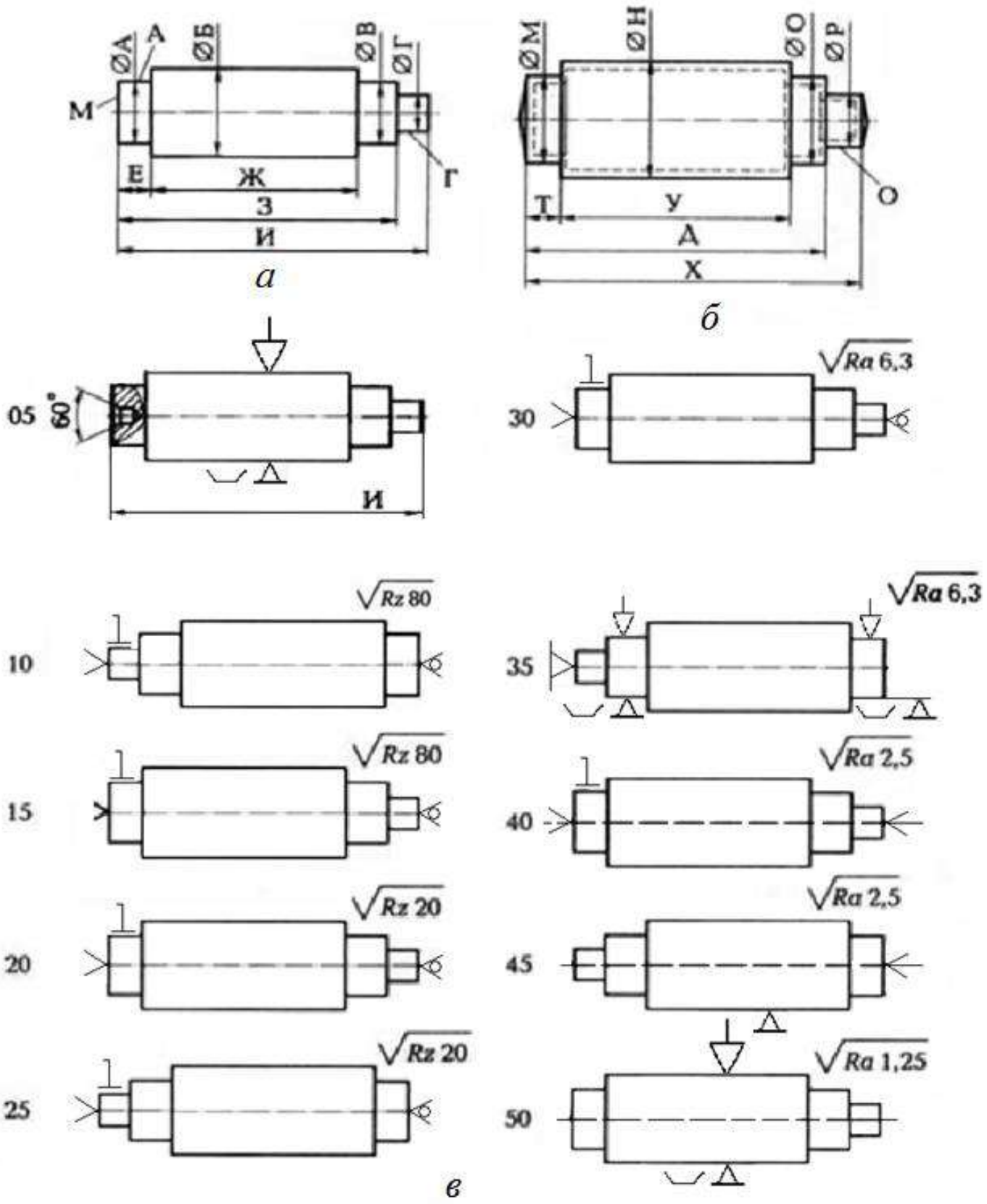


Рис. 9.1. Эскиз обрабатываемого вала:
а – размеры детали; *б* – размеры заготовки; *в* – операции по обработке вала

Задание 9.1

По одному из вариантов задания (табл. 9.3) разработать маршрут технологического процесса изготовления вала (рис. 9.1, *а*) из штампованной заготовки (рис. 9.1, *б*). Материал заготовки – сталь12ХНЗА Производство серийное. Твердость цементированных поверхностей *HRC* > 58. Допускается наличие центровых отверстий на крайних торцах вала.

Пример выполнения задания 9.1 (вариант № 0)

После переноса всей информации из табл. 9.3 на рабочий чертеж детали проведем анализ технологичности детали, который показывает, что наиболее важными поверхностями являются две опорные шейки Ø40*h*6 и торцевая поверхность М, которая является конструкторской базой по отношению к большинству торцевых поверхностей. Точность обработки рабочих поверхностей – посадочных мест под подшипники – соответствует шестому квалитету. Точность остальных размеров соответствует 10-му квалитету.

К данному валу предъявляются высокие требования как по точности, так и по шероховатости рабочих и свободных поверхностей. Возможность использования центровых отверстий в качестве постоянной технологической базы несколько облегчает обеспечение точности при обработке поверхностей вала. Требуемую для каждой поверхности последовательность обработки в целях получения заданной точности и шероховатости установим согласно Прилож. 1.

Крайние торцы целесообразно обработать на фрезерно-центровальном станке. При этом обе плоские поверхности получатся параллельными, с малой шероховатостью и достаточно точным размером по длине вала. Расположение центровых отверстий также получается достаточно точным.

Торцы поверхностей по границам уступов вала должны иметь точность по 10-му квалитету (hl0). Поэтому их следует обрабатывать за два прохода: черновой и чистовой. Наружные цилиндрические поверхности для достижения требуемой шероховатости (А и Г – *Ra* 1,25 мкм, Б и В – *Ra* 2,5 мкм) должны подвергнуться черновому и чистовому точению с последующим шлифованием.

В качестве первичной технологической базы на первой, фрезерно-центровальной операции (05, рис. 9.1, *в*) можно использовать крайние цилиндрические поверхности заготовки М и О, расположенные одна от другой на расстоянии, достаточном для установки заготовки на две призмы и надежного ее закрепления. Чтобы придать определенность положения заготовки вдоль своей оси, можно использовать один из торцевых уступов в середине заготовки.

В качестве технологических баз при дальнейшей обработке будут использоваться центровые отверстия, обработанные в операции 05. Передача крутящего момента от шпинделя станка к заготовке осуществляется через крайние цилиндрические поверхности А и Г, на которые устанавливается хомутик. Поэтому в следующей операции (10) будет обрабатываться одна из этих поверхностей (А), а заготовка устанавливаться в центрах. Хомутик устанавливают на крайнюю (левую) цилиндрическую поверхность. Операционные припуски и соответственно

операционные размеры устанавливают на основании Прилож. 2.

Дальнейшая обработка заготовки производится при базировании на единую установочную базу – центровые отверстия:

- операция 15 – черновое обтачивание (*Rz* 80) наружных цилиндрических поверхностей;
- операция 20 – чистовое обтачивание (*Rz* 20) наружных цилиндрических поверхностей;
- операция 25 – чистовое обтачивание (*Rz* 20) опорной шейки;
- операция 30 – черновое шлифование (*Ra* 6,3) наружных цилиндрических поверхностей;
- операция 35 – черновое шлифование (*Ra* 6,3) опорной шейки;
- операция 40 – чистовое шлифование (*Ra* 2,5) наружных цилиндрических поверхностей;
- операция 45 – окончательное шлифование (*Ra* 1,25) одной опорной шейки;
- операция 50 – окончательное шлифование (*Ra* 1,25) другой опорной шейки.

Таким образом, используя центровые отверстия в качестве вспомогательной технологической базы, обработали заготовку вала с наивысшей точностью и требуемой чистотой поверхностей.

Задание 9.2

По одному из вариантов задания (табл. 9.4) разработать план технологического процесса изготовления вала (рис. 9.2, *а*) в условиях серийного производства из штампованной заготовки (рис. 9.2, *б*). Материал заготовки – сталь 40ХНМА. Выполнить операционные эскизы для одного из возможных вариантов технологического процесса.

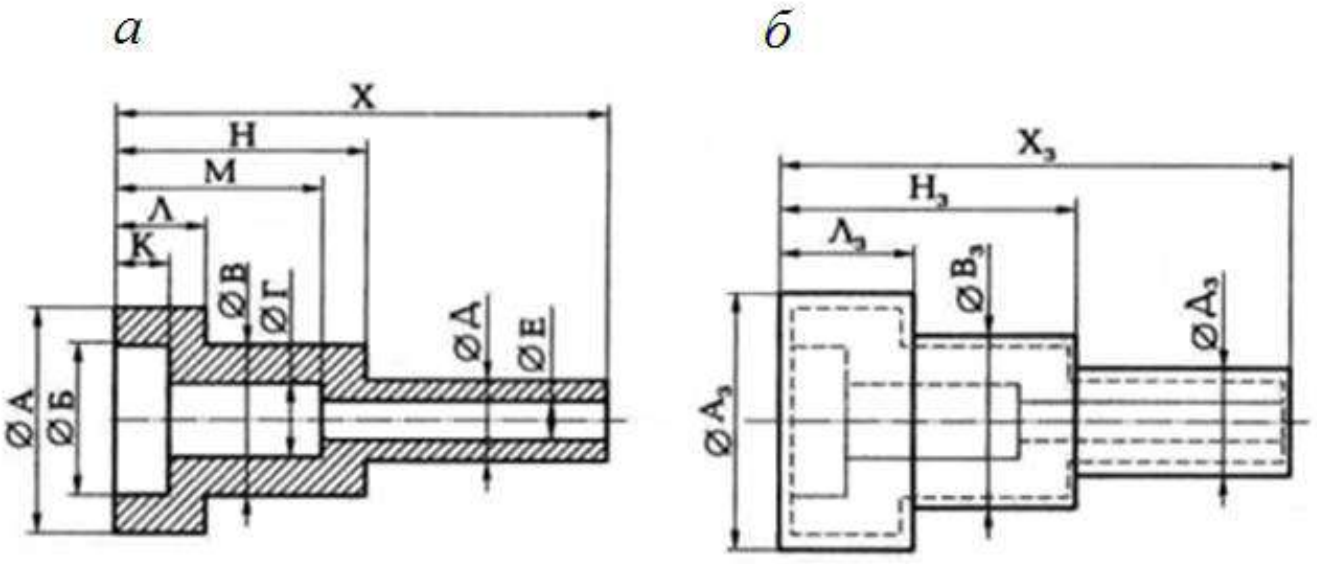


Рис. 9.2. Эскиз обрабатываемого вала:
а – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

Задание 9.3

По одному из вариантов задания (табл. 9.5) разработать маршрут технологического процесса изготовления вала-шестерни (рис. 9.3, *а*) из штампованной заготовки (рис. 9.3, *б*). Материал заготовки – сталь 12ХН3А. Производство серийное. Твердость цементированных эвольвентных поверхностей зубьев HRC > 58. Допускается наличие центровых отверстий на крайних торцах вала-шестерни.

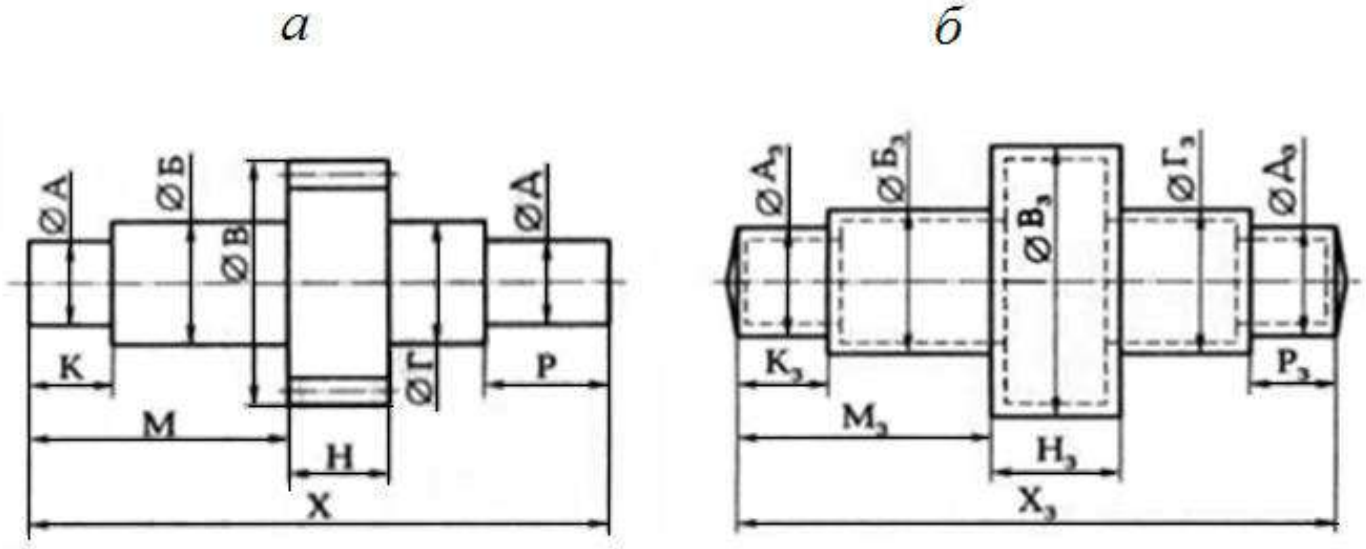


Рис. 9.3. Эскиз обрабатываемого вала-шестерни: *а* – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

Задание 9.4

По одному из вариантов задания (табл. 9.6) разработать маршрут технологического процесса изготовления вала (рис. 9.4, *а*) из штампованной заготовки (рис. 9.4, *б*). Материал заготовки – сталь12ХН3А. Поверхность Б цементировать. Производство серийное. Твердость цементированной поверхности HRC > 58. Допускается наличие центровых отверстий на крайних торцах вала.

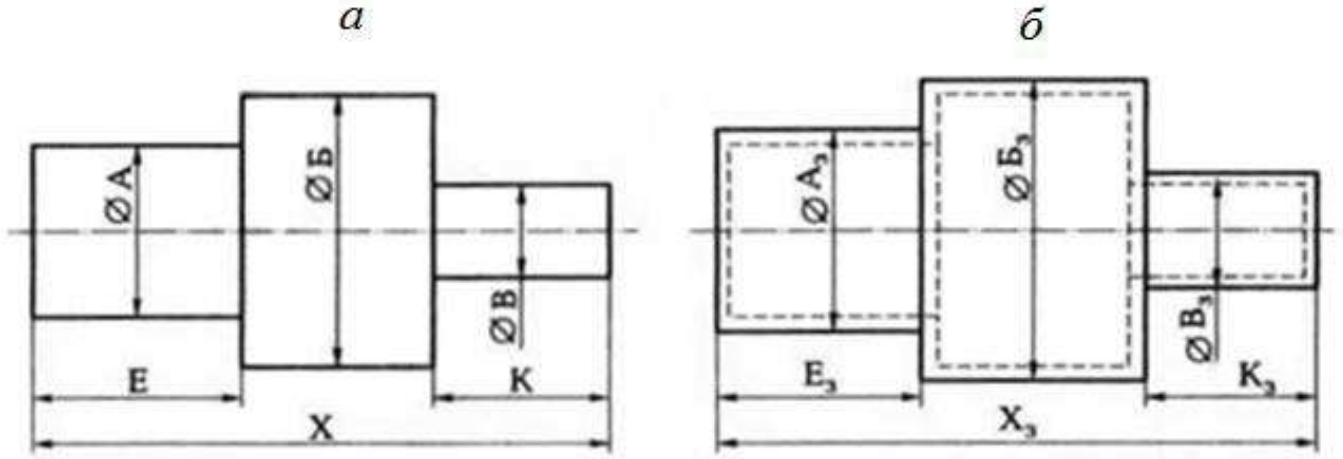


Рис. 9.4. Эскиз обрабатываемого вала: *а* – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

Таблица 9.4

Индивидуальные варианты для выполнения задания 9.2

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	ØА	Номинальное значение, мм	80	90	80	100	80	80	90	80	120	80	80	80	80	90	80	120
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	h9	d9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØБ	Номинальное значение, мм	60	70	60	90	60	60	750	60	115	60	60	60	60	750	60	115
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	ØВ	Номинальное значение, мм	40	50	40	60	40	40	40	40	80	40	40	40	40	40	40	80
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	h9	d9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØГ	Номинальное значение, мм	30	40	30	50	40	30	30	30	60	30	30	40	30	30	30	60
		Точность	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	ØД	Номинальное значение, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	h9	d9	h9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

продолжение табл. 9.4

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	ØE	Номинальное значение, мм	60	66	70	60	68	75	60	80	66	70	60	11	12	13	14	15
		Точность	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	H13	60	80	66	70	60
		Ra, мкм	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	H13	H13	H13	H13	H13
	K	Номинальное значение, мм	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	40	40	40	40	40
	Л	Номинальное значение, мм	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	12	12	12	12	12
	M	Номинальное значение, мм	110	130	150	120	200	160	150	210	100	110	180	24	24	24	24	24
	H	Номинальное значение, мм	120	180	200	130	220	170	160	230	110	120	190	150	210	100	110	180
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	160	230	110	120	190
	X	Номинальное значение, мм	220	240	260	230	320	280	250	340	220	220	270	h12	h12	h12	h12	h12
		Точность	all	all	all	all	all	all	all	all	all	all	all	250	340	220	220	270

окончание табл. 9.4

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Заготовка	$ØA_з$	Номинальное значение, мм	86	97	88	107	86	88	97	87	128	87	88	11	12	13	14	15
	$ØB_з$	Номинальное значение, мм	46	55	47	68	45	46	47	48	88	45	46	97	87	128	87	88
	$ØД_з$	Номинальное значение, мм	25	25	26	25	28	25	25	27	25	26	25	47	48	88	45	46
	$Л_з$	Номинальное значение, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	25	27	25	26	25
	$Н_з$	Номинальное значение, мм	128	188	207	137	228	176	166	239	116	128	197	30	30	30	30	30
	Хз	Номинальное значение, мм	230	250	270	240	330	290	260	350	210	230	280	166	239	116	128	197
														260	350	210	230	280

Примечание. На внутренних отверстиях допускаются технологические фаски 3×4

Таблица 9.5

Индивидуальные варианты дня выполнения задания 9.3

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Деталь	ØА	Номинальное значение, мм	30	30	30	30	30	30	40	50	30	30	30	11	12	13	14	15
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	30	30	30	40	50
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1.25	f9	d9	f9	h9	d9
	ØБ	Номинальное значение, мм	40	44	40	46	40	48	40	44	40	60	40	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	46	40	48	40	44
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	f9	d9	f9	h9	d9
	ØВ	Номинальное значение, мм	70	80	90	100	80	100	90	70	80	100	90	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	100	80	100	90	70
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	f9	d9	f9	h9	d9
	ØГ	Номинальное значение, мм	40	44	40	46	40	48	40	44	40	60	40	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
		Точность	fl0	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	46	40	48	40	44
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	f9	d9	f9	h9	d9

продолжение табл. 9.5

	Показатели детали и заготовки		Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	ØД	Номинальное значение, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	f9	d9	f9	h9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	К	Номинальное значение, мм	20	24	30	20	28	30	20	40	25	40	20	20	28	30	20	40
Деталь	М	Номинальное значение, мм	60	66	70	60	68	75	60	80	66	70	60	60	68	75	60	80
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
	Н	Номинальное значение, мм	30	40	50	60	25	30	50	30	60	30	50	60	25	30	50	30
		Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10
	Р	Номинальное значение, мм	30	40	30	50	30	40	35	38	42	30	38	50	30	40	35	38
		Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10
	Х	Номинальное значение, мм	180	190	200	180	220	180	170	180	200	180	220	180	220	180	170	180
		Точность	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11	c11

окончание табл. 9.5

		Показатели детали и заготовки	Вариант															
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
заготовка	$ØA_з$	Номинальное значение, мм	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	$ØБ_з$	Номинальное значение, мм	46	52	48	52	48	60	48	50	48	66	48	52	48	60	48	50
	$ØB_з$	Номинальное значение, мм	76	88	96	108	90	107	98	80	88	107	90	108	90	107	98	80
	$ØГ_з$	Номинальное значение, мм	46	50	48	54	46	56	48	50	46	68	46	54	46	56	48	50
	$Ø_з$	Номинальное значение, мм	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	$К_з$	Номинальное значение, мм	20	24	30	2 0	28	30	20	40	25	40	20	2 0	28	30	20	40
	$М_з$	Номинальное значение, мм	60	66	70	60	68	75	60	80	66	70	60	60	68	75	60	80
	$Н_з$	Номинальное значение, мм	36	48	56	68	32	40	58	40	70	37	58	68	32	40	58	40
	Рз	Номинальное значение, мм	30	30	40	30	50	30	40	35	38	42	30	30	50	30	40	35
	$Х_з$	Номинальное значение, мм	190	198	210	190	230	189	178	202	208	190	230	190	230	189	178	202

Таблица 9.6

Индивидуальные варианты дня выполнения задания 9.4

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Деталь	ØА	Номинальное значение, мм	30	40	40	42	44	48	48	60	38	40	44	40	42	44	48	48
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	d9	f9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1.25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Б	Номинальное значение, мм	60	70	80	60	70	76	70	80	68	74	76	80	60	70	76	70
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	d9	f9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1.25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø В	Номинальное значение, мм	20	30	30	30	30	30	40	50	30	30	30	30	30	30	30	40
		Точность	fl0	h10	dl0	fl0	dl0	fl0	hl0	dl0	hl0	fl0	dl0	dl0	fl0	dl0	fl0	hl0
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2.5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2.5
	Е	Номинальное значение, мм	30	38	60	30	40	50	30	40	70	40	38	60	30	40	50	30
	Х	Номинальное значение, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
	К	Номинальное значение, мм	28	40	48	50	30	60	40	32	80	66	50	48	50	30	60	40

Окончание табл. 9.6

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Заготовка	$ØA_з$	Номинальное значение, мм	36	48	46	48	50	56	55	68	46	48	54	46	48	50	56	55
	$Ø Б_з$	Номинальное значение, мм	66	78	90	66	78	82	77	88	74	80	84	90	66	78	82	77
	$Ø В_з$	Номинальное значение, мм	26	36	38	37	35	38	48	56	38	37	38	38	37	35	38	48
	Ез	Номинальное значение, мм	30	38	60	30	40	50	30	40	70	40	38	60	30	40	50	30
	$Х_з$	Номинальное значение, мм	150	170	192	160	254	208	180	270	214	150	188	192	160	254	208	180
	$К_з$	Номинальное значение, мм	28	40	48	50	30	60	40	32	80	66	50	48	50	30	60	40

РАБОТА № 10
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДИСКОВ

К дискам причисляют детали, представляющие собой тело вращения, наружным диаметром в несколько раз большим длины. Диски, как правило, сопрягаются с валом.

Материалы для изготовления дисков определяются требованиями, предъявляемыми к диску, т. е. условиями его работы. В турбинах авиационных двигателей применяют высокопрочные, жаростойкие стали и сплавы, а для воздушных компрессоров применяют легкие литейные сплавы, титановые сплавы и др. Конструктивно диски имеют ступицу для связи с валом, обод для установки лопаток, диафрагму, соединяющую обод со ступицей, пазы для лопаток, различные отверстия и профили лабиринтных уплотнений. Для точного сопряжения диска с другими деталями имеются точные центрирующие пояски или торцевые шлицы. Заготовки для дисков чаще делают штампованными или отливки, если лопатки выполнены совместно с валом, например диск центробежного компрессора.

Изготовление дисков является дорогостоящим технологическим процессом. Поэтому в начале обработки особое внимание уделяют контролю заготовки на наличие трещин, внутренних раковин и других дефектов. Для этого применяют ультразвуковые методы контроля, магнитные методы, рентгеновские и другие методы, которые позволяют обнаружить скрытые дефекты заготовки перед основной обработкой поверхностей.

При выполнении токарных операций оборудование назначают в зависимости от диаметра заготовки. При больших диаметрах заготовки используют токарно-лобовые или токарно-карусельные станки.

Типовой технологический процесс изготовления дисков из жаропрочных сталей и сплавов делится на следующие этапы:

- обдирка заготовки;
- протачивание торцевых поверхностей диска с одной стороны под ультразвуковой контроль;
- ультразвуковой контроль заготовки после обдирки;
- термическая обработка заготовки (закалка, отпуск и старение);
- черновая обработка диска с обеих сторон;
- чистовая обработка диска с обеих сторон;
- полирование диафрагмы диска;
- определение поверхностных дефектов диска;
- сверление и фрезерование базовых элементов диска, используемых при протягивании пазов;
- протягивание пазов под лопатки;
- слесарная обработка пазов диска после протягивания;
- окончательная обработка центрирующих поясков и посадочных поверхностей;
- фрезерование наружного фасонного профиля фланца диска;
- сверление отверстий в фасонном фланце;
- обработка торцевых шлицов;

- слесарная обработка торцевых шлицов после протягивания;
- контроль точности и качества готового диска.

Задание 10.1

По одному из вариантов задания (табл. 10.1) разработать маршрут технологического процесса изготовления дискообразной детали (рис. 10.1, *а*) из штампованной заготовки (рис. 10.1, б). Материал заготовки – сталь 45. Производство серийное. Выполнить операционные эскизы для основных операций механической обработки.

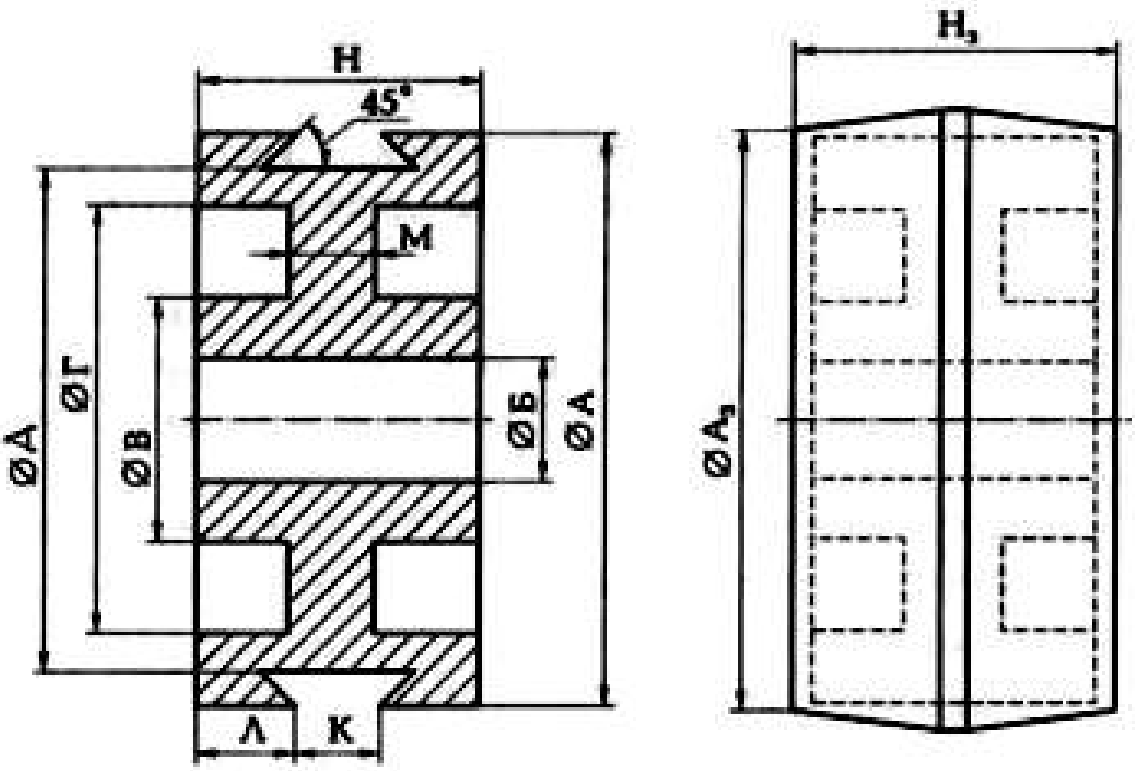


Рис. 10.1. Эскиз обрабатываемой дискообразной детали:
а – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

Задание 10.2

По одному из вариантов задания (табл. 10.2) разработать маршрут технологического процесса изготовления диска (рис. 10.2) из заготовки, полученной литьем из стали 268Л в условиях серийного производства. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки. Припуск по всем поверхностям отливки составляет 2 мм на сторону.

Таблица 10.1

Индивидуальные варианты для выполнения задания 10.1

Показатели детали и заготовки			Вариант															
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Деталь	ØА	Номинальный размер, мм	600	620	590	600	580	590	600	550	530	630	530	620	590	600	580	590
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	h9	d9	f9	d9	f9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1.25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØБ	Номинальный размер, мм	80	70	66	50	70	76	70	80	78	68	80	70	66	50	70	76
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	h9	d9	f9	d9	f9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2.5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	ØВ	Номинальный размер, мм	100	90	86	70	90	96	90	100	98	88	100	90	86	70	90	96
	ØГ	Номинальный размер, мм	560	580	550	560	540	550	560	510	490	590	490	580	550	560	540	550
	ØД	Номинальный размер, мм	580	600	570	580	560	570	580	530	510	610	510	600	570	580	560	570
		Точность	f9	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	d9	h9	f9	h9	d9	f9	d9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2.5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Н	Номинальный размер, мм	120	114	99	120	111	111	123	105	111	141	105	114	99	120	111	111
	М	Номинальный размер, мм	40	38	33	40	37	37	41	35	37	47	35	38	33	40	37	37
		Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
	К	Номинальный размер, мм	40	38	33	40	37	37	41	35	37	47	35	38	33	40	37	37
	Л	Номинальный размер, мм	40	38	33	40	37	37	41	35	37	47	35	38	33	40	37	37
Заготовка	ØА	Номинальный размер, мм	616	640	612	610	590	614	612	560	540	640	540	640	612	610	590	614
	Нз	Номинальный размер, мм	126	136	106	126	116	116	126	106	106	150	108	136	106	126	116	116
		Ra, мкм	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

Задание 10.3

По одному из вариантов задания (табл. 10.3) разработать маршрут технологического процесса изготовления диска (рис. 10.3) из заготовки, полученной штамповкой в закрытом штампе. Материал заготовки – сталь 45, производство серийное. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки. Форма заготовки показана штриховой линией. Припуск по всем поверхностям заготовки-штамповки составляет 3 мм на сторону.

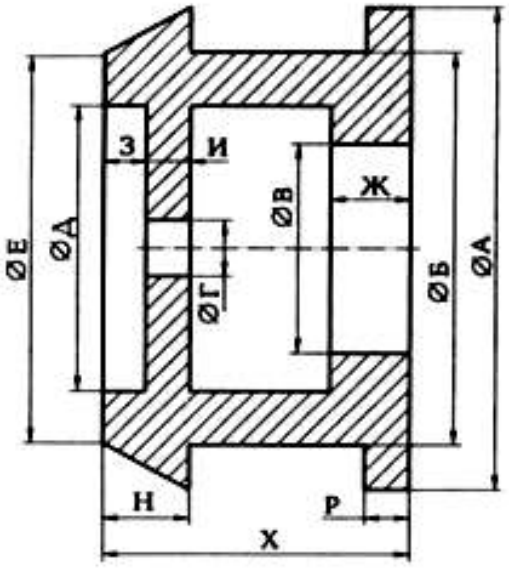


Рис. 10.2. Эскиз обрабатываемого диска к заданию 10.2

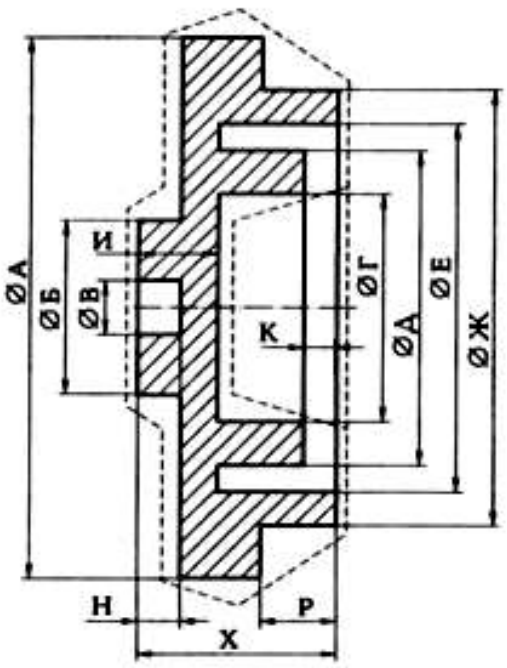


Рис. 10.3. Эскиз обрабатываемого диска к заданию 10.3

Таблица 10.2

Индивидуальные варианты для выполнения задания 10.2

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	143	15
деталь (диск)	ØА	Номинальный размер, мм	500	510	520	490	500	520	600	580	550	520	600	520	600	580	550	520
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØБ	Номинальный размер, мм	460	470	480	450	460	480	560	540	510	480	560	480	560	540	510	480
		Точность	f11	h11	d11	f11	d11	f11	h11	d11	h11	f11	d11	f11	h11	d11	h11	f11
	ØВ	Номинальный размер, мм	400	400	430	400	400	410	500	480	450	420	500	410	500	480	450	420
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25 90	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальный размер, мм	60	70	80	70	60		100	110	100	80	90	90	100	110	100	80
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØД	Номинальный размер, мм	420	430	450	420	420	440	520	500	470	440	520	440	520	500	470	440
		Ra, мкм	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10	H10
		Номинальный размер, мм	460	470	480	450	460	480	560	540	510	480	560	480	560	540	510	480

окончание табл. 10.2

Х	Номинальный размер, мм	180	160	180	150	240	200	170	260	120	140	190	200	170	260	120	140
	Точность	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12	h12
	Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Р	Номинальный размер, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Н	Номинальный размер, мм	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ж	Номинальный размер, мм	40	30	30	35	30	30	42	30	30	40	30	30	42	30	30	40
З	Номинальный размер, мм	20	30	20	30	20	35	20	20	35	20	20	35	20	20	35	20
И	Номинальный размер, мм	35	20	30	20	40	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Таблица 10.3

Индивидуальные варианты для выполнения задания 10.3

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь (диск)	ØА	Номинальный размер, мм	400	500	430	530	520	610	450	550	660	530	610	430	530	520	610	450
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	d9	f9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØБ	Номинальный размер, мм	100	120	80	100	90	140	100	150	100	180	100	80	100	90	140	100
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	d9	f9	h9
	ØВ	Номинальный размер, мм	70	80	60	70	80	120	80	90	70	130	80	60	70	80	120	80
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Ø Г	Номинальный размер, мм	300	400	330	430	430	520	350	460	560	440	520	330	430	430	520	350
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØД	Номинальный размер, мм	320	420	350	450	450	540	370	480	580	460	540	350	450	450	540	370
		Ra, мкм	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	d9	f9	h9

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Зубчатые колеса представляют собой цилиндрические или конические детали, на поверхностях которых нарезаны зубья. Предназначены для передачи вращательного движения (чаще значительного крутящего момента) от ведущего вала к ведомому. Если оси этих валов параллельны между собой, то зубчатые колеса имеют цилиндрическую форму, если оси валов перпендикулярны между собой, то зубчатые колеса имеют коническую форму, если же оси валов перекрещиваются, то передача крутящего момента от вала к валу осуществляется посредством червяка и червячного колеса (червячная передача).

Зубчатые колеса работают в напряженных условиях, так как они не только вращаются с большими окружными скоростями, в высокотемпературных средах, но и нагружены значительными силами. Зубья могут быть с эвольвентным или иным профилем, а сами колеса прямозубые, косозубые, шевронные и др. Расположение зубьев может быть на внешней поверхности (внешнее зацепление) или на внутренней поверхности (внутреннее зацепление). Конструктивно зубчатые колеса содержат разные поверхности:

- посадочные – для соединения с валом (цилиндрические, конические или шлицевые);
- зубчатые – для зацепления с сопрягаемым зубчатым колесом.
- вспомогательные (в виде резьбы) – для установки стопорных винтов, гладких отверстий для установки штифтов, канавок для стопорных колец, шпоночных пазов и др.

Зубчатые колеса могут иметь форму втулки или вала. Первые имеют центральное отверстие, которое является конструкторской базой. При проектировании технологического процесса изготовления зубчатого колеса это отверстие может служить хорошей технологической базой. Зубчатые колеса в форме вала (вал-шестерня) в большинстве случаев имеют центровые отверстия, которые используют в качестве технологических баз. Однако при малой жесткости деталей или при большой длине вала при нарезании зубьев в качестве технологической базы используют посадочные поверхности под подшипники.

Зубчатые колеса могут быть одновенцовыми и многовенцовыми, они отличаются по соотношению длины колеса к его наружному диаметру. У многовенцовых зубчатых колес типа втулки длина посадочного отверстия значительно больше его диаметра, что следует учитывать при проектировании технологических процессов изготовления зубчатых колес.

Материал определяется требованиями, предъявляемыми к зубчатому колесу, из условия надежности и долговечности. Он должен быть равномерным по структуре, не допускать прижогов при шлифовании и короблений при термической обработке. Кроме того, материал не должен быть чувствительным к появлению микротрещин и остаточных термических напряжений. Наиболее распространены в этом качестве стальные сплавы, стали или цветные сплавы.

Заготовки получают в основном штамповкой, иногда литьем. Зубчатые колеса, изготовленные из заготовок, полученных методами пластической деформации, являются более надежными в эксплуатации, так как имеют улучшенную

структуру материала.

Точность зубчатых колес нормируют по ГОСТ 1643-81, согласно которому для цилиндрических зубчатых колес установлено 12 степеней точности. Так как зубчатые колеса в процессе работы взаимодействуют одно с другим, то к ним предъявляются требования по кинематической точности, по величине и расположению пятна контакта между сопрягаемыми зубчатыми колесами, по величине бокового зазора и др.

Для обработки поверхностей зубчатых колес наиболее часто применяют методы, приведенные Прилож. 3 [8].

РАБОТА № 11
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

При проектировании технологического процесса изготовления зубчатого колеса особое внимание уделяют точности формообразования профиля зубьев и их взаимного расположения относительно базовых поверхностей. Для этого стремятся избегать нарушения принципа совмещения баз (совмещение конструкторских и технологических баз).

Один из возможных вариантов типового технологического маршрута обработки цилиндрического зубчатого колеса, имеющего форму втулки, представлен в виде табл. 11.1 [6].

Как уже упоминалось, для повышения твердости рабочих поверхностей зубчатых колес применяют цементирование этих поверхностей. Типовой технологический процесс изготовления цементируемого зубчатого колеса, имеющего форму втулки, делится

на следующие этапы:

- термообработка заготовки (нормализация);
- черновая токарная обработка (подрезка торца, растачивание отверстия, обточка верха, подрезка другого торца);
- чистовая обработка: протачивание торца, растачивание отверстия, шлифование технологических баз, используемых для нарезания зубьев (желательно с одной установочной базы), обтачивание верха;
- нарезание зубьев и их зачистка;
- покрытие лаком цементируемых поверхностей и меднение;
- термическая обработка (цементация, закалка, отпуск);
- обтачивание омедненных поверхностей, поверхностей под шлицы и резьбу;
- нарезание шлицов или шпоночного паза (протягивание);
- нарезание резьбы, слесарная зачистка;
- шлифование зубьев;
- шлифование посадочных мест под подшипники;
- контроль точности и качества готового зубчатого колеса.

Таблица 11.1

Типовой технологический маршрут обработки цилиндрического зубчатого колеса

Номер операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Оборудование
05	*Токарная*: черновая обработка наружных и внутренних поверхностей	Наружная Цилиндрическая поверхность и торец	Токарный станок
10	*Термическая:* отжиг	-	Термическая печь
15	*Протяжная*: протягивание отверстия (шлицевого, шпоночного)	Поверхность отверстия и торец	Протяжной станок
20	*Токарная:* получистовая обработка наружных поверхностей	Поверхность цилиндрического отверстия и торец	Токарный станок
25	*Токарная:* чистовая обработка наружных поверхностей	Поверхность цилиндрического отверстия и торец	Токарный станок
30	*Зубофрезерная*: черновое нарезание зубьев	Поверхность цилиндрического отверстия и торец	Зубофрезерный станок
35	*Термическая*: закалка		Установка ТВЧ (токов высокой частоты)
40	*Шлифовальная*: шлифование отверстия и базового торца	Эвольвентная поверхность профиля зубьев и торец	Внутришлифовальный станок
45	*Шлифовальная:* шлифование другого торца (противоположного)	Крайняя торцевая поверхность	Плоскошлифовальный станок
50	*Шлифовальная*: шлифование эвольвентной поверхности профиля зубьев	Поверхность цилиндрического отверстия и торец	Зубошлифовальный станок
55	*Контрольная:* контроль параметров готовой детали	Конструкторские базы	Проверочный стенд

Задание 11.1

По одному из вариантов задания (табл. 11.2) разработать маршрут технологического процесса изготовления цилиндрического зубчатого колеса (рис. 11.1, *а*) с прямыми зубьями с числом зубьев $z = 51$, степенью точности 7-С из заготовки (рис. 11.1, *б*), полученной штамповкой в открытом штампе. Материал заготовки – сталь 45, производство крупносерийное. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки.

В качестве примера выполнения задания 11.1 предлагается ознакомиться с технологической схемой изготовления зубчатого колеса типа «втулка», которая представлена в виде табл. 11.3 [5].

Задание 11.2

По одному из вариантов задания (табл. 11.4) выбрать метод обработки зубьев, разработать маршрут технологического процесса изготовления цилиндрического зубчатого колеса (рис. 11.2**,** *а*) с прямыми зубьями (число зубьев $z = 38$), с внутренними прямоугольными шлицами. Составить операционные эскизы на основные операции. механической обработки, определив место химико-термической обработки (цементации). Степень точности зубчатого колеса 7-С. Заготовка (рис. 11.2, *б)* получена штамповкой в открытом штампе из стали 18ХНВА. Твердость сердцевины $HB > 330$, твердость цементированной поверхности зубьев $HRC > 58$. Производство крупносерийное.

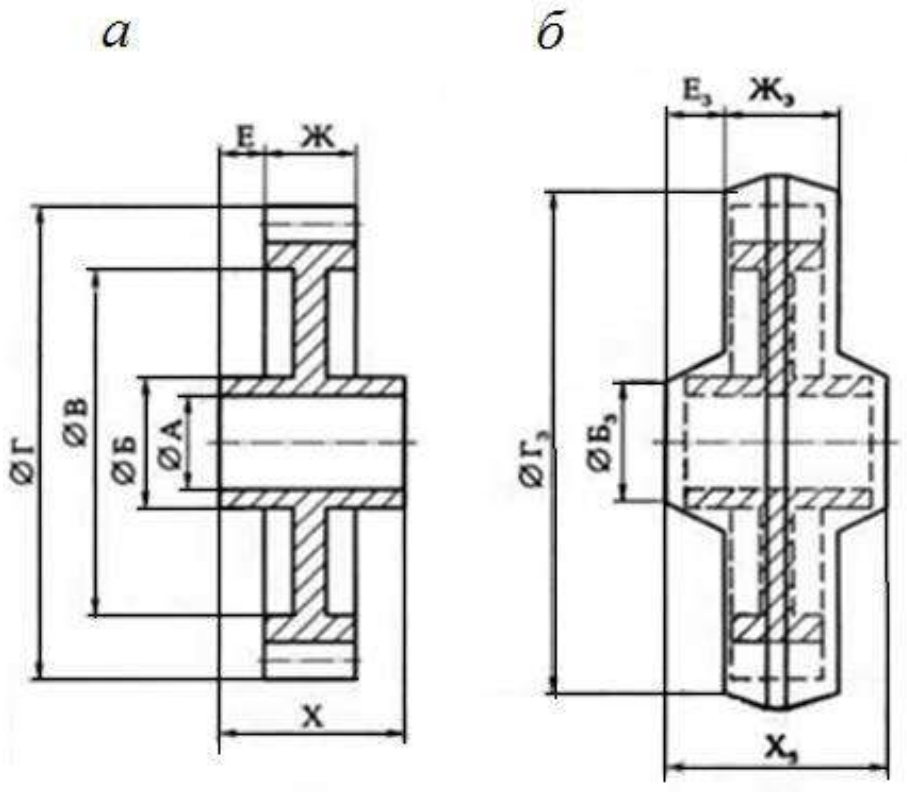


Рис. 11.1. Эскиз обрабатываемого цилиндрического зубчатого колеса:
а – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

Таблица 11.2

Индивидуальные варианты для выполнения задания 11.1

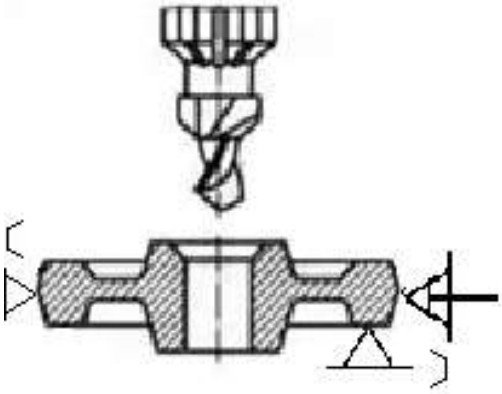
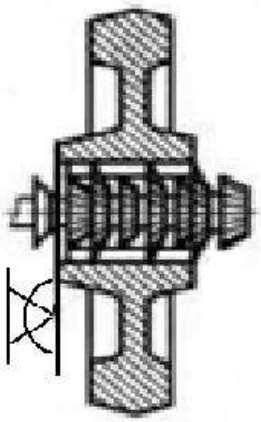
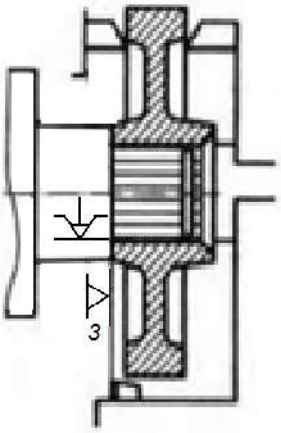
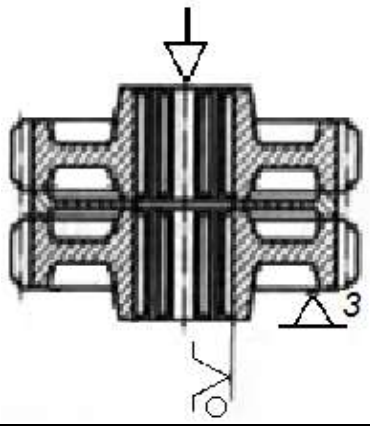
Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	ØА	Номинальный размер, мм	45	50	55	45	40	35	45	50	55	45	40	55	45	40	35	45
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØБ	Номинальный размер, мм	60	65	70	60	55	50	60	65	70	60	65	70	60	55	50	60
		Точность	f11	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	d9	f9	h9
	ØВ	Номинальный размер, мм	160	165	170	160	155	150	160	165	170	160	155	170	160	155	150	160
		Точность	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11	H11
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Ø Г	Номинальный размер, мм	190	195	200	190	185	180	190	195	200	190	185	200	190	185	180	190
		Точность	f11	f11	h11	d11	f11	d11	f11	h11	d11	h11	f11	h11	d11	f11	d11	f11
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Х	Номинальный размер, мм	80	80	84	75	80	70	75	80	83	75	80	84	75	80	70	75
		Точность	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10	h10
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Окончание табл. 11.2

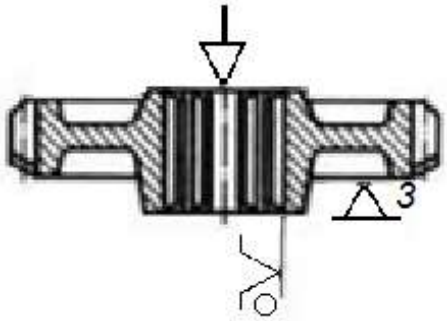
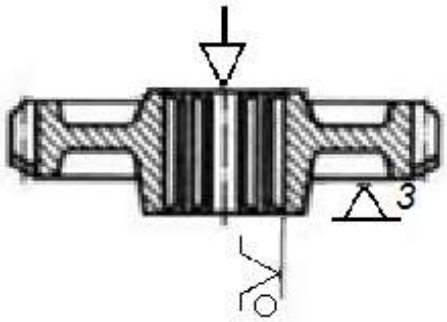
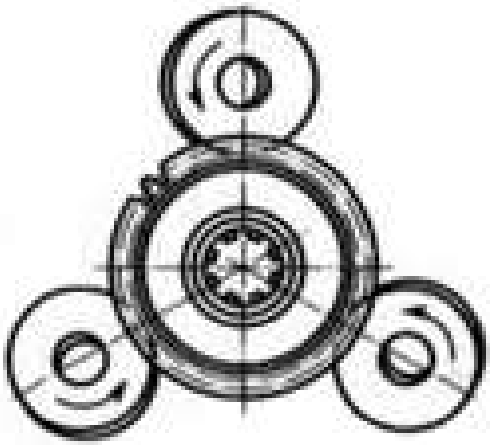
Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
заготовка	Е	Номинальный размер, мм	20	20	24	25	20	15	23	17	20	24	25	20	15	23	17	20
	Ж	Номинальный размер, мм	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	$ØБ_з$	Номинальный размер, мм	66	72	76	68	62	56	76	66	62	76	68	62	56	76	66	62
	$ØГ_з$	Номинальный размер, мм	198	203	208	198	194	188	208	198	194	208	198	194	188	208	198	194
	$Х_з$	Номинальный размер, мм	86	86	90	82	86	76	90	84	88	90	82	86	76	90	84	88
		Точность	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13	Js13
	$Е_з$	Номинальный размер, мм	22	20	20	24	25	20	20	23	17	20	24	25	20	20	23	17
	$Ж_з$	Номинальный размер, мм	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Таблица 11.3

Технологическая схема изготовления зубчатого колеса типа «втулка»

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	оборудование
Сверлильная (или токарная): сверление центрального отверстия, зенкерование (или обтачивание) торца, снятие фаски		Сверлильный (или токарно-револьверный) станок
Протяжная: протягивание центрального отверстия со шлицами		Протяжной станок
Токарная: черновое обтачивание верха		Токарный (лучше многорезцовый) станок
Зубонарезная: нарезание зубьев		Зубофрезерный станок

Окончание табл. 11.3

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	оборудование
Фрезерная: закругление зубьев		Станок с ЧПУ
Шевинговальная: шевингование зубьев		Шевинговальный станок
Притирочная: притирка зубьев		Зубопритирочный станок

Примечание. В таблице не указаны следующие операции: термическая, слесарная, контрольная.

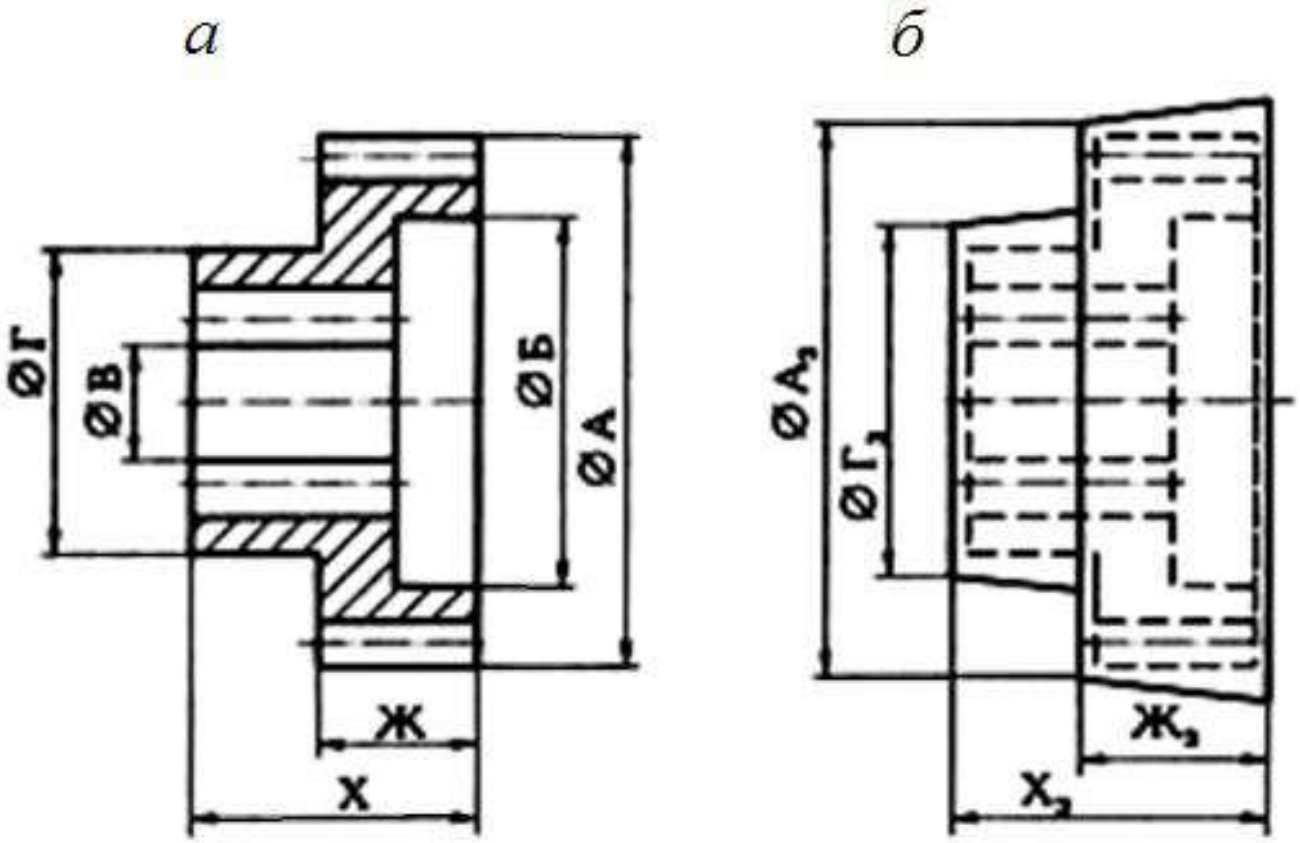


Рис. 11.2. Эскиз обрабатываемого цилиндрического зубчатого колеса
с внутренними прямоугольными шлицами:
а – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

Задание 11.3

По одному из вариантов задания (табл. 11.5) выбрать метод обработки зубьев, разработать маршрут технологического процесса изготовления цилиндрического зубчатого колеса (рис. 11.3, *а)* с прямыми зубьями (число зубьев $z = 29$), степенью точности 7-С из заготовки (рис. 11.3, б), полученной штамповкой в открытом штампе. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки, обратив особое внимание на место химико-термической обработки (цементации) и способ защиты нецементированных поверхностей. Материал заготовки – 18ХНВА. Твердость сердцевины $HB > 330$, твердость цементированной поверхности зубьев HRC > 58. Производство крупносерийное.

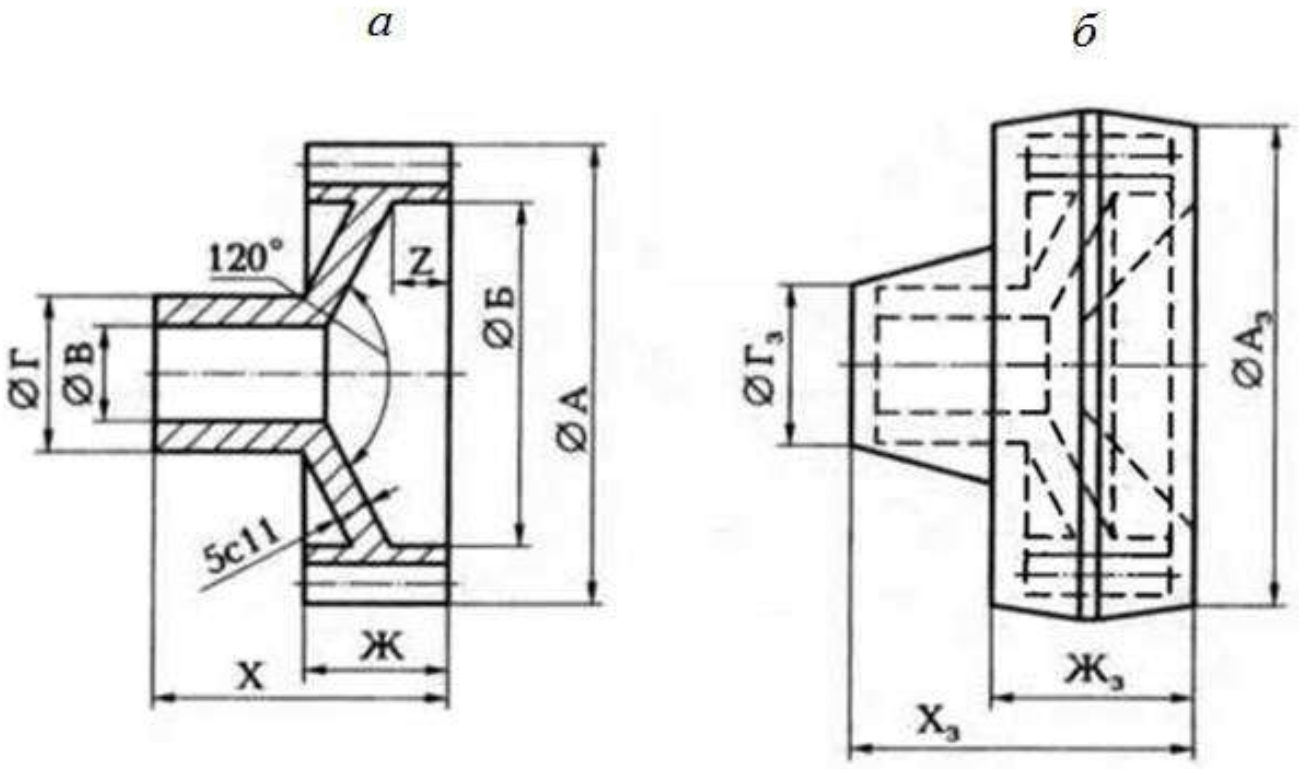


Рис. 11.3. Эскиз обрабатываемого цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями:
а – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

Задание 11.4

По одному из вариантов задания (табл. 11.6) выбрать метод обработки зубьев, разработать маршрут технологического процесса изготовления цилиндрического зубчатого колеса (рис. 11.4, *а*) типа «вал» с прямыми зубьями (число зубьев $z = 32$), степенью точности 7-С из заготовки (рис. 11.4, *б*), полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки, определив место химико-термической обработки (цементации). Материал заготовки – 18ХНВА. Твердость сердцевины $HB > 330$, твердость цементированной поверхности зубьев $HRC > 58$. Производство крупносерийное.

В качестве примера выполнения задания предлагается ознакомиться с технологической схемой изготовления зубчатого колеса типа «вал», которая представлена в виде табл. 11.7 [5].

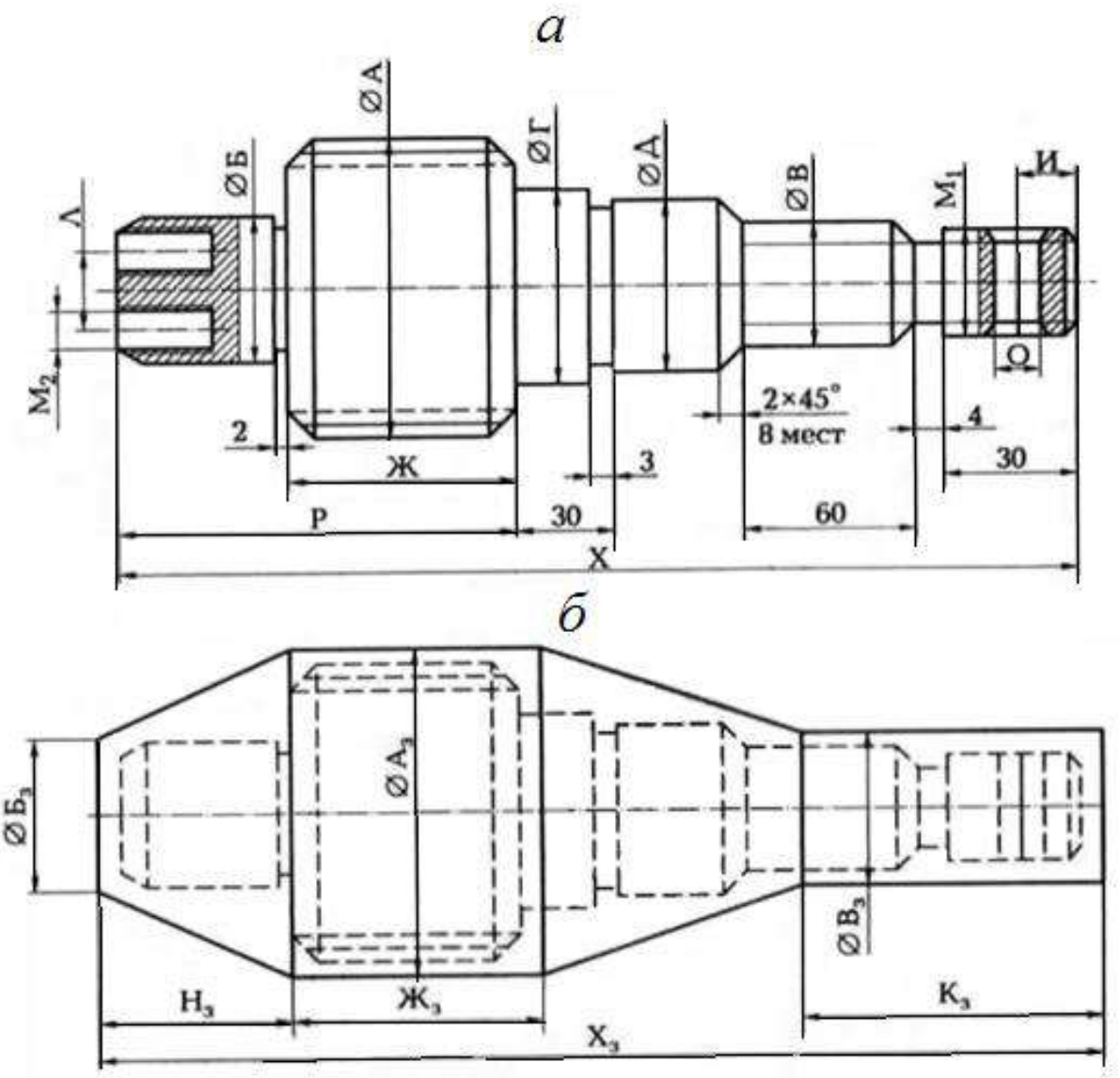


Рис. 11.4. Эскиз обрабатываемого цилиндрического зубчатого колеса типа вал»:
а – размеры детали; *б* – размеры штампованной на ГКМ заготовки

Таблица 11.4

Индивидуальные варианты для выполнения задания 11.2

Показатели детали и заготовки			Вариант															
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	ØА	Номинальный размер, мм	110	125	130	120	130	125	135	140	130	120	130	125	135	140	130	120
		Точность	fl0	hll	dl0	fl0	hll	dl0	fl0	hll	dl0	fl0	hll	dl0	fl0	hll	dl0	fl0
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	ØБ	Номинальный размер, мм	80	95	100	90	100	95	105	110	100	90	100	95	105	110	100	90
		Точность	h11	hll	h12	hll	hll	h12	hll	hll	h12	hll	hll	h12	hll	hll	h12	hll
	ØВ	Номинальный размер, мм	30	35	40	30	40	35	45	50	40	30	40	35	45	50	40	30
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1.25	1.25	1,25	1,25	1.25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1.25	1,25	1,25	1,25
	ØГ	Номинальный размер, мм	60	65	70	60	70	65	75	80	70	60	70	65	75	80	70	60
		Точность	d10	fl0	hll	dl0	fl0	fl0	hll	dl0	fl0	hll	dl0	fl0	hll	dl0	fl0	hll
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	Х	Номинальный размер, мм	60	65	70	60	70	65	75	80	70	60	70	65	75	80	70	60
		Точность	h12	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	h 12	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	h 12
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Ж	Номинальный размер, мм	35	40	45	35	45	40	50	55	45	35	45	40	50	55	45	35
заготовка	$ØА_з$	Номинальный размер, мм	118	135	138	128	138	135	145	148	137	128	140	135	145	148	137	128
	$ØГ_з$	Номинальный размер, мм	70	75	78	68	80	75	85	88	78	68	80	75	85	88	78	68
	$Ж_з$	Номинальный размер, мм	40	46	50	42	52	46	58	60	54	42	52	46	58	60	54	42
	$Х_з$	Номинальный размер, мм	66	70	75	65	75	70	80	86	78	66	75	70	80	86	78	66

Таблица 11.5

Индивидуальные варианты для выполнения задания 11.3

Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	ØА	Номинальный размер, мм	130	135	130	140	145	130	135	140	130	130	140	130	140	145	130	135
		Точность	hl0	dl2	fll	h10	dl2	fll	hl0	dl2	fll	hl0	hl0	fll	h10	dl2	fll	hl0
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	ØБ	Номинальный размер, мм	90	95	90	100	105	90	95	100	90	90	100	90	100	105	90	95
		Точность	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12	H12
	ØВ	Номинальный размер, мм	30	35	30	40	45	30	35	40	30	30	40	30	40	45	30	35
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØГ	Номинальный размер, мм	60	65	60	70	75	60	65	70	60	60	70	60	70	75	60	65
		Точность	fll	hl0	dl2	fll	hl0	dl2	fll	hl0	dl2	fll	hl0	dl2	fll	hl0	dl2	fll
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Х	Номинальный размер, мм	60	60	65	60	70	75	60	65	70	60	60	65	60	70	75	60
		Точность	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2.5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2.5	2,5	2,5	2,5
	Ж	Номинальный размер, мм	35	32	30	35	34	30	32	35	30	30	35	30	35	34	30	32
заготовка	$ØА_з$	Номинальный размер, мм	138	145	138	148	155	138	145	148	136	138	148	138	148	155	138	145
	$ØГ_з$	Номинальный размер, мм	70	72	68	78	85	68	75	76	66	66	78	68	78	85	68	75
	$Ж_з$	Номинальный размер, мм	40	37	35	40	40	36	38	40	34	36	40	35	40	40	36	38
	$Х_з$	Номинальный размер, мм	66	66	70	66	76	80	65	70	78	66	65	70	66	76	80	65

Таблица 11.6

Индивидуальные варианты для выполнения задания 11.4

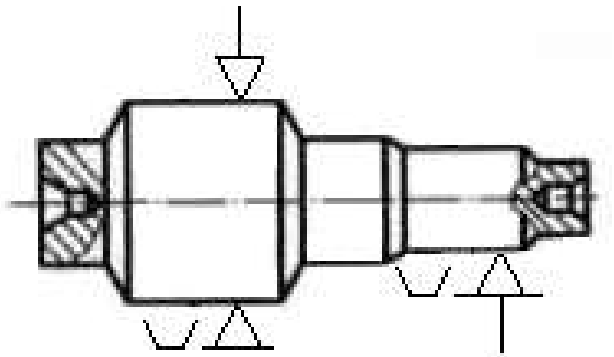
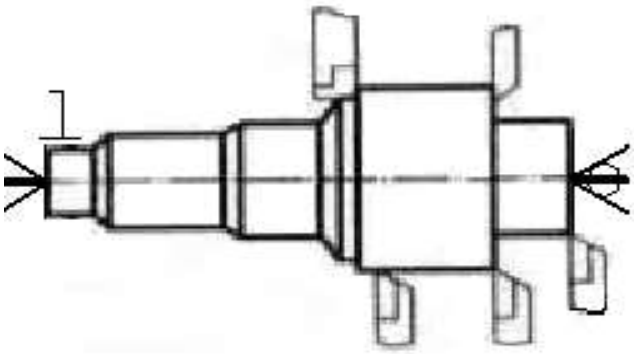
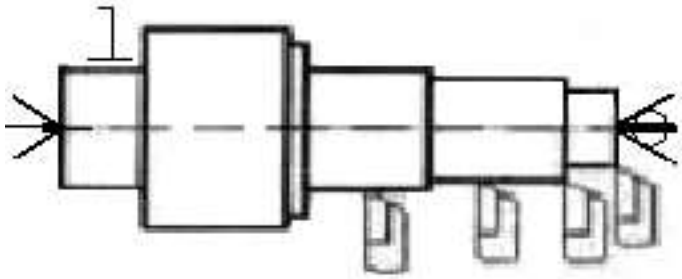
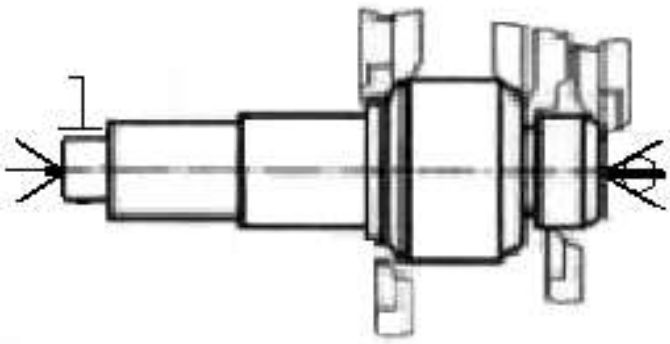
Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	ØА	Номинальный размер, мм	110	115	105	105	145	110	105	105	105	110	105	145	110	105	105	105
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	h9	d9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØБ	Номинальный размер, мм	40	45	40	40	40	45	40	40	40	45	40	40	45	40	40	40
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	h9	d9	h9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØВ	Номинальный размер, мм	35	40	35	35	35	40	35	35	35	40	35	35	40	35	35	35
		Точность	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	h9	d9	f9	h9	d9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØГ	Номинальный размер, мм	45	50	45	45	45	50	45	45	45	50	45	45	50	45	45	45
		Точность	fll	hl1	dl2	dll	fl1	hl1	dll	fl1	h11	dll	fl1	fl1	hl1	dll	fl1	h11
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØД	Номинальный размер, мм	40	45	40	40	40	45	40	40	40	45	40	40	45	40	40	40
		Точность	f9	h9	d9	f9	d9	f9	h9	d9	h9	f9	d9	d9	f9	h9	d9	h9
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	M_1	Номинальный размер, мм	38	45	38	48	55	38	45	48	36			155	138	145	148	136
	M_2	Номинальный размер, мм	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Л	Номинальный размер, мм	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	И	Номинальный размер, мм	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	О	Номинальный размер, мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Х	Номинальный размер, мм	300	310	320	330	300	300	330	300	310	300	340	300	300	330	300	310
		Точность	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	h12	hl2	hl2	h12	hl2	hl2	hl2	h12	hl2	hl2	h12
		Ra, мкм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

Окончание табл. 11.6

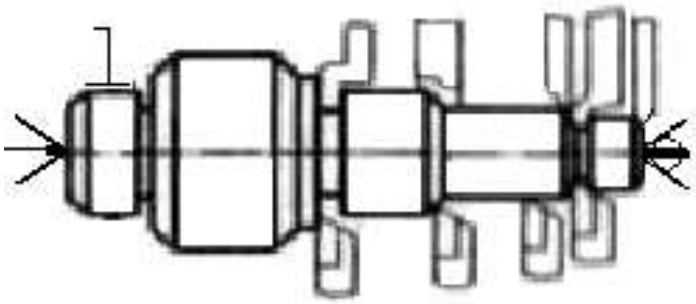
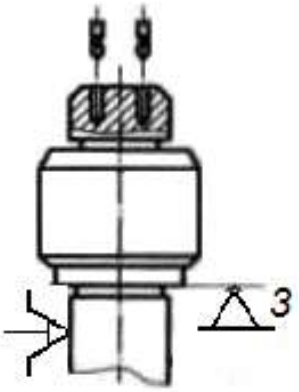
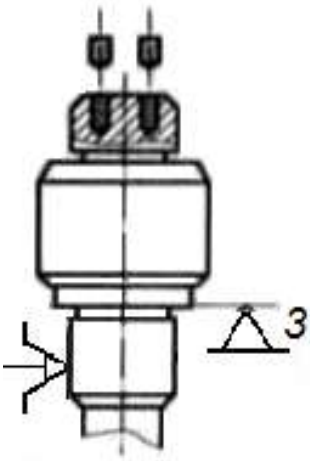
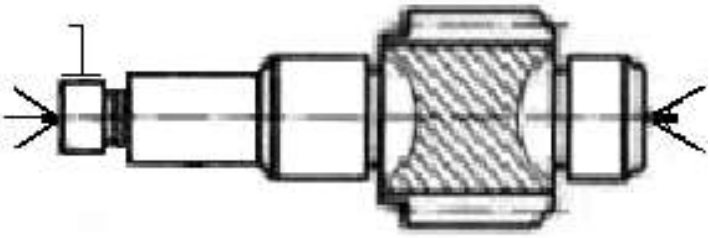
Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
заготовка	Ж	Номинальный размер, мм	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Р	Номинальный размер, мм	120	130	140	150	120	120	150	120	120	120	160	120	120	150	120	120
	$ØA_з$	Номинальный размер, мм	118	122	112	112	112	118	114	112	110	118	112	112	118	114	112	110
	$ØБ_з$	Номинальный размер, мм	42	46	44	42	44	48	42	42	44	48	44	44	48	42	42	44
	$ØВ_з$	Номинальный размер, мм	46	45	50	48	46	52	48	50	50	55	50	46	52	48	50	50
	$Х_з$	Номинальный размер, мм	308	320	330	338	310	308	340	310	316	310	350	310	308	340	310	316
	$Н_з$	Номинальный размер, мм	70	80	90	100	70	70	100	70	70	70	100	70	70	100	70	70
	$Ж_з$	Номинальный размер, мм	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
	$К_з$	Номинальный размер, мм	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 11.7

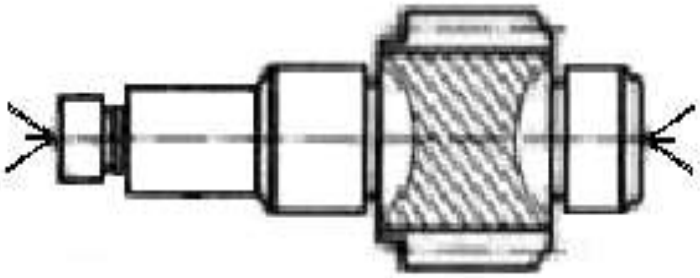
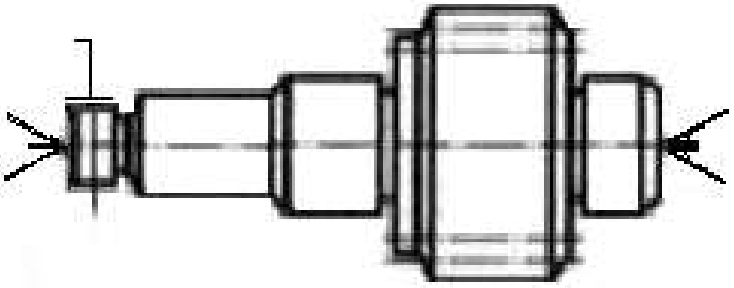
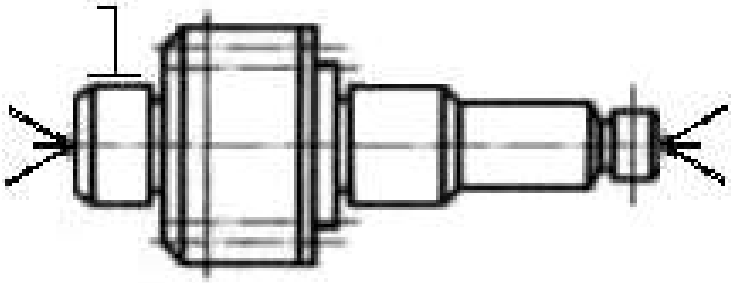
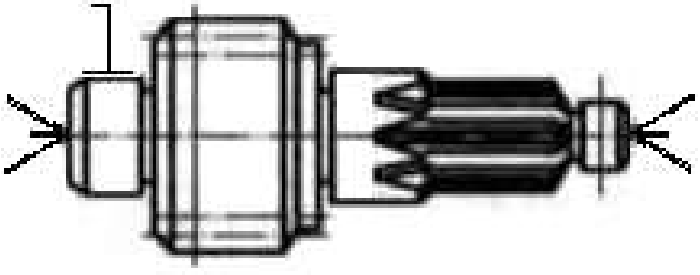
Технологическая схема изготовления зубчатого колеса типа «вал»

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Фрезерно-центровальная: фрезерование и центрование торцов		Фрезерно-центровочный станок
Токарная: черновое обтачивание одной стороны		Токарный станок (лучше многорезцовый)
Токарная: черновое обтачивание другой стороны		Токарный станок (лучше многорезцовый)
Токарная: чистовое обтачивание одной стороны		Токарный станок (лучше многорезцовый)

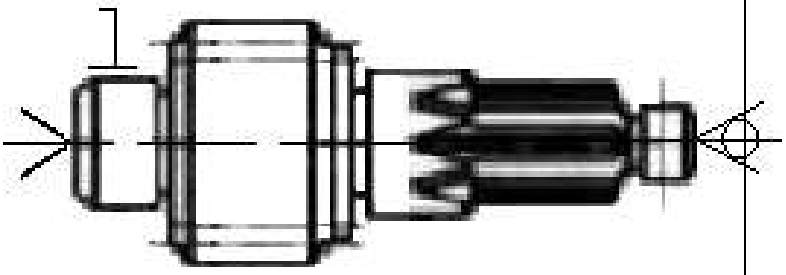
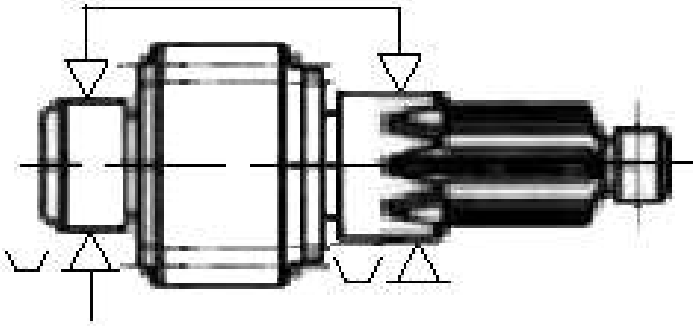
Продолжение табл. 11.7

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Токарная: чистовое обтачивание другой стороны		Токарный станок (лучше многорезцовый)
Сверлильная: сверление двух отверстий на торце		Сверлильный станок
Слесарная: нарезание резьбы в двух отверстиях		Сверлильный станок с резьбовой головкой (или верстак слесаря)
Зубонарезная: нарезание зубьев		Зубофрезерный станок

Продолжение табл. 11.

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Шевинговальная: шевингование зубьев		Зубошевинговальный станок
Круглошлифовальная: шлифование шейки и торца с одной стороны		круглошлифовальный станок
Круглошлифовальная: шлифование шейки с другой стороны и поверхности под шлицы		круглошлифовальный станок
Шлицефрезерная: Фрезерование шлицов		Шлицефрезерный станок

Окончание табл. 11

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Резьбонарезная: нарезание наружной резьбы		Токарный станок
Сверлильная: сверление радиального отверстия		Вертикально-сверлильный станок

РАБОТА № 12
ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Конические зубчатые колеса могут быть типа «вал» и типа «втулка», каждый из которых имеет свои особенности технологического процесса изготовления. Условием правильной работы конической зубчатой пары является совмещение вершин делительных конусов в одной точке.

При изготовлении зубчатых колес типа «втулка» особое внимание уделяют следующим элементам зубчатого колеса:

- посадочному отверстию;
- опорному торцу;
- расстоянию от базового торца до линии пересечения переднего и заднего конусов;
- наружному диаметру зубчатого венца;
- ширине венца;
- углам переднего и заднего конусов зубчатого венца.

При изготовлении зубчатых колес типа «вал» особое внимание уделяют следующим элементам зубчатого колеса:

- посадочным шейкам под подшипники;
- опорному торцу;
- расстоянию от базового торца до линии пересечения переднего и заднего конусов;
- наружному диаметру зубчатого венца;
- ширине венца;
- углам переднего и заднего конусов зубчатого венца.

Задание 12.1

По одному из вариантов задания (табл. 12.1) выбрать метод обработки зубьев, разработать маршрут технологического процесса изготовления прямозубого конического зубчатого колеса типа «втулка» (рис. 12.1, *а*) из заготовки (рис. 12.1, *б*), полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине. Число зубьев 37, степень точности 8. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки, определив место химико-термической обработки (цементации) и способ защиты нецементированных поверхностей. Материал заготовки – 18ХНВА. Твердость сердцевины $HB > 330$, твердость цементированной поверхности зубьев $HRC > 58$. Производство крупносерийное.

В качестве примера выполнения задания предлагается ознакомиться с технологической схемой изготовления конического зубчатого колеса типа «втулка», основные этапы которой представлены в виде табл. 12.2 [5].

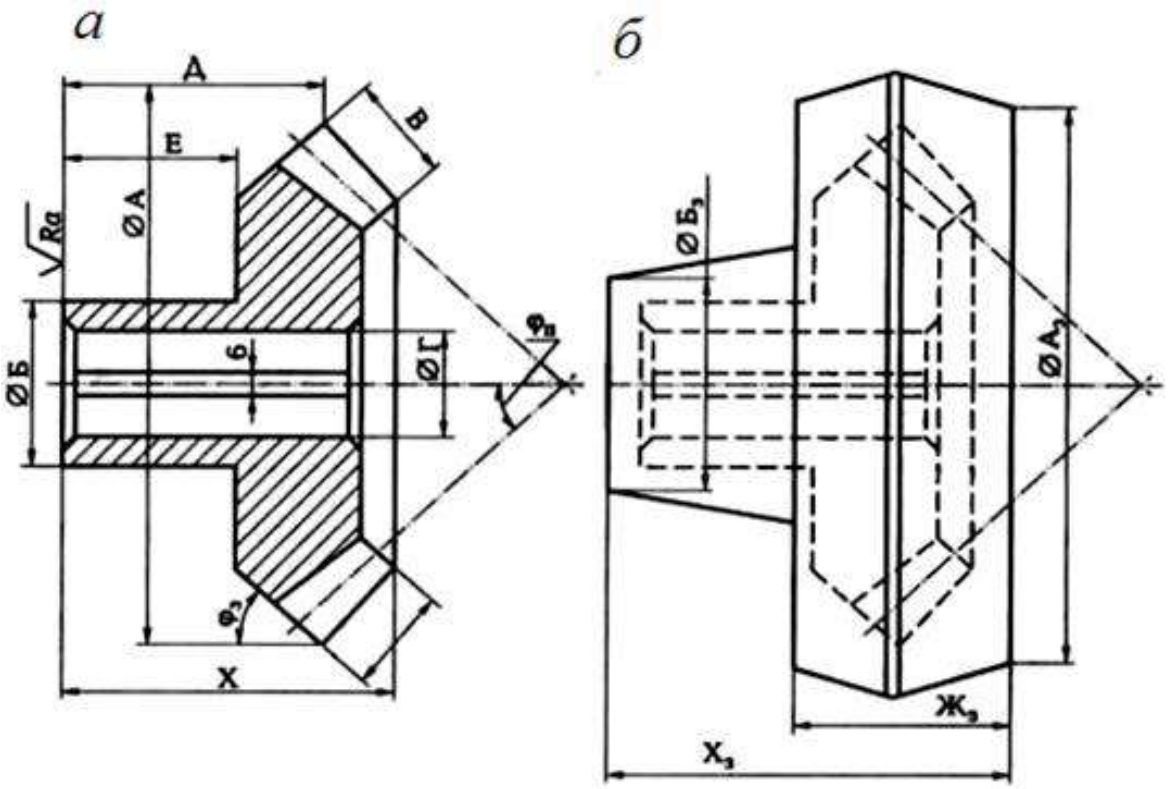


Рис. 12.1. Эскиз обрабатываемого прямозубого конического зубчатого колеса типа «втулка»:
а – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

Задание 12.2

По одному из вариантов задания (табл. 12.3) разработать маршрут технологического процесса изготовления прямозубого конического зубчатого колеса типа «вал» (рис. 12.2, *а*) из заготовки (рис. 12.2, б), полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине. Составить операционные эскизы на основные операции механической обработки. Число зубьев 16, степень точности 9. Материал заготовки – 18ХНВА. Производство крупносерийное.

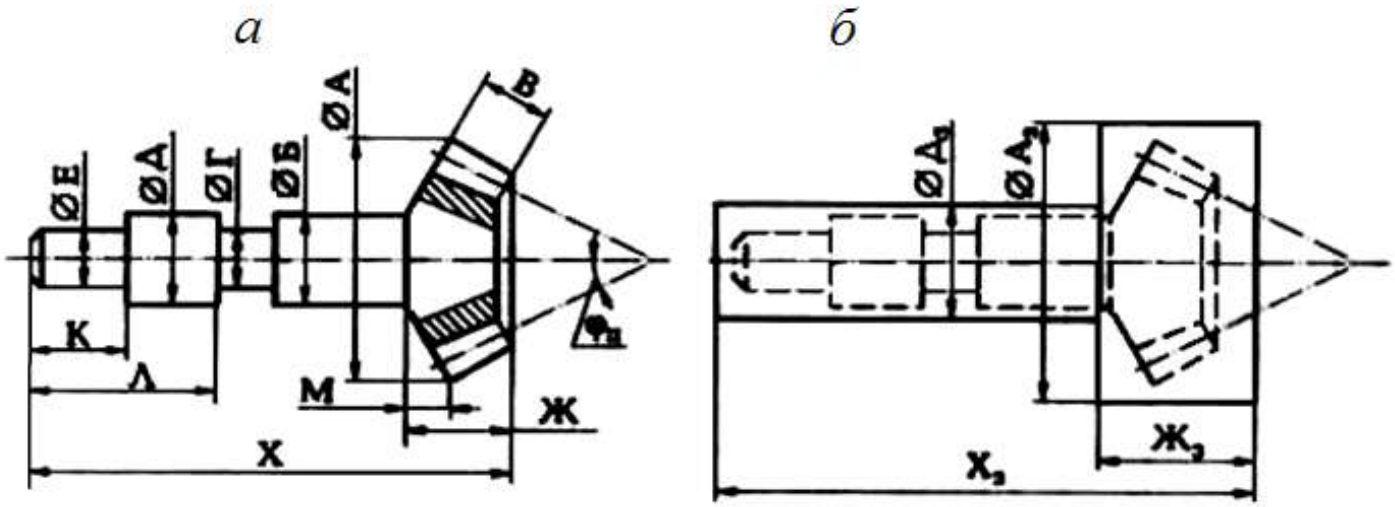


Рис. 12.2. Эскиз обрабатываемого прямозубого конического
зубчатого колеса типа «вал»:
а – размеры детали; *б* – размеры штампованной заготовки

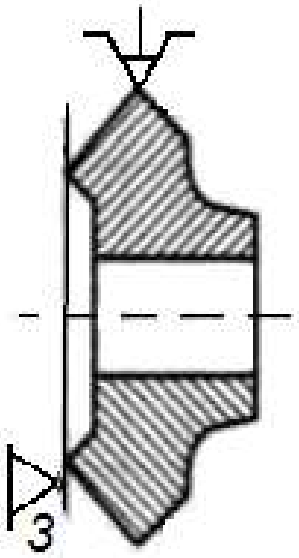
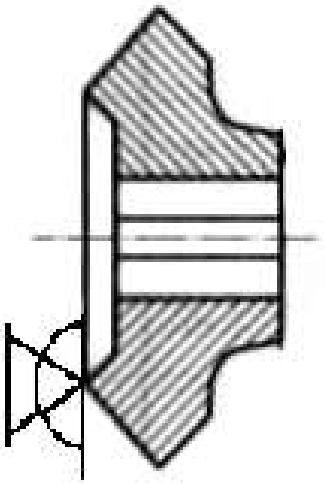
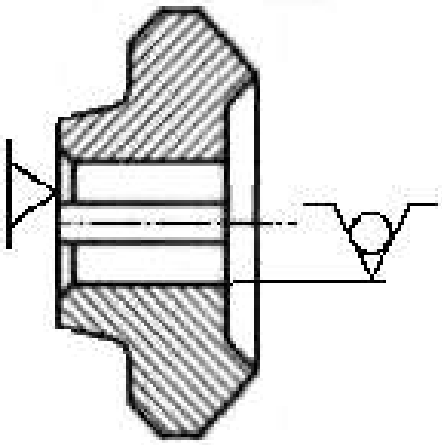
Таблица 12.1

Индивидуальные варианты для выполнения задания 12.1

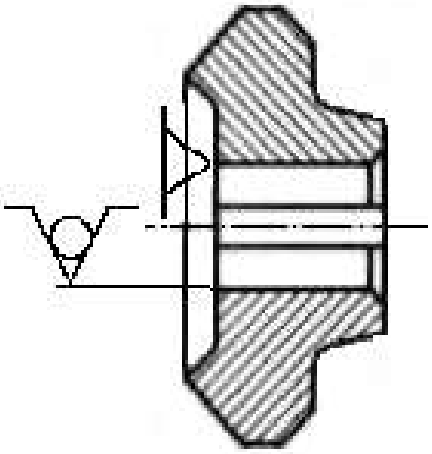
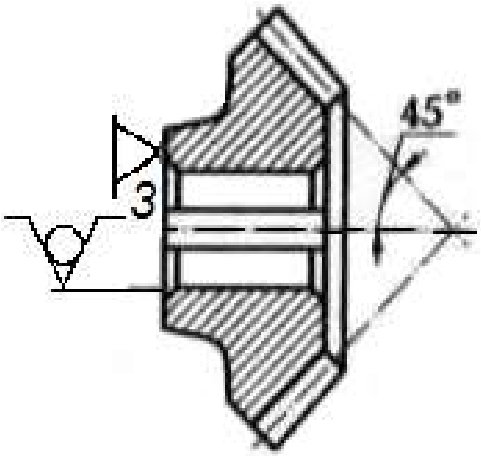
Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	ØА	Номинальный размер, мм	120	130	140	130	120	140	120	130	140	150	120	130	140	130	120	140
	ØБ	Номинальный размер, мм	80	85	90	85	80	90	80	82	85	88	90	85	90	85	80	90
		Точность	h11	hl2	d12	fll	hl2	d12	fll	h12	d12	fll	hl2	hl2	d12	fll	hl2	d12
	ØГ	Номинальный размер, мм	40	45	50	45	40	50	40	42	45	48	50	45	50	45	40	50
		Точность	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9	H9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1.25	1.25	1,25	1,25	1.25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1.25	1.25	1,25	1,25
	Х	Номинальный размер, мм	60	65	70	65	60	75	60	65	70	75	60	65	70	65	60	75
		Точность	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2	hl2
		Ra, мкм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	В	Номинальный размер, мм	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Д	Номинальный размер, мм	50	55	60	55	50	65	50	55	60	65	50	55	60	55	50	65
	Е	Номинальный размер, мм	40	45	50	45	40	55	40	45	50	55	50	45	50	45	40	55
	$\varphi_п$	Номинальный размер, …°	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	$\varphi_з$	Номинальный размер, …°	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
заготовка	$ØА_з$	Номинальный размер, мм	130	140	150	140	130	150	130	140	150	160	130	140	150	140	130	150
	$ØБ_з$	Номинальный размер, мм	90	95	98	94	88	98	88	90	95	95	98	95	98	94	88	98
	$Ж_з$	Номинальный размер, мм	30	28	30	26	28	30	28	30	26	30	28	28	30	26	28	30
	$Х_з$	Номинальный размер, мм	70	74	78	72	68	83	68	75	78	85	66	74	78	72	68	83

Таблица 12.2

Основные этапы технологической схемы изготовления конического зубчатого колеса типа «втулка»

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
токарная: сверление центрального отверстия и подрезание торца		токарный станок
Протяжная: протягивание центрального отверстия; протягивание шпоночного паза		Протяжной станок
Токарная: обтачивание наружной поверхности, подрезание базового торца, снятие фасок		Токарный (или токарно-револьверный) станок

Окончание табл. 12.2

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Токарная: обтачивание переднего и заднего конусов, подрезание второго торца, снятие фасок		Токарный (или токарно-револьверный) станок
Зубонарезная: предварительное нарезание зубьев		Горизонтально-фрезерный станок
Зубострогальная: чистовое строгание зубьев		Зубострогальный станок

Примечания: 1. Отдельные этапы могут состоять из нескольких операций.
2. В таблице не указаны слесарные операции, операция обкатки, контрольная операция.

В качестве примера выполнения задания предлагается ознакомиться с технологической схемой изготовления конического зубчатого колеса типа «вал», основные этапы которой представлены в виде табл. 12.4[5].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные способы базирования заготовок при изготовлении валов.
2. Назовите основные этапы изготовления валов.
3. Охарактеризуйте приспособление люнет и объясните его назначение.
4. Какие поверхности заготовок для валов используют в качестве первичной установочной базы при их обработке на металлорежущих станках?
5. Перечислите способы базирования заготовок для дисков при механической обработке.

6. Перечислите основные этапы изготовления дисков.
7. Перечислите основные этапы изготовления зубчатых колес типа «втулка».
8. Перечислите основные этапы изготовления конических зубчатых колес.
9. Назовите основные этапы изготовления конических зубчатых колес.
10. Назовите основные методы обработки профиля зубьев зубчатых колес

Таблица 12.3

Индивидуальные варианты для выполнения задания 12.2

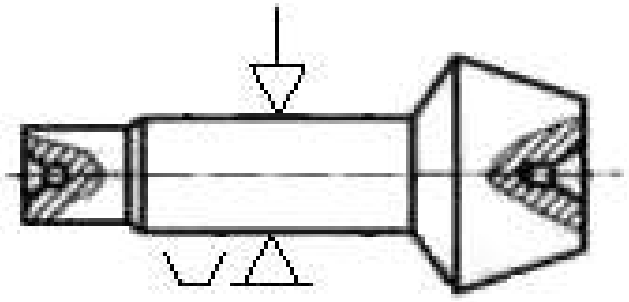
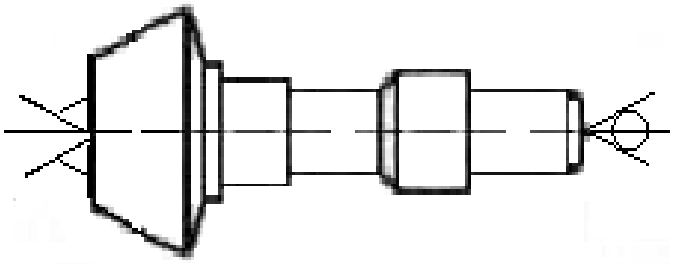
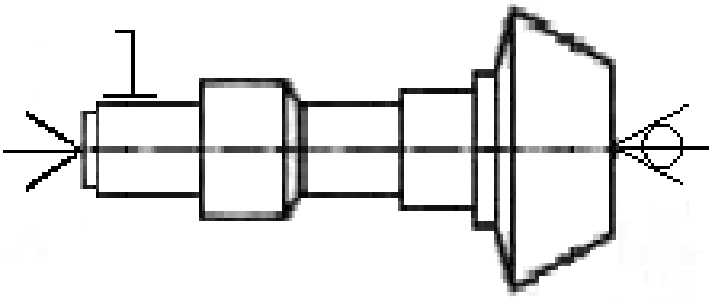
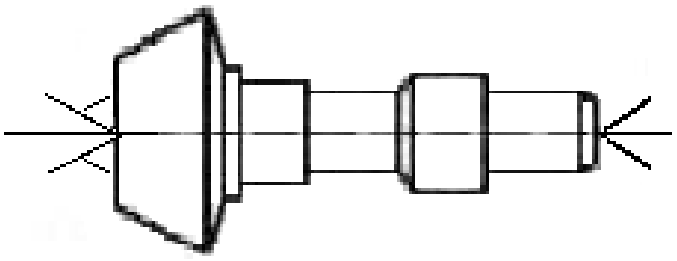
Показатели детали и заготовки			Вариант														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	ØА	Номинальный размер, мм	60	70	80	70	60	80	90	80	70	75	90	80	90	80	70	75
	ØБ	Номинальный размер, мм	30	35	40	35	30	40	40	35	30	35	40	40	40	35	30	35
		Точность	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØГ	Номинальный размер, мм	25	30	35	30	25	35	35	30	25	30	35	35	35	30	25	30
		Точность	fll	hll	dll	fll	fll	hll	dll	fll	fll	hll	dll	hll	dll	fll	fll	hll
		Ra, мкм	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	ØД	Номинальный размер, мм	30	35	40	35	30	40	40	35	30	35	40	40	40	35	30	35
		Точность	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9	h9	d9	f9
		Ra, мкм	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	ØЕ	Номинальный размер, мм	25	30	35	30	25	35	35	30	25	30	35	35	35	30	25	30
		Точность	hll	dll	fll	hll	dll	fll	hll	dll	fll	hll	dll	fll	hll	dll	fll	hll
		Ra, мкм	3,2	3.2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3.2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3.2	3,2	3,2

Окончание табл. 12.3

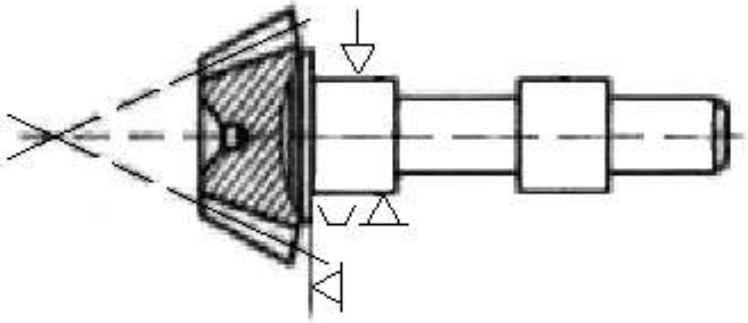
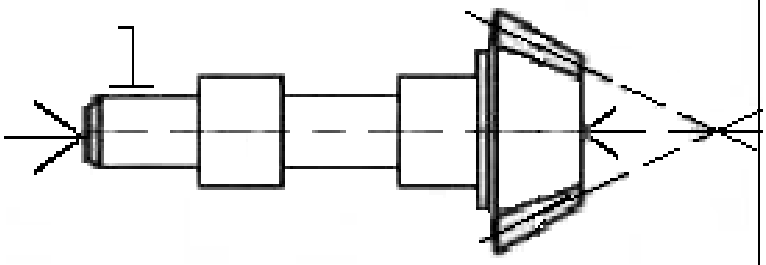
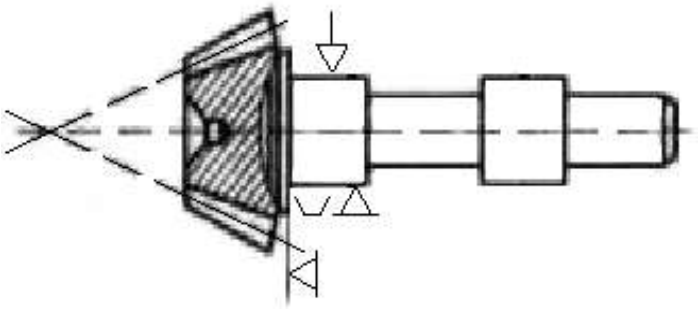
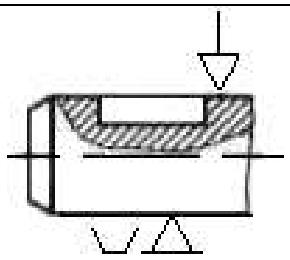
	Показатели детали и заготовки		Вариант															
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
деталь	Ж	Номинальный размер, мм	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Х	Номинальный размер, мм	200	210	220	230	240	250	200	240	200	220	230	250	200	240	200	220
	В	Номинальный размер, мм	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	М	Номинальный размер, мм	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	К	Номинальный размер, мм	30	35	50	40	60	70	40	50	40	60	65	70	40	50	40	60
	Л	Номинальный размер, мм	60	70	100	80	75	70	60	100	80	90	110	70	60	100	80	90
	φ	Номинальный размер, ...°	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	φ	Номинальный размер, ...°	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
заготовка	Ø$А_з$	Номинальный размер, мм	70	80	90	80	70	90	100	90	80	85	100	90	100	90	80	85
	Ø$Б_з$	Номинальный размер, мм	38	44	48	45	36	48	46	45	38	44	48	48	46	45	38	44
	$Ж_з$	Номинальный размер, мм	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	$Х_з$	Номинальный размер, мм	210	220	230	240	250	260	210	250	210	230	240	260	210	250	210	230

Таблица 12.4

Основные этапы технологической схемы изготовления конического зубчатого колеса типа «вал»

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Фрезерно-центровальная: фрезерование и центрование торцов		Фрезерно-центровочный станок
Токарная: обтачивание хвостовика		Токарный станок (лучше многорезцовый)
Токарная: обтачивание конусов зубчатого колеса		Токарный станок
Круглошлифовальная: предварительное шлифование шеек		Круглошлифовальный станок

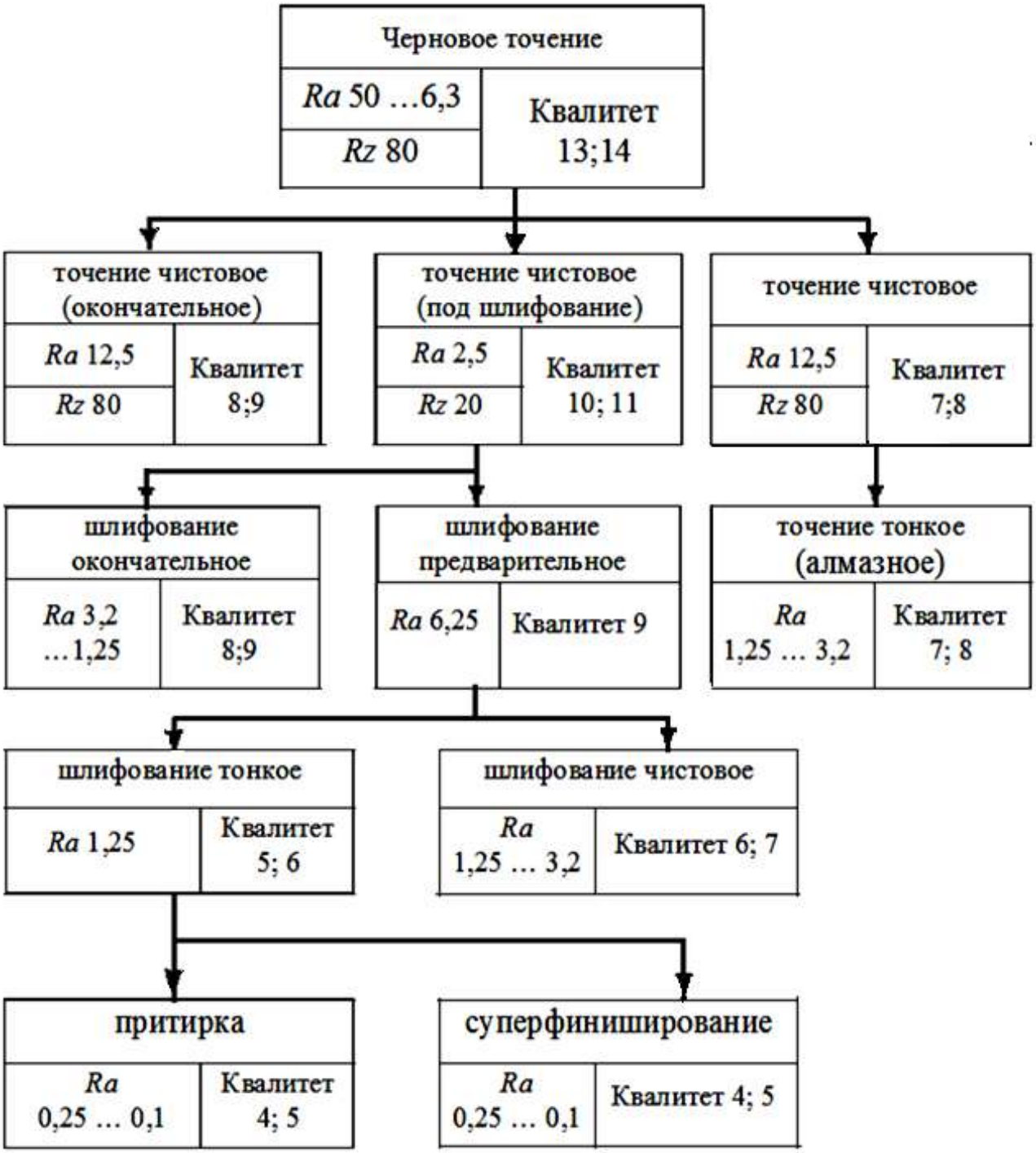
Окончание табл. 12.4

Наименование и содержание операции	Эскиз механической обработки	Оборудование
Зубонарезная: Предварительное нарезание зубьев, чистовое нарезание зубьев		Зуборезный станок
Круглошлифовальная:чистовое шлифование шеек		Круглошлифовальный станок
Зубошлифовальная: шлифование зубьев		Зубошлифовальный станок
Фрезерная: фрезерование шпоночного паза		Вертикально-фрезерный станок

Примечания: 1. Отдельные этапы могут состоять из нескольких операций.
2. В таблице не указаны операция термической обработки, слесарная операция, операция по восстановлению центровых фасок после термической обработки.

Приложение 1

Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических Поверхностей



Приложение 2

Операционные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Вид операции	Расчетная длина обработки, мм					
		до 25	25 ... 63	63 … 100	100 ... 160	160 ... 250	250 ... 400
		Припуск на диаметр, мм					
До 5	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3	3,5	–
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
6 ... 10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3.5	3,5	3,3
	Точение чистовое	1,2	1.2	1,2	1.5	1.5	1,5
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4
10 ... 18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
18 ... 30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1.5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
30 ... 50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
50 ... 80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
80 ... 120	Точение черновое	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
120 ... 200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6

Приложение 3

Методы обработки поверхностей зубчатых колес

Метод обработки	*Ra*, мкм	Квалитет точности поверхности	Степень точности зубчатого колеса
Обработка отверстий			
Сверление	12,5 ... 25	12 – 14	–
Рассверливание	12,5 ... 25	12 – 14	–
Зенкерование черновое	12,5 ... 25	12 – 14	–
Зенкерование однократное литого отверстия	12,5 ... 25	12 – 14	
Зенкерование прошитого отверстия	6,3 ... 12,5	12 – 14	–
Зенкерование чистовое	3,2 ... 6,3	10 – 11	–
Развертывание получистовое	6,3 ... 12,5	9; 10	–
Развертывание чистовое	1.6 ... 3,2	7; 8	–
Развертывание тонкое	0,4 … 0,8	7	–
Протягивание черновое литого или прошитого отверстия	1,6 ... 2,5	8; 9	
Протягивание чистовое или после сверления	0,8...3,2	7:8	
Растачивание черновое	40 … 80	11; 12	–
Растачивание чистовое	2,5 ... 5	8; 9	–
Растачивание тонкое	0,1 ... 0,63	6; 7	–
Шлифование предварительное	1,6 ... 2,5	8; 9	–
Шлифование чистовое	0,63... 1,25	7; 8	-
Шлифование тонкое	0,1...0,63	5; 6	-

Окончание прил. 3

Метод обработки	*Ra*, мкм	Квалитет точности поверхности	Степень точности зубчатого колеса
Притирка, хонингование	0,04 ... 0,32	6; 7	-
Алмазное выглаживание, калибрование	0,05 ... 0,63	7; 8	-
Обработка зубьев			
Зубофрезерование модульной фрезой	6,3 ... 12,5		9; 10
Зубофрезерование червячной фрезой			3,2...6,3
Зубодолбление	1,6 ... 3,2	--	7; 8
Зубострогание	0,8 ... 3,2	--	5–7
Зубопротягивание	0,8 ... 3,2		6; 7
Зубошевингование	0,63 ... 1,25		6; 7
Шлифование зубьев	0,5 ... 1,25	-	5; 6

К 3-й работе Приложение ·

Таблица П·.1

Оптовая цена 1 т отливок из чугуна СЧ20 ГОСТ 1412-85, руб./т

Масса одной отливки, кг	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
0,9	373	464	573	682	814	974
1,125	365	454	561	668	797	954
1,425	357	444	549	653	779	933
1,8	349	435	537	639	762	913
2,25	342	426	526	626	747	895
2,825	335	418	516	614	732	877
3,575	328	409	505	601	718	859
4,5	322	401	496	590	704	843
5,65	316	394	486	579	691	827
7,15	310	386	477	569	677	811
9	304	379	468	557	665	796
11,25	299	373	460	548	653	782
14,25	294	366	452	538	642	768

Таблица П·..2

Оптовые цены на отливки из высококачественного чугуна марки ВЧ 45 ГОСТ 7293-85, руб./т

Масса одной отливки, кг	Группа сложности отливки					
	1	2	3	4	5	6
0,9	466	580	716	852	1017	1218
1,125	456	568	701	834	996	1192
1,425	446	555	686	816	974	1166
1,8	436	544	671	799	953	1141
2,25	428	533	658	783	934	1118
2,825	419	522	645	767	915	1096
3,575	411	512	632	752	897	1074
4,5	403	502	619	737	880	1053
5,65	395	492	608	723	863	1033
7,15	388	483	596	710	847	1014
9	381	474	585	697	831	995
11,25	374	466	575	684	817	978
14,25	367	457	565	672	802	960
18	361	449	555	660	788	943
22,5	355	442	546	649	775	928

Таблица П. 3

Оптовые цены на отливки из ковкого чугуна марки КЧ 45-7 ГОСТ 1215-79, руб./т

Масса одной отливки, кг	Группа сложности отливки					
	1	2	3	4	5	6
0,9	428	534	659	784	936	1120
1,125	419	523	645	768	916	1097
1,425	410	511	631	751	896	1073
1,8	401	500	617	735	877	1050
2,25	393	490	605	720	859	1029
2,825	386	480	593	706	842	1008
3,575	378	471	581	692	825	988
4,5	370	462	570	678	809	969
5,65	364	453	559	665	794	951
7,15	357	444	549	653	779	933
9	350	436	539	641	765	916
11,25	344	429	529	630	751	900
14,25	338	421	520	618	738	883
18	332	413	510	607	725	868
22,5	326	407	502	597	713	853

Таблица П.4

Оптовая цена 1 т отливок из стали 25Л ГОСТ 977-88, руб./т

Масса одной отливки, кг	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
0,9	447	557	688	818	977	1169
1,125	438	545	673	801	956	1144
1,425	428	533	658	783	935	1119
1,8	419	522	644	767	915	1095
2,25	411	512	631	751	897	1074
2,825	402	501	619	737	879	1052
3,575	394	491	606	722	861	1031
4,5	387	482	595	708	844	1011
5,65	379	473	584	694	829	992
7,15	372	464	572	681	813	973
9	365	455	562	669	798	955
11,25	359	447	552	657	784	939
14,25	352	439	542	645	770	922
18	346	431	533	634	756	906
22,5	341	424	524	623	744	891
28,25	335	417	515	613	732	876

Таблица П. 5

Оптовая цена 1 т отливок из алюминиевого сплава АЛ4 ГОСТ 1583-89, руб./т

Масса одной отливки, кг	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
0,9	2391	2657	2952	3247	3572	3929
1,125	2369	2632	2924	3217	3539	3892
1,425	2346	2606	2896	3186	3504	3855
1,8	2323	2582	2868	3155	3471	3818
2,25	2302	2558	2843	3127	3439	3783
2,825	2281	2535	2817	3098	3408	3749
3,575	2260	2511	2790	3069	3376	3714
4,5	2240	2489	2765	3042	3346	3680
5,65	2220	2467	2741	3015	3316	3648
7,15	2201	2444	2716	2987	3286	3615
9	2180	2423	2692	2961	3257	3583
11,25	2162	2402	2669	2936	3230	3552

Таблица П. 6

Оптовые цены на отливки из бронзы оловянной литейной марки БрО5Ц5С5, ГОСТ 613-79

Масса одной отливки, кг	Группа сложности отливки					
	1	2	3	4	5	6
0,9	2162	2325	2500	2675	2861	3204
1,125	2158	2319	2494	2669	2856	3199
1,425	2152	2315	2489	2663	2849	3191
1,8	2148	2310	2483	2657	2843	3184
2,25	2143	2304	2478	2652	2837	3177
2,825	2139	2300	2472	2646	2831	3171
3,575	2134	2294	2467	2640	2824	3163
4,5	2129	2289	2461	2634	2818	3156
5,65	2125	2284	2456	2629	2812	3149
7,15	2119	2279	2451	2622	2806	3143
9	2115	2275	2445	2617	2799	3135
11,25	2111	2269	2440	2611	2794	3129
14,25	2105	2264	2434	2605	2787	3121
18	2101	2259	2429	2599	2781	3115
22,5	2096	2254	2423	2593	2775	3108
5,65	2125	2284	2456	2629	2812	3149
7,15	2119	2279	2451	2622	2806	3143
9	2115	2275	2445	2617	2799	3135
11,25	2111	2269	2440	2611	2794	3129
14,25	2105	2264	2434	2605	2787	3121
18	2101	2259	2429	2599	2781	3115
22,5	2096	2254	2423	2593	2775	3108

Таблица П. 7

Оптовые цены на отливки из бронзы безоловянной литейной марки БрА9ЖЗЛ, ГОСТ 493-79

Масса одной отливки, кг	Группа сложности отливки					
	1	2	3	4	5	6
0,9	1381	1485	1597	1708	1828	2047
1,125	1378	1482	1593	1705	1823	2042
1,425	1374	1478	1589	1700	1819	2037
1,8	1371	1474	1585	1697	1816	2034
2,25	1368	1471	1581	1692	1811	2028
2,825	1365	1467	1578	1688	1807	2024
3,575	1362	1464	1574	1684	1802	2018
4,5	1359	1460	1570	1680	1798	2014
5,65	1355	1457	1567	1677	1793	2008
7,15	1352	1454	1562	1672	1789	2004
9	1348	1449	1559	1668	1785	1999
11,25	1345	1445	1556	1664	1781	1995
14,25	1342	1443	1551	1660	1776	1989
18	1338	1439	1548	1656	1772	1985
22,5	1335	1436	1544	1652	1767	1979

Таблица П. 8

Оптовые цены на отливки из медно-цинкового сплава (латуни) марки ЛЦ16К4 , ГОСТ 17711-80

Масса одной отливки, кг	Группа сложности отливки					
	1	2	3	4	5	6
0,9	1878	2020	2172	2324	2486	2784
1,125	1855	1995	2146	2295	2456	2751
1,425	1832	1969	2118	2266	2424	2715
1,8	1808	1945	2091	2237	2393	2680
2,25	1787	1921	2066	2210	2365	2649
2,825	1765	1898	2041	2184	2337	2617
3,575	1744	1875	2016	2157	2309	2586
4,5	1723	1853	1992	2131	2281	2555
5,65	1703	1832	1969	2107	2254	2524
7,15	1683	1809	1946	2082	2228	2495
9	1664	1789	1924	2058	2202	2466
11,25	1646	1769	1903	2036	2178	2439
14,25	1627	1749	1880	2012	2153	2411
18	1608	1729	1859	1990	2129	2384
22,5	1591	1711	1840	1969	2106	2359

Таблица П. 9

Оптовые цены на отливки из цинкового сплава марки ЦА4М1, ГОСТ 25140-82

Масса одной отливки, кг	Группа сложности отливки					
	1	2	3	4	5	6
0,9	1896	2038	2192	2345	2509	2810
1,125	1862	2003	2153	2304	2465	2761
1,425	1828	1966	2114	2262	2420	2710
1,8	1796	1931	2076	2222	2377	2662
2,25	1766	1899	2042	2185	2337	2617
2,825	1736	1867	2007	2148	2298	2574
3,575	1707	1835	1973	2111	2259	2530
4,5	1679	1805	1941	2077	2222	2489
5,65	1652	1776	1910	2044	2187	2449
7,15	1628	1748	1879	2011	2151	2409
9	1600	1720	1850	1979	2118	2372
11,25	1576	1695	1822	1950	2086	2336
14,25	1552	1668	1794	1919	2054	2300
18	1528	1643	1767	1890	2023	2266
22,5	1506	1620	1742	1864	1994	2233

Таблица П.10

Оптовая цена 1 т поковок свободной ковки из стали 35 ГОСТ 1050-88, руб./т

Масса одной поковки, кг	Г руппа сложности			
	1	2	3	4
2,25	420	477	534	598
2,825	398	452	506	567
3,575	382	432	485	544
4,5	368	418	468	524
5,65	354	403	450	504
7,15	342	389	435	486
9	332	376	422	472
11,25	321	365	409	458
14,25	312	354	397	445
18	306	348	390	436
22,5	303	344	385	431
28,25	298	338	379	425

Таблица П.11

Оптовая цена 1 т штамповок из стали 35 ГОСТ 1050-88, руб./т

Масса одной штамповки, кг	Г руппа сложности			
	1	2	3	4
0,9	619	703	788	880
1,125	579	658	738	826
1,425	540	613	687	769
1,8	508	577	647	724
2,25	482	548	613	686
2,825	457	519	582	651
3,575	439	499	558	625
4,5	422	480	538	602
5,65	407	463	517	579
7,15	393	446	500	559
9	381	432	484	542
11,25	369	419	469	526
14,25	358	407	456	511
18	351	399	447	501
22,5	348	395	442	495

Таблица П.12

Оптовые цены на горячие штамповки из коррозионно-стойкой и жаростойкой стали марки 12Х18Н9Т ГОСТ 5949-75

Масса одной штамповки, кг	Группа сложности отливки			
	1	2	3	4
0,9	1933	2197	2459	2755
1,125	1875	2130	2385	2672
1,425	1806	2059	2306	2583
1,8	1747	1993	2232	2450
2,25	1693	1930	2163	2422
2,825	1651	1882	2108	2361
3,575	1611	1831	2050	2296
4,5	1577	1793	2007	2248
5,65	1554	1766	1978	2215
7,15	1522	1737	1945	2178
9	1508	1720	1926	2157
11,25	1500	1705	1910	2140
14,25	1491	1695	1899	2127
18	1479	1682	1883	2109
22,5	1471	1671	1872	2097

Таблица П.13

Коэффициенты расчета оптовых цен на отливки из марок серого, высокопрочного, ковкого чугуна и нелегированной стали

Вид сплава, марка сплава	Коэффициент ($К_ц$)
Серый чугун ГОСТ 1412-85	
СЧ 10	0,95
СЧ 15	0,976
СЧ 18	0,981
СЧ 20 база	1,0
СЧ 21	1,003
СЧ 24	1,07
СЧ 25	1,01
СЧ 30	1,02
СЧ 35	1,05
Ковкий чугун ГОСТ 1215-79	
КЧ 30-6	0,928
КЧ 33-8	0,936
КЧ 35-10	0,95
КЧ 37-12	0,96
КЧ 45-7 база	1,0
КЧ 50-5	1,025
КЧ 55-4	1,049
КЧ 60-3	1,076
КЧ 65-3	1,103
КЧ 70-2	1,132
КЧ 80-1,5	1,189
Высокопрочный чугун ГОСТ 7293-85	
ВЧ 35	1,0
ВЧ 40	1,0
ВЧ 45 база	1,0
ВЧ 50	1,025
ВЧ 60	1,076
ВЧ 70	1,129
ВЧ 80	1,187
ВЧ 100	1,306
Конструкционная нелегированная сталь ГОСТ 977-88	
15Л	0,975
20Л	0,985
25Л база	1,0
30Л	1,015
35Л	1,025
40Л	1,041
45Л	1,051
50Л	1,067

Таблица П.14

Коэффициенты расчета оптовых цен на отливки из цветных сплавов

Марка сплава	Коэффициент (Кц)
Сплавы алюминиевые литейные ГОСТ 1583-89	
1. Сплавы на основе системы алюминийкремний-магний:	
АК12(АЛ2)	1,01
АК9(АК9)	0,98
АК9ч(АЛ4) баз.	1,00
АК9пч(АЛ4-1)	1,03
АК8(АЛ34)	1,18
АК7(АК7)	0,80
АК7ч(АЛ9)	1,02
2. Сплавы на основе системы алюминий-кремний-медь:	
АК5М2(АК5М2)	0,70
АК5М(АЛ5)	0,95
АК5Мч(АЛ5-1)	1,03
АК8М(АЛ22)	1,04
АК5М4(АК5М4)	0,72
АК5М7(АК5М7)	0,74
3. Сплавы на основе алюминий-медь:	
АМ5(АЛ19)	1,30
АМ4,5Кд(ВАЛ10)	1,32
4. Сплавы на основе системы алюминий-магний:	
АМг5Мц(АЛ28)	1,24
АМг6Л(АЛ23)	1,20
АМг6Лч(АЛ23-1)	1,30
АМг10(АЛ27)	1,35
5. Сплавы на основе системы алюминий- прочие компоненты:	
АМг11(АЛ22)	1,12
АК7Ц9(АЛ11)	1,18
АЦ4Мг(АЛ24)	1,25

Таблица П.15

Коэффициенты расчета оптовых цен на горячие штамповки ГОСТ 8479-70 из марок стали, отличающихся от базовой марки стали 35

Вид сплава, марка сплава	Коэффициент ($К_ц$)
Сталь углеродистая обыкновенного качества ГОСТ 535-88	
Ст3сп	0,89
Ст4сп	0,9
Ст5сп	0,92
Ст3сп	0,93
Сталь конструкционная углеродистая качественная ГОСТ 1050-88	
08	1,05

Продолжение табл.

Вид сплава, марка сплава	Коэффициент ($К_ц$)
Сталь углеродистая обыкновенного качества ГОСТ 535-88	
10	1,02
15	0,985
20	0,99
25	1,0
30	1,0
35	1,0
40	1,0
45	1,005
50	1,01
55	1,015
60	1,02
Сталь конструкционная легированная безникелевая ГОСТ 4543-71	
15Х	1,115
20Х	1,12
30Х	1,13
35Х	1,134
40Х	1,137
45Х	1,14
50Х	1,145
20Г	0,99
35Г	1,0
50Г	1,01
30Г2	1,03
35Г2	1,04
40Г2	1,05
18ХГ	1,15
18ХГТ	1,232
25ХГТ	1,24
30ХГТ	1,245
40ХГТР	1,235
33ХС	1,125
38ХС	1,12
40ХС	1,13
30ХМ	1,30
38ХМ	1,35
25ХГМ	1,40
38ХГМ	1,38
30ХГСА	1,30
38Х2МЮА	1,87

Продолжение табл

Вид сплава, марка сплава	Коэффициент ($К_ц$)
Сталь конструкционная легированная никельсодержащая ГОСТ 4543-71	
12ХН	1,18
20ХН	1,28
40ХН	1,3
45ХН	1,31
50ХН	1,32
12ХН2	1,37
12ХН3А	1,78
20ХН3А	1,8
30ХН3А	1,85
14ХГН	1,255
19ХГН	1,26
38ХГН	1,25
20ХГНР	1,255
40ХГНМ	1,6
20ХН2М	1,9
30ХН2МА	1,87
40ХН2МА	1,9
38ХН3МА	2,25
Сталь конструкционная рессорно-пружинная углеродистая ГОСТ 14959-79	
65	1,05
70	1,055
75	1,06
80	1,06
85	1,08
Сталь конструкционная рессорно-пружинная легированная ГОСТ 14959-79	
50ХФА	1,38
Вид сплава, марка сплава	Коэффициент ($К_ц$)
Сталь инструментальная углеродистая ГОСТ 1435-77	
У7	1,27
У8	1,27
У9	1,29
У10	1,33
У11	1,35
У12	1,35
У13	1,37
Сталь инструментальная легированная ГОСТ 5950-73	

	окончание табл
ХВГ	2,4
5ХНМ	1,82
5ХНВ	2,2
Х12	1,7
Сталь подшипниковая ГОСТ 801-78	
ШХ15	1,6
ШХ4	1,61

Таблица П.16

Коэффициент расчета оптовых цен на горячие штамповки из марок стали, отличающихся от базовой марки стали 12Х18Н9Т

Вид сплава, марка сплава	Коэффициент (Кц)
Коррозионно-стойкая и жаростойкая сталь безникелевая ГОСТ 5949-75	
20Х13	0,485
30Х13	0,5
40Х13	0,47
40Х9С2	0,45
Коррозионно-стойкая и жаростойкая сталь никельсодержащая ГОСТ 5949-75	
12Х18Н9	0,96
12Х18Н9Т	1,0
08Х18Н10	1,1
12Х18Н12Т	1,27
12Х18Н10Т	1,11
20Х23Н13	1,23
20Х23Н18	1,62
14Х17Н2	0,75
20Х17Н2	0,73
Теплоустойчивая легированная сталь ГОСТ 20072-74 15Х5М	0,46

Таблица П2.3

Коэффициент уточнения K_y для отливок, поковок, штампованных заготовок и сортового проката

Технологический переход	K_y
Однократное и черновое точение штампованных заготовок, заготовок из горячекатаного проката, предварительное шлифование проката	0,06
Получистовая обработка заготовок из проката, штампованных заготовок, рассверливание отверстий, смещение оси отверстия после черновой обработки	0,05
Чистовое точение заготовок из сортового проката обыкновенного качества, штампованных заготовок, после первого технологического перехода обработки литых заготовок, после чистового шлифования проката	0,04
Двукратное обтачивание калиброванного проката или двукратное шлифование заготовок после токарной обработки	0,02
Получистовая обработка (зенкерование и черновое развертывание отверстий)	0,005
Чистовая обработка – развертывание отверстий	0,002

Оглавление

РАБОТА № 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ 4
РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ $К_{ЗО}$ 11
РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ЗАГОТОВОК И СПОСОБОВ ИХ 20
ИЗГОТОВЛЕНИЯ 20
РАБОТА № 4.РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА 36
РАБОТА № 5. РАЗРАБОТКА И НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ 40
РАБОТА № 6. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВАЛОВ 51
РАБОТА № 10. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДИСКОВ 70
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС 77
РАБОТА № 11. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС 78
РАБОТА № 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС 96
Приложение 1 Примерные маршруты получения параметров наружных цилиндрических Поверхностей 106
Приложение 2. Операционные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей 107
Приложение 3. Методы обработки поверхностей зубчатых колес 108
К 3-й работе Приложение · 110

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С .А.Упоров
14.09.2022

Методические указания по самостоятельной работе студентов

ПО ДИСЦИПЛИНЕ РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Специальность
15.02.16 Технология машиностроения
программа подготовки специалистов среднего звена

Екатеринбург
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ 5

1.1 Методы написания управляющих программ для станков с ЧПУ 5

1.2 Основные G коды и M команды 9

1.3 Нулевые точки. Системы координат 15

1.4 Системы координат токарных станков с ЧПУ 17

1.5 Системы координат фрезерных станков с ЧПУ 19

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ НАПИСАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ. ОБЗОР СИСТЕМЫ SIEMENS NX12.0 21

3. ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ В СРЕДЕ SIEMENS NX 12.0 28

3.1 Основы создания управляющих программ для токарных станков с ЧПУ 33

3.2 Основы создания управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ 53

3.3 Дополнительная информация для технологов. Постпроцессирование 74

4. ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ В СРЕДЕ SIEMENS NX 12.0 80

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ 105

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 107

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 108

ВЕДЕНИЕ

В последние годы на промышленных предприятиях все интенсивнее растет доля станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Это связано, прежде всего, с тем, что только станки с ЧПУ способны полностью удовлетворить потребности современного производства. Станки с ЧПУ обладают высокой производительностью и быстрой переналаживаемостью, а это наиболее важные критерии современного производства.

При грамотном выборе стратегии обработки, режущего инструмента, режимов резания и т.д. применение такого оборудования гарантирует точность выполняемых размеров и качество получаемых поверхностей детали.

Программирование станков с ЧПУ достаточно сложная задача, требующая сбора большого количества информации, а именно о применяемом оборудовании, его возможностях, технологическом оснащении и самое важное технологическом процессе изготовления детали. С появлением CAM-систем появилась возможность обрабатывать достаточно сложные профили деталей, уменьшилось время на технологическую подготовку производства. Кроме того появление CAM систем позволяет вести разработку технологического процесса и написание управляющей программы для станка с ЧПУ параллельно. Это в свою очередь позволяет детально моделировать процесс обработки на этапе технологической подготовки производства, что в ряде случаев позволяет исключить стадию отладки программы на станке и выявить возможность использования для обработки выбранного технологического оснащения.

Данное учебное пособие предназначено для студентов технических специальностей и позволяет получить базовые знания программирования на станках с ЧПУ, познакомиться с работой CAM-систем, на примере системы NX 12.0, являющейся одной из наиболее применимых на промышленных предприятиях РФ.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Станок с ЧПУ можно представить как систему, состоящую из 3-х блоков: управляющей программы (УП) (устройство для ее считывания); устройства ЧПУ (УЧПУ) и самого станка. В данном учебном пособии будет рассматриваться только управляющая программа и принципы ее создания.

1.1 Методы написания управляющих программ для станков с ЧПУ

Существуют три метода программирования обработки для станков с ЧПУ:

- ручное программирование;
- программирование на пульте УЧПУ;
- программирование при помощи CAD/CAM-системы.

Рассмотрим подробно достоинства, недостатки и особенности каждого метода программирования.

1. Ручное программирование

Ручное программирование представляет из себя создание УП программистом без применения специального программного обеспечения (ПО) на основе знаний команд.

Отсюда понятно, данный метод программирования является самым трудоемким, его используют для подготовки УП для простых деталей.

Ручное программирование состоит из следующих этапов:

> подготовки технологической информации;
> расчетно-аналитического;
> кодирования;
> записи программы;
> отладки и ее внедрения.

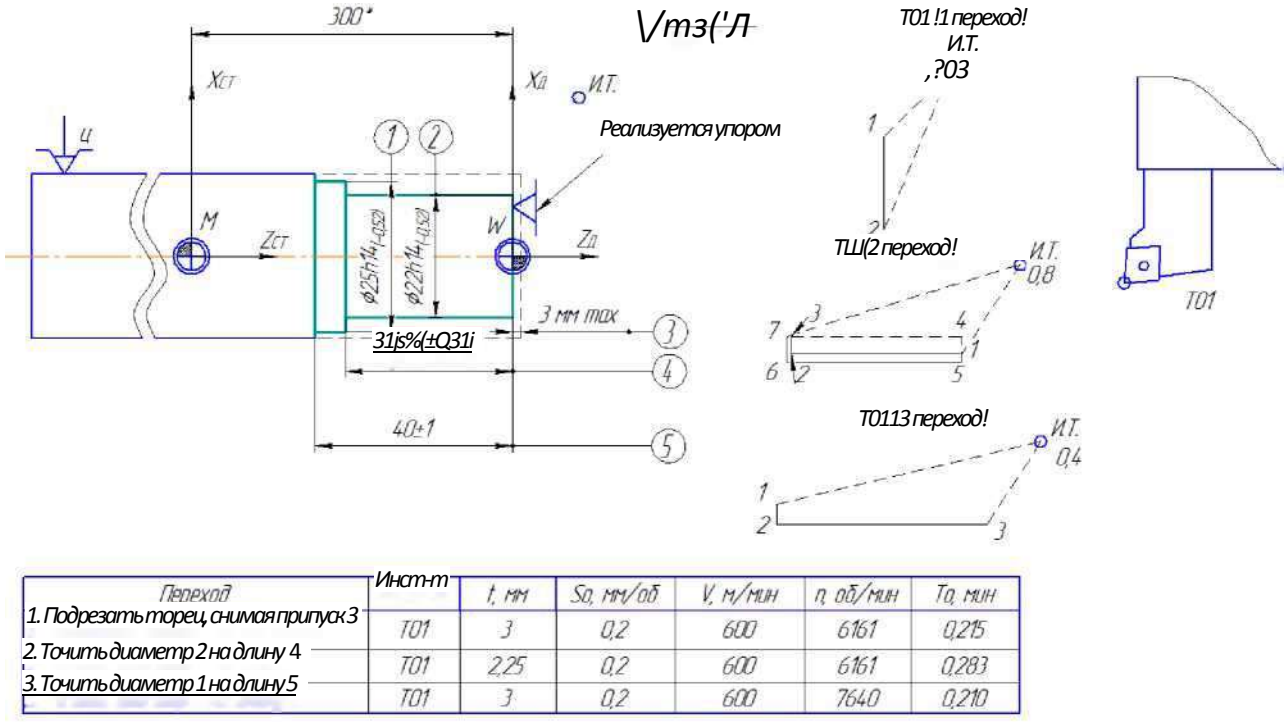
Самым трудоемким является этап отладки и внедрения программы, составляющий 30% времени программирования.

Первый этап (подготовки технологической информации) является неотъемлемым для любого метода программирования. На этапе технологической подготовки УП ведется разработка операционной технологии, осуществляется выбор инструмента, выбор последовательности рабочих ходов и переходов, выбор режимов резания и др. Таким образом, данная информация служит в качестве исходной для написания управляющей программы.

В результате получают траекторию перемещения инструмента.

Расчетно-аналитический этап состоит в определении координат опорных точек траектории инструмента, таких, как точки пересечения прямых, сопряжения прямых с дугами и др. На траектории движения инструментов часто располагают технологические точки, в которых необходимо изменить режимы обработки (подачу, частоту вращения шпинделя).

Пример выделения опорных точек в траектории показан на рисунке 1.1.



Переход	Инст-т	t, мм	So, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	To, мин
1. Подрезать торец, снимая припуск 3	Т01	3	0,2	600	6161	0,215
2. Точить диаметр 2 на длину 4	Т01	2,25	0,2	600	6161	0,283
3. Точить диаметр 1 на длину 5	Т01	3	0,2	600	7640	0,210

Рис.1.1. Схема обработки с выделением опорных точек траектории режущего инструмента

Программирование обработки на станках с ЧПУ осуществляется на языке, который обычно называют языком ISO 7 бит или языком G и M кодов. Язык G и M кодов основывается на положениях Международной организации по стандартизации (ISO) и Ассоциации электронной промышленности (EIA). Производители систем ЧПУ придерживаются этих стандартов для описания основных функций, но допускают вольности и отступления от правил, когда речь заходит о специальных возможностях своих систем.

Японские системы ЧПУ FANUC (FANUC CORPORATION) были одними из первых, адаптированных под работу с G и M кодами и использующими этот стандарт наиболее полно. В настоящее время стойки FANUC являются наиболее распространенными как за рубежом, так и в России.

Системы ЧПУ других известных производителей, например SINUMERIK (SIEMENS AG) и HEIDENHAIN , также имеют возможности

по работе с G и M кодами, однако некоторые специфические коды могут отличаться. О разнице в программировании специфических функций можно узнать из документации к конкретной системе ЧПУ.

Программа обработки детали записывается на бланке, который является основой для кодирования УП. Применяемая система ЧПУ определяет вид программоносителя. Так, в первых поколениях систем ЧПУ применялась запись УП на магнитной ленте в фазомодулированном или унитарном коде. В то же время получила распространение запись УП на пятидорожечной перфоленте в коде БЦК-5, а затем на восьмидорожечной перфоленте с использованием Международных стандартов кодирования информации (ISO). Кодирование информации осуществляется в соответствии с ГОСТ 20999—83.

В настоящее время УП записывается, чаще всего, в текстовом виде на электронном программоносителе в виде последовательных кадров, представляющих собой законченные смысловые фразы на входном языке системы ЧПУ для кодирования технологической, геометрической и вспомогательной информации.

Для записи УП в руководстве конкретного станка приводится порядок записи формата, перечень и назначение всех реализуемых подготовительных и вспомогательных функций, таблицы кодов подач и главного движения, таблицы кодовых номеров позиций инструмента, перечень номеров корректоров с указанием их назначения и особенностей применения, пределы размерных перемещений по осям координат, перечень и номера подпрограмм, хранящихся в памяти ЧПУ. После кодирования информации УП имеет вид последовательности кадров и записывается на бланке.

Таким образом, с использованием ручного программирования пишутся программы на простые детали и их написание очень трудоемко.

С увеличением количества станков с ЧПУ, внедряемых в производство, большое значение приобрело создание систем автоматического расчета УП на персональном компьютере (ПК) или непосредственно на станке.

С развитием систем ЧПУ изменяется соотношение количества программ, подготовленных тем или иным методом. Усиливается тенденция программирования на пульте УЧПУ, а также использование для подготовки УП CAM систем, в технологическом отделе.

2. Программирование на пульте УЧПУ

Данный метод заключается в том, что программы создаются и вводятся прямо на стойке ЧПУ, используя клавиатуру и дисплей. Например, оператор станка может произвести верификацию УП или выбрать требуемый постоянный цикл при помощи специальных пиктограмм и вставить его в код управляющей программы или же разработать всю управляющую программу для изготовления детали непосредственно на стойке ЧПУ.

Широко распространенными в настоящее время стали системы

предложенные фирмой Siemens, такие как ShopTum, широко используемые для программирования на токарных и токарно-фрезерных станках, а также системы ShopMill, широко используемые для программирования на станках фрезерных групп.

Подробная информация по написанию управляющих программ, а также особенности данных систем представлены в Учебном пособие по токарной обработке с ShopTum [2] и учебном пособии по фрезерной обработке в ShopMill [3].

3. Программирование при помощи CAD/CAM-системы

Сегодня для достижения успеха на рынке промышленное предприятие вынуждено работать над сокращением срока выпуска продукции, снижением ее себестоимости и повышением качества. Стремительное развитие компьютерных и информационных технологий привело к появлению CAD/CAM/CAE-систем, которые являются наиболее продуктивными инструментами для решения этих задач.

Под **CAD-системами (computer-aideddesign)** - (компьютерная поддержка проектирования) понимают программное обеспечение, которое автоматизирует труд инженера-конструктора и позволяет решать задачи проектирования изделий и оформления технической документации при помощи ПК.

CAM-системы (computer-aidedmanufacturing) - (компьютерная поддержка изготовления) автоматизируют расчеты траекторий перемещения инструмента для обработки на станках с ЧПУ и обеспечивают выдачу управляющих программ с помощью компьютера.

CAE-системы (computer-aidedengineering) - (компьютерная поддержка инженерных расчетов) предназначены для решения различных инженерных задач, например для расчетов конструктивной прочности, анализа тепловых процессов, расчетов гидравлических систем и механизмов.

В целом же процесс написания управляющей программы можно представить в виде 3-х основных этапов (рис. 1.2).

Рис. 1.2. Этапы разработки управляющей программы в CAD/CAM - системе

Первый этап - создание 3D модели детали (осуществляется, как правило, конструктором в CAD системе), а также заготовки (осуществляется, как правило, технологом-программистом в CAD системе);

Второй этап - создание траектории обработки в CAM системе технологом-программистом;

Третий этап - проверка управляющей программы (верификация).

Наиболее подробно процесс создания управляющих программ в CAD/CAM -системе будет рассмотрен в следующих разделах.

1.2 Основные G коды и M команды

G - code это условное именование языка для программирования устройств с ЧПУ (CNC). Был создан компанией Electronic Industries Alliance в начале 1960-х. Финальная доработка была одобрена в феврале 1980-о года как RS274D стандарт. Комитет ИСО утвердил G - code, как стандарт ISO 6983-1:1982, Госкомитет по стандартам СССР — как ГОСТ 20999-83. В советской технической литературе G-code обозначается, как код ИСО-7 бит.

Производители систем управления используют G-code в качестве базового подмножества языка программирования, расширяя его по своему усмотрению.

Программа, написанная с использованием G-code, имеет жесткую структуру. Все команды управления объединяются в кадры — группы, состоящие из одной или более команд. Кадр завершается символом перевода строки (ПС/LF) и имеет номер, за исключением первого кадра программы. Первый кадр содержит только один символ «%». Завершается программа командой M02 или M30.

Для удобства поиска необходимой команды ниже приведены таблицы с расшифровкой G кодов и M команд.

Табл. 1.1 Основные G коды [5]

Команда	**Описание**	**Пример**
1	2	3
G00	Ускоренное перемещение инструмента (холостой ход). При холостом перемещении производится линейная интерполяция перемещения аналогично команде G01.	G0 X0 Y0 Z100.
G01	Линейная интерполяция, модальная команда. Инструмент (рабочий орган) перемещается по отрезку прямой линии от исходной точки с координатами до исполнения команды в точку с заданными в команде координатами, скорость перемещения задаётся здесь же или ранее модальной командой F.	G01 X0. Y0. Z100. F200.
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке, модальная команда. Инструмент перемещается по дуге окружности по часовой стрелке от исходной точки с координатами до исполнения команды в точку с заданными в команде координатами, радиус дуги задаётся параметром R, либо указанием координат центра дуги параметрами I — (смещение центра по оси X относительно начальной координаты X), J — (смещение центра по оси Y относительно начальной координаты Y), K — (смещение центра по оси Z относительно начальной координаты Z) относительно начальных координат инструмента. Для указания плоскости, в которой производится круговая интерполяция должны быть предварительно указана плоскость круговой интерполяции (в этом же или некотором предварительном кадре) модальной командой G17 (плоскость X-Y), или G18 (плоскость X-Z), или G19 (плоскость Y-Z). Скорость перемещения задана модальной командой F.	G02 G17 X15. Y15. R5. F200. или G02 G17 X20. Y15. I- 50. J-60.
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки. Параметры и действие аналогичны команде G02.	G03 X15. Y15. R5. F200.
G04	Задержка выполнения программы, способ задания величины задержки зависит от реализации системы управления, P обычно задает паузу в миллисекундах, X — в секундах.	G04 P500 или G04 X.5
G10	Переключение абсолютной системы координат. В примере начало координат станет в точке 10, 10, 10 старых координат.	G10 X10. Y10. Z10.
G15	Переход в полярную систему координат (X радиус Y угол)	G15 X15. Y22.5

Продолжение табл. 1.1

1	2	3
G16	Отмена полярной системы координат	G16 X15. Y22.5
G17	Выбор рабочей плоскости X-Y	G17
G18	Выбор рабочей плоскости Z-X	G18
G19	Выбор рабочей плоскости Y-Z	G19
G20	Режим работы в дюймовой системе	G90 G20
G21	Режим работы в метрической системе	G90 G21
G22	Активировать установленный предел перемещений (Инструмент не выйдет за их предел)	G22 G01 X15. Y25.
G28	Вернуться на референтную точку	G28 G91 Z0 Y0
G30	Поднятие по оси Z на точку смены инструмента	G30 G91 Z0
G40	Отмена компенсации радиуса инструмента	G1 G40 X0.Y0. F200.
G41	Компенсировать радиус инструмента слева от траектории	G41 X15. Y15. D1 F100.
G42	Компенсировать радиус инструмента справа от траектории	G42 X15. Y15. D1 F100.
G43	Компенсировать длину инструмента положительно	G43 X15. Y15. Z100. H1 S1000 M3
G44	Компенсировать длину инструмента отрицательно	G44 X15. Y15. Z4. H1 S1000 M3
G49	Отмена компенсации длины инструмента	G49 Z100.
G50	Сброс всех масштабирующих коэффициентов в 1,0.	G50
G51	Назначение масштабов. В примере — уменьшение масштаба по оси X в 10 раз.	G51 X.1
G53	Переход в систему координат станка.	G53 G0 X0. Y0. Z0.
G54—G59	Переключиться на заданную оператором систему координат	G54 G0 X0. Y0. Z100.
G61—G64	Переключение режимов Точный Стоп / Постоянная скорость	
G68	Поворот координат на нужный угол	G68 X0 Y0 R45.
G70	Цикл продольного чистового точения	G70 P10 Q15.
G71	Цикл многопроходного продольного чернового точения	G71 P10 Q15. D0.5 UO.2 W0.5

Окончание табл. 1.1

1	2	3
G80	Отмена циклов сверления, растачивания, нарезания резьбы метчиком и т. д.	G80
G81	Цикл сверления	G81 X0 Y0. Z-10. R3. F100.
G82	Цикл сверления с задержкой	G82 X0. Y0. Z-10. R3. P100 F100.
G83	Цикл прерывистого сверления (с полным выводом сверла)	G83 X0. Y0. Z-10. R3. Q8. F100.
G84	Цикл нарезания резьбы	G95 G84 M29 X0. Y0. Z-10. R3 F1.411
G90	Задание абсолютных координат опорных точек траектории	G90 G1 X0.5. Y0.5. F10.
G91	Задание координат инкрементально последней введённой опорной точки	G91 G1 X4. Y5. F100.
G94	F (подача) — в формате мм/мин.	G94 G80 Z100. F75.
G95	F (подача) — в формате мм/об.	G95 G84 X0. Y0. Z-10. R3 F1.411
G99	После каждого цикла не отходить на «проходную точку»	G99 G91 X10. K

Также в программе выделяются вспомогательные команды (M - команды), которые включают такие действия, как:

- Сменить инструмент
- Включить/выключить шпиндель
- Включить/выключить охлаждение
- Вызвать/закончить подпрограмму Основные M команды представлены в таблице 1.2 [5].

Табл. 1.2 Основные M команды [5]

Код	**Описание**	**Пример**
1	2	3
M00	Приостановить работу станка до нажатия кнопки «старт» на пульте управления, так называемая «безусловная технологическая остановка»	G0 X0 Y0 Z100 M0
M01	Приостановить работу станка до нажатия кнопки «старт», если включён режим подтверждения остановки	G0 X0 Y0 Z100 M1
M02	Конец программы, без сброса модальных функций	M02
M03	Начать вращение шпинделя по часовой стрелке	M3 S2000
M04	Начать вращение шпинделя против часовой стрелки	M4 S2000
M05	Остановить вращение шпинделя	M5
M06	Сменить инструмент	T15 M6
M07	Включить дополнительное охлаждение	M3 S2000 M7

Окончание табл. 1.1

1	2	3
M08	Включить основное охлаждение. Иногда использование более одного М-кода в одной строке (как в примере) недопустимо, для этого используются M13 и M14	M3 S2000 M8
M09	Выключить охлаждение	G0 X0 Y0 Z100 M5 M9
M13	Включить охлаждение и вращение шпинделя по часовой стрелке	S2000 M13
M14	Включить охлаждение и вращение шпинделя против часовой стрелки	S2000 M14
M17	Конец подпрограммы	M17
M48	Разрешить переопределять скорость подачи	
M49	Запретить переопределение скорости подачи	
M25	Замена инструмента вручную	M25
M97	Запуск подпрограммы, находящейся в той же программе (где P — номер кадра, в случае примера переход осуществится к строке N25), действует не везде, предположительно — только на станках HAAS	M97 P25
M98	Запуск подпрограммы, находящейся отдельно от основной программы (где P — номер подпрограммы, в случае примера переход осуществится к программе O1015)	M98 P1015
M99	Конец подпрограммы	M99
M30	Конец программы, со сбросом модальных функций	M30

При написании управляющих программ также используются параметры команд (конкретные координаты точки, параметры режима резания и т.д.). Основные параметры команд приведены в таблице 1.3[5].

Табл. 1.3 Параметры команд [5]

Код	**Описание**	**Пример**
1	2	3
X	Координата точки траектории по оси X	G0 X100 Y0 Z0
Y	Координата точки траектории по оси Y	G0 X0 Y100 Z0
Z	Координата точки траектории по оси Z	G0 X0 Y0 Z100
P	Параметр команды	G04 P101
F	Скорость рабочей подачи. Для фрезерных станков это дюймы в минуту (IPM) или миллиметры в минуту (mm/min), Для токарных станков это дюймы за оборот (IPR) или миллиметры за оборот (mm/rev).	G1 G91 X10 F100
S	Частота вращения шпинделя	S3000 M3
R	Параметр стандартного цикла или радиус дуги (расширение стандарта)	G81 R1 0 R2 -10 F50 или G2 G91 X12.5 R12.5
D	Параметр коррекции выбранного инструмента	G1 G41 D1 X10. F150.

Окончание табл. 1.1

L	Число вызовов подпрограммы	M98 L82 P10 или G65 L82 P10 XY R
I	Параметр дуги при круговой интерполяции. Инкрементальное расстояние от начальной точки до центра дуги по оси X.	G03 X10 Y10 I0 J0 F10
J	Параметр дуги при круговой интерполяции. Инкрементальное расстояние от начальной точки до центра дуги по оси Y.	G03 X10 Y10 I0 J0 F10
K	Параметр дуги при круговой интерполяции. Инкрементальное расстояние дуги по оси Z.	G03 X10 Y10 I0 K0 F10

Ниже приведен пример написания управляющей программы ручным программированием (обработка буквы W) на фрезерном станке в плоскости XY [5].

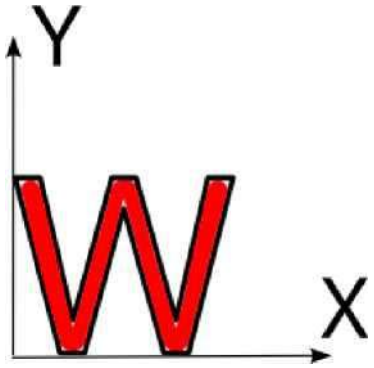


Рис.1.3. Обрабатываемая поверхность (W)

Программа по обработке контура буквы (рис. 1.3) представлена в таблице 1.4 с пояснениями.

Табл. 1.4 Программа

Кадр	Содержание	Комментарий
1	2	3
	%	Начало программы
N1	G90 G40 G17	Система координат абсолютная, компенсация на радиус инструмента выключена, плоскость интерполяции XoY
N2	S500 M3	Задать скорость вращения шпинделя 500 об/мин и включить вращение шпинделя
N3	G0 X2.54 Y26.15	Переход в координаты по x и y начала обработки на холостом ходу
N4	Z1.0	Подвод инструмента к заготовке по Z, не доходя до поверхности 1 мм, на холостом ходу
N5	G1 Z-1.0 F100	Врезание в заготовку на глубину 1 мм на подаче 100 мм/мин
N6	X5.19 Y2.0	Первый штрих буквы W
N7	X7.76	Продолжение движения
N8	X16.93 Y26.15	Второй штрих буквы W
N9	X18.06	Продолжение движения

Окончание табл. 1.1

1	2	3
N10	X25.4 Y2.0	Третий штрих буквы W
N11	X25.96	Продолжение движения
N12	X32.17 Y26.15	Четвертый штрих буквы W
N13	G0 Z12	Отвод инструмента от заготовки на высоту 12 мм на холостом ходу
N14	M5	Выключить вращение шпинделя
N15	M30	Конец программы

1.3 Нулевые точки. Системы координат

Для достижения необходимых размеров и взаимного расположения поверхностей детали на станках с ЧПУ производиться обработка детали в выбранной системе координат.

При работе на станках с ЧПУ приходиться иметь дело с тремя основными системами координат, а именно:

- *S* Система координат станка;
- *S* Система координат детали;
- *S* Система координат инструмента.

Начало соответствующей системы координат принято называть «нулевая точка станка», «нулевая точка детали» и «нулевая точка инструмента» соответственно.

Рассмотрим более подробно приведенные выше системы координат.

1. **Система координат станка.** Является главной системой координат на металлорежущем станке. Относительно нее определяются положения других систем координат и нулевых точек. Отличительной особенностью данной системы координат является то, что ее положение на станка определяет производитель оборудования, однако она чаще всего привязана к определенной точке рабочего органа станка. Данная система координат не подлежит изменению пользователем. В данной системе координат ведется отсчет перемещений всех органов станка. Чаще всего направление осей совпадает с направлением подач органов станка.

2. **Система координат детали.** Данная система координат является самой главной для программирования, т.к. УП пишется именно в этой системе координат. Положение нулевой точки детали, как правило определяет технолог (программист) и относительно данной системы координат определяются координаты опорных точек траектории перемещения режущего инструмента (РИ) (рис. 1.1). Для удобства программирования, направление осей системы координат детали выбирается таким же как и в системе координат станка. В качестве

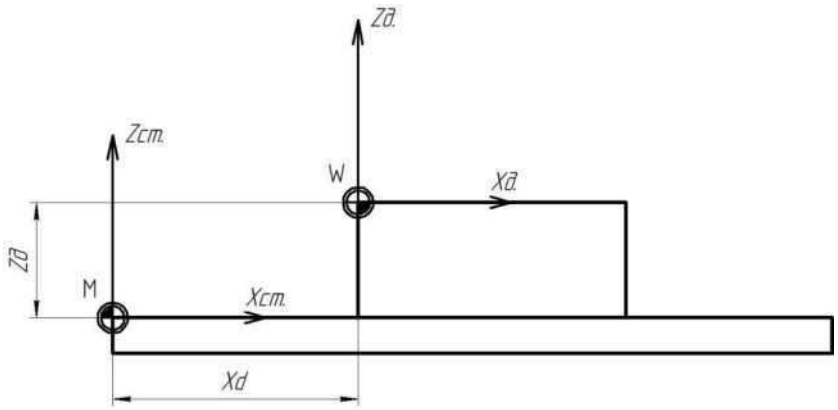


Рис. 1.4. Смещение нулевой точки

нулевой точки чаще всего выбирается та точка от которой на данной операции стоит наибольшее количество размеров, или стоят самые точные размеры. Нулевых точек детали в управляющей программе может быть несколько, их количество определяет технолог (программист).

Часто в программировании используется такой термин, как смещение нулевой точки, который чаще всего характеризует расстояния, на которые смещена нулевая точка детали относительно системы координат станка. Смещение нулевой точки записывается как X_d, Y_d, Z_d. Данные размеры рекомендуется указывать на схемах обработки детали (рис. 1.4).

3. **Система координат инструмента.** Данная система координат служит для определения положения режущей кромки инструмента относительно держателя (шпинделя). Началом отсчета координатной системы инструмента является точка, от которой начинается запрограммированное перемещение рабочего инструмента.

Для задания нулевых точек необходимо придерживаться принятых условных обозначений. Отметим, что у разных авторов обозначение нулевых точек и систем координат отличается. В данном пособии будем придерживаться обозначений, предложенных в Германии, являющихся лидером в производстве станков с ЧПУ. Данные обозначения нулевых точек, приведены в таблице 1.5.

Табл. 1.5 Обозначение нулевых точек

Пиктограмма	Буквенное обозначение	Значение
	M	Нулевая точка станка
	R	Исходная точка станка
	W	Нулевая точка детали
*	E	Нулевая точка инструмента
1	B	Точка установки инструмента
&	N	Точка смены инструмента

В качестве единой системы координат для всех станков с ЧПУ соответствии с ГОСТ 23597 принята правая прямоугольная система координат.

Для изображения системы координат необходимо руководствоваться следующими правилами [7]:

1. Положительное направление движения рабочего органа станка предпочтительно соответствует направлению отвода инструмента от заготовки;
2. Ось Z определяется по отношению к шпинделю главного движения, то есть шпинделя, вращающего инструмент в станках сверлильно-фрезерно-расточной группы или шпинделя, вращающего заготовку в станках токарной группы. При отсутствии шпинделя в станке ось Z должна быть предпочтительно перпендикулярна к рабочей поверхности стола.
3. Ось X должна быть расположена предпочтительно горизонтально и параллельно поверхности крепления заготовки.

На станках с вращающейся заготовкой, например, токарных, движение по оси X направлено по радиусу заготовки и параллельно поперечным направляющим. Положительное движение по оси X происходит, когда инструмент отходит от оси вращения «заготовки».

4. Положительное направление движения по оси У следует выбирать так, чтобы ось У вместе с осями Z и X образовывала правую прямоугольную систему координат
5. Буквами A, B и C следует обозначать вращательные движения вокруг осей параллельных соответственно X, Y и Z.

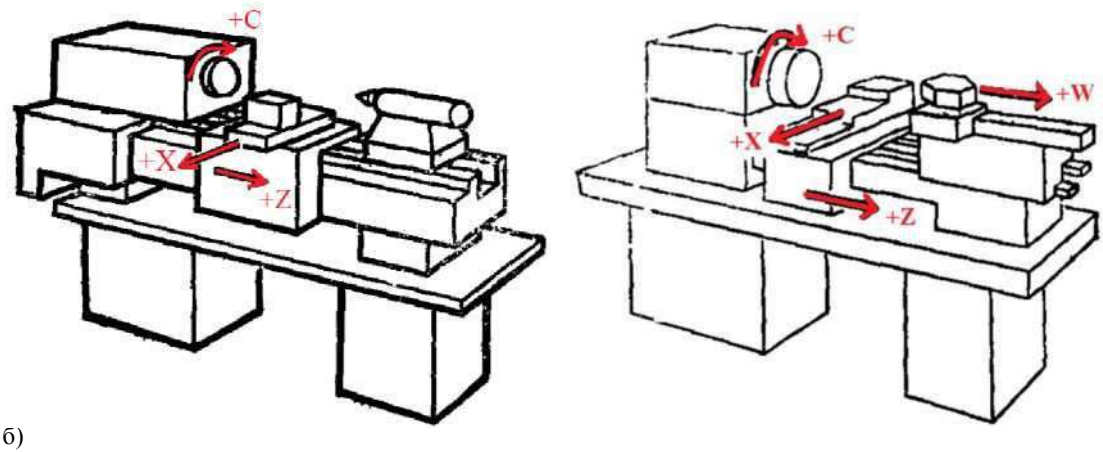
Положительные направления A, B и C должны совпадать с направлением завинчивания винтов с правой резьбой в положительных направлениях осей соответственно X, Y и Z

1.4 Системы координат токарных станков с ЧПУ

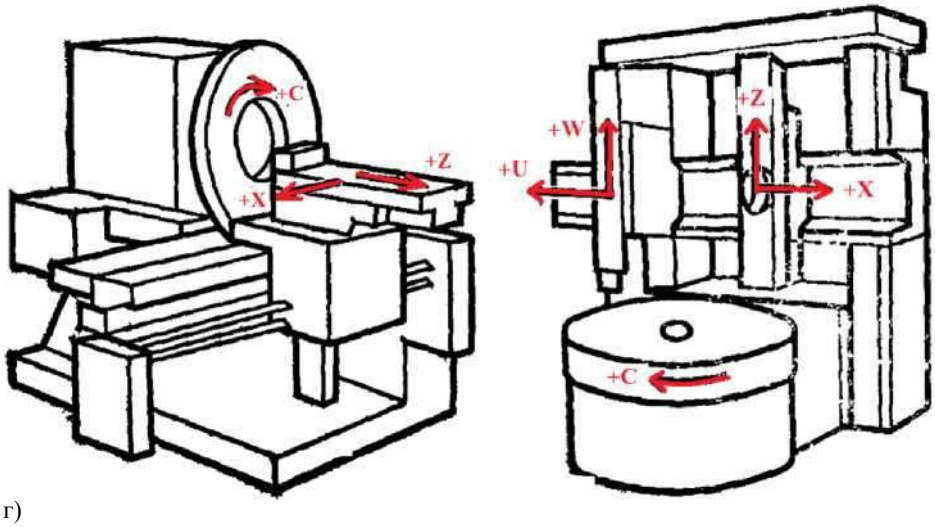
В данном подразделе в качестве примеров на основе информации, представленной в подразделе 1.3 приводиться информация по расположению нулевых точек на токарных станках с ЧПУ и основные управляемые координаты. Оси координат и их положительные направления для ряда токарных станков с ЧПУ приведены на рисунке 1.5

Нулевая точка токарного станка с ЧПУ (Англоязычное обозначение на дисплее ЧПУ можно увидеть как **MCS (machine coordinate system)**) обычно располагается в стандартной системе координат на оси вращения шпинделя на его базовом торце (см. рис. 1.6).

Нулевая точка заготовки (W) при работе на токарном станке с ЧПУ обычно располагается на оси шпинделя на некотором удалении от нулевой точки станка M (смещение нулевой точки рис. 1.4), то есть в системе координат токарного станка, как правило, $X_w = 0$. Нулевая точка детали определяется программистом или оператором, а именно вводом расстояния от нулевой точки станка. Величина смещения точки W относительно точки M по оси Z является в значительной степени произвольной и зависит во многом от квалификации разработчика программы. Желательно, чтобы нулевая точка заготовки была совмещена с нулевой точкой детали на чертеже. В этом случае можно непосредственно использовать указанные на чертеже размерные цепи при составлении управляющей программы.



а) б)



в) г)

Рис. 1.5. Оси координат и положительные направления а) токарновинторезного станка с ЧПУ; б) токарно-револьверного станка с ЧПУ; в) лоботокарного станка с ЧПУ; г) токарно-карусельного станка с ЧПУ

Удобно в качестве нулевой точки детали на токарном станке принять центр торцевой поверхности детали, что заметно упростит ее настройку непосредственно на станке.

Чаще всего для настройки нулевой точки в таком случае необходимо определить положение торца заготовки и задать смещение вглубь заготовки на величину припуска, определенного технологом для прилегающего торца детали.

Схема расположения нулевых точек на токарном станке с ЧПУ показана на рисунке 1.6.

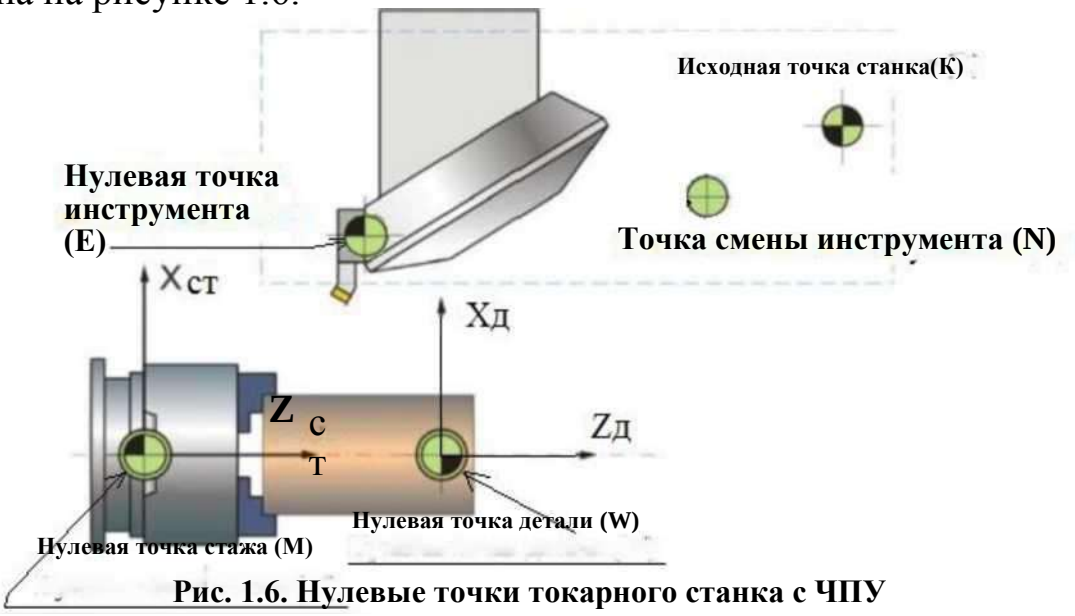


Рис. 1.6. Нулевые точки токарного станка с ЧПУ

Нулевая точка инструмента (Е) располагается на контактной поверхности инструментального суппорта и в середине зажимного устройства. Данная точка служит для внешнего измерения с помощью оптического устройства предварительной настройки.

Относительно данной точки производиться определение положения режущей кромки (точки трассировки) для конкретной инструментальной наладки.

1.5 Системы координат фрезерных станков с ЧПУ

В данном подразделе в качестве примеров на основе информации, представленной в подразделе 1.3 приводиться информация по расположению нулевых точек на фрезерных станках с ЧПУ и основные управляемые координаты. Оси координат и их положительные направления для ряда фрезерных станков с ЧПУ приведены на рисунке 1.7.

Возможное расположение нулевой точки станка показано на рисунке 1.8. Здесь же изображены и остальные нулевые точки (детали, инструмента и т.д.) с использованием обозначений, приведенных в табл. 1.5.

Информацию по направлениям осей координат для других групп станков можно найти в [7].

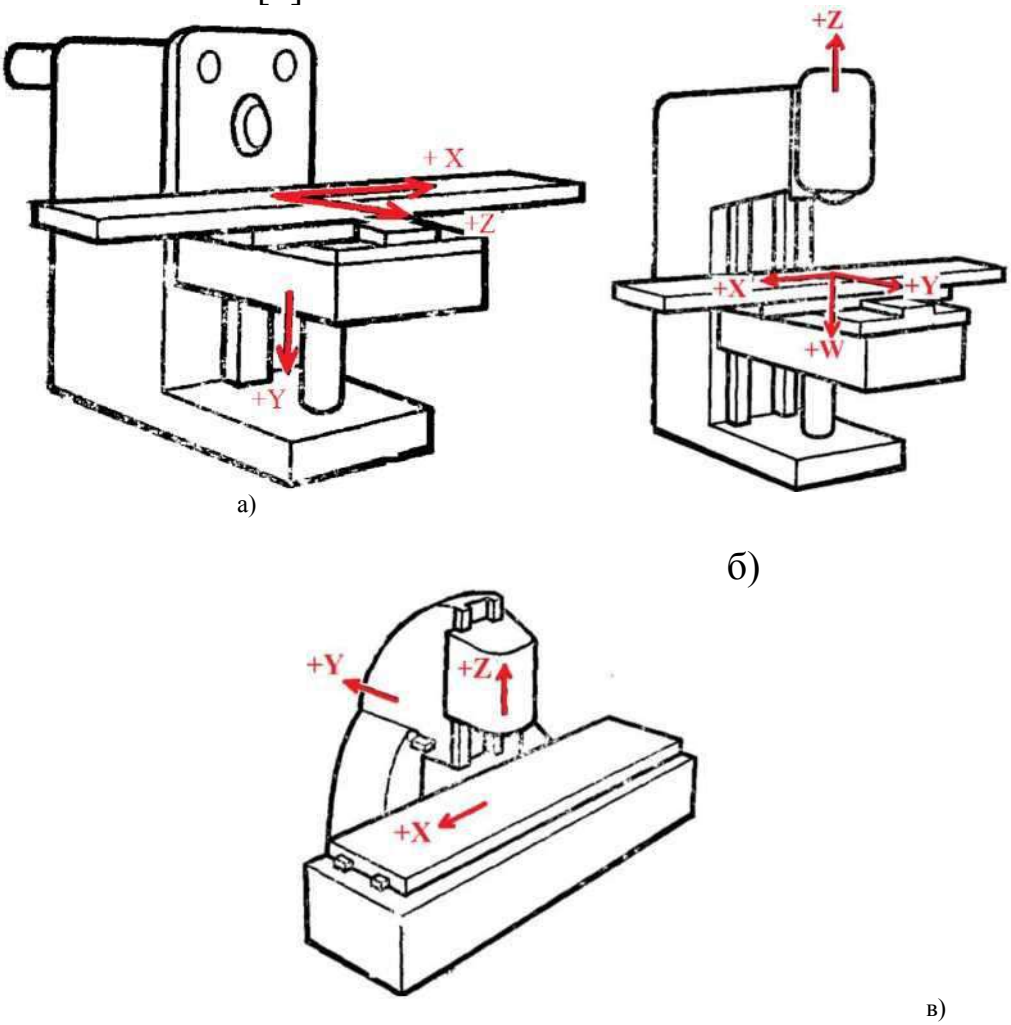


Рис. 1.7. Оси координат и положительные направлениядля: а) консольного горизонтально-фрезерного станка; б) консольного вертикально-фрезерного станка; в) продольно-фрезерный вертикальный станок;

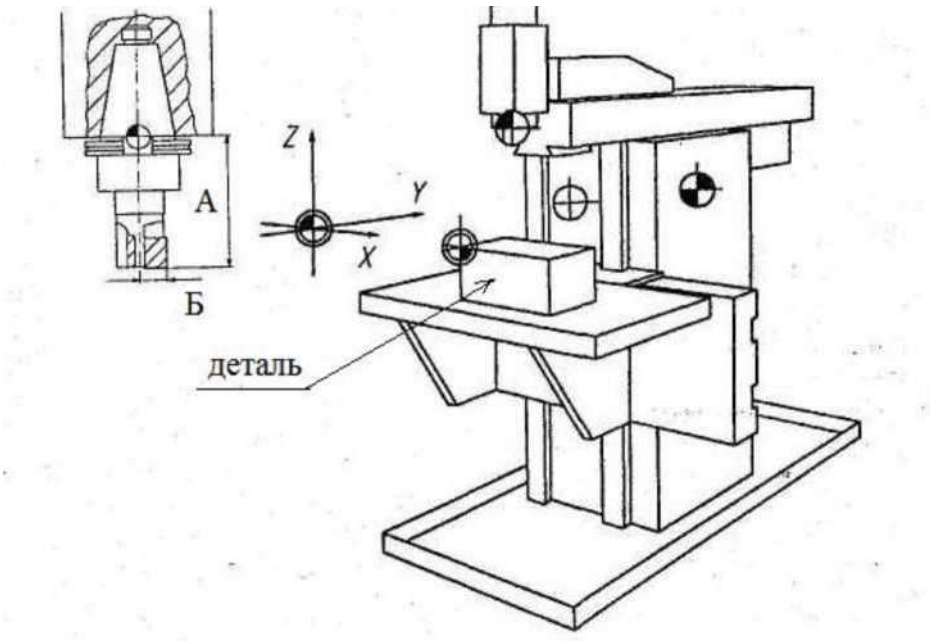


Рис. 1.8. Нулевые точки фрезерного станка с ЧПУ

ГЛАВА 2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ НАПИСАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ. ОБЗОР СИСТЕМЫ SIEMENS NX12.0

В данном разделе проведем обзор ряда CAM-систем и выделим их особенности.

В России около 57% от общего объема всех УП создаются с использованием CAM-систем [8]. Это и понятно, т.к. разработкой управляющей программы можно заниматься еще на этапе технологической подготовки производства и составлять программы на детали любой сложности.

Согласно обзору рынка CAM-систем в 2016 г. [8] можно выделить ряд наиболее популярных продуктов для предприятий и учебных заведений. Особенно хорошо это иллюстрирует рисунок 2.1 и рисунок 2.2.

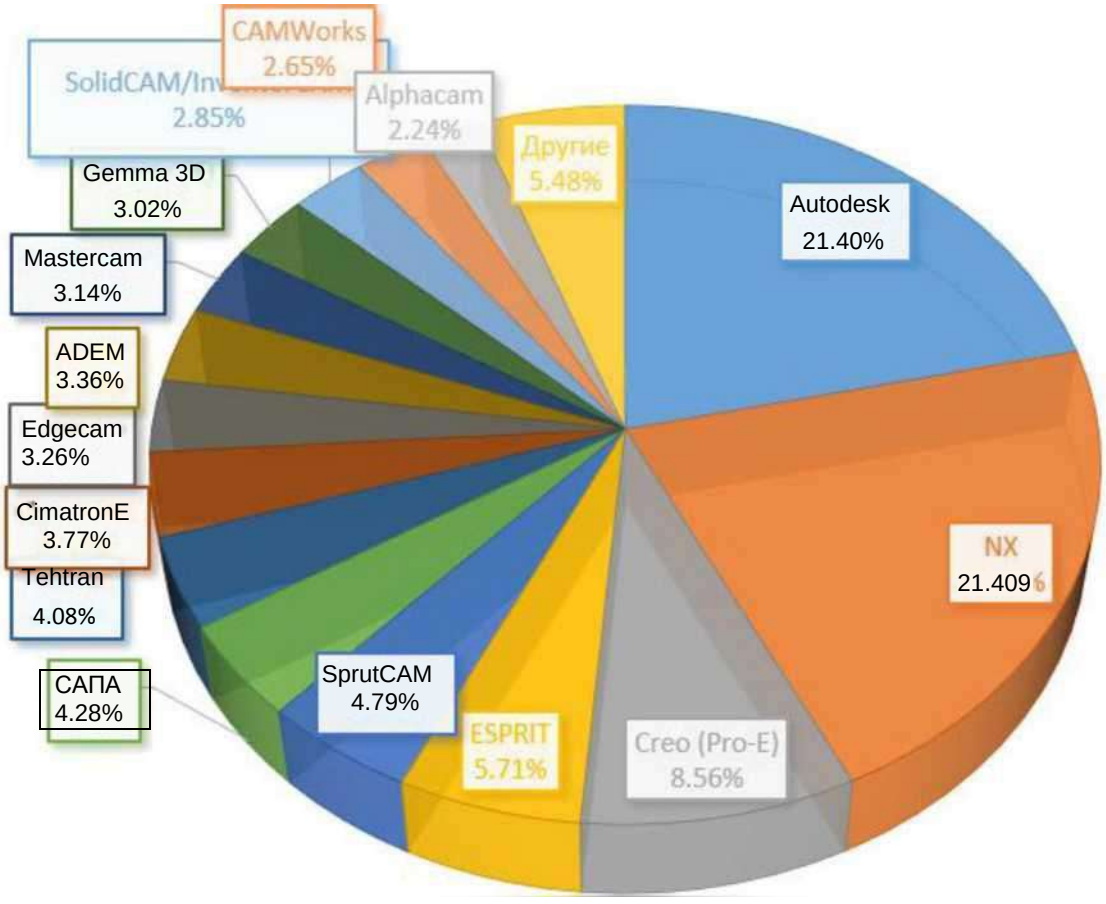


Рис. 2.1. CAM - системы, используемые на предприятиях (данные на 2016 г.)

По опыту же можно сказать что к 2019 году ситуация существенно не изменилась, относительно использования CAM-систем (рис. 2.1-2.2).

Отсюда можно отдельно выделить такие CAM-системы, как: Autodesk, NX, ADEM. Рассмотрим кратко особенности данных систем.

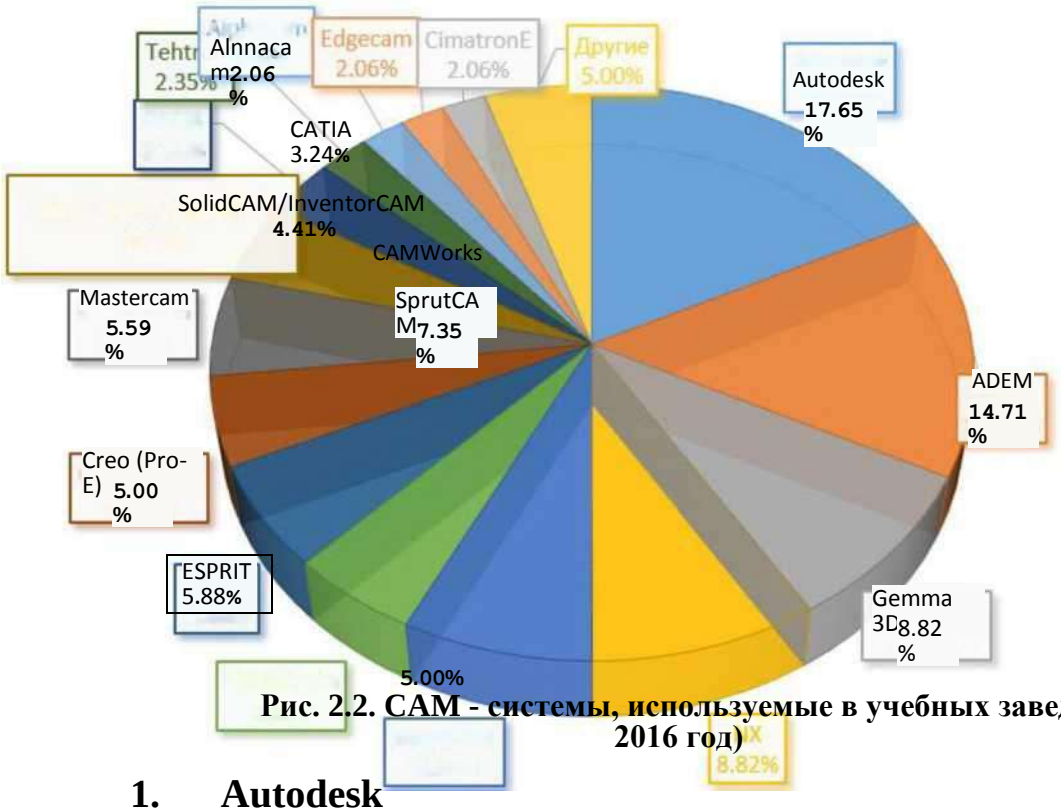


Рис. 2.2. CAM - системы, используемые в учебных заведениях (данные на 2016 год)

1. Autodesk

Здесь необходимо выделить целое семейство CAM систем, представленных Autodesk (рисунок 2.3).

Семейство AUTODESK CAM

Рис. 2.3. Семейство CAM систем, представленных Autodesk

CAM для Inventor

- Autodesk Inventor HSM Express
- Autodesk Inventor HSM
- Autodesk Inventor HSM Professional

■ CAM для SolidWorks

- HSMXPRESS
- HSMWORKS

- HSMWORKS Premium

Наиболее внимание здесь уделяется CAM для Inventor, которая в зависимости от сложности станка (количества управляемых координат) рассматривается в 3-х версиях.

Inventor HSM включает в себя передовые функции, такие как адаптивная очистка, интегрированная симуляция и верификация инструментов, и мощная система постпроцессора [9]. Inventor HSM располагает всеми традиционными операциями токарной обработки, включая: торцевание, создание канавок, резьбонарезание, сверление, черновую и чистовую обработку. При сверлении и обработке отверстий можно выбрать между предопределенными циклами обработки или постоянными циклами станка. Кроме того, Inventor HSM поддерживает программирование двухшпиндельных токарных станков и станков с двумя револьверными головками. При этом используются все привычные функции для токарной обработки. Токарно-фрезерные операции поддерживаются в комбинации с активной опцией 2D/3D- фрезерования[9].

Кроме того базовый уровень CAM функциональности заложен в бесплатную версию HSM Express [10], доступную для свободной загрузки. При этом пользователю доступны 2.5D стратегии обработки, то есть, те, что позволяют фрезеровать корпусные детали: обработку карманов, контуров, отверстий и т. д.

Более подробно с семейством AutodeskCam можно ознакомиться на сайте [9].

2. ADEM [1]

Отечественная интегрированная CAD/CAM/CAPP система ADEM предназначена для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Это единый программный комплекс, в состав которого входят инструменты для автоматизации: проектирования, конструирования и моделирования изделий; оформления чертежноконструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД; проектирование техпроцессов и оформления технологической документации в соответствии с требованиями ЕСТД; программирования оборудования с ЧПУ; управления архивами и проектами; реновации накопленных знаний (бумажных чертежей, перфолент).

Процесс проектирования обработки на оборудовании с ЧПУ в системе ADEM начинается с подготовки геометрии в модуле ADEM CAD и включает в себя (в случае необходимости) импорт геометрии из других CAD-систем, построение дополнительных контуров, трёхмерных тел и поверхностей, определяющих заготовку, приспособления и т.п. Кроме того, переход в модуль ADEM CAD для дополнительных построений, редактирования ранее созданной геометрии, создания операционных эскизов и. т. д. из модуля ADEM CAM/CAPP возможен в любой момент проектирования маршрута обработки.

Сам процесс проектирования обработки на оборудовании с ЧПУ,

основан на последовательном создании маршрута из отдельных технологических переходов обработки. При этом, технолог в диалоговом режиме задаёт все необходимые параметры обработки, указывает геометрию, определяющую место обработки, назначает параметры инструмента и т.п. Результатом проектирования является маршрут обработки, представленный в виде структурированного дерева в окне проекта. Рассчитанная траектория движения инструмента сразу же отображается в модуле ADEM CAM, а так же может быть симулирована с отображением движения инструмента вдоль траектории внутренними средствами CAM-системы, либо со снятием материала во внешних симуляторах и верификаторах обработки, на основании подготовленной CLData.

Формирование УП на основании CLData осуществляется с использованием встроенного Адаптера и постпроцессора, выбираемого в соответствии с оборудованием, на котором планируется выполнение обработки. Формирование УП возможно для любых моделей стоек ЧПУ (в т.ч. на наиболее популярных сегодня FANUC, Siemens, Heidenhein, HAAS, NC, FMS,OSP и других). А также для оборудования с любыми кинематическими схемами, до 5-ти одновременно управляемых осей (сверлильное, токарное, фрезерное, эрозионное оборудование, установки контурной резки, координатно-пробивные пресса и т.д.), многошпиндельных станков и токарных автоматов.

Завершающим этапом проектирования обработки для оборудования с ЧПУ, в зависимости от поставленных задач, могут быть не только получение текста УП, но и набор технологических карт, необходимых для оформления техпроцесса механообработки, формируемых автоматически на основании данных используемых при определении параметров технологических переходов обработки.

Подробную информацию по работе в системе ADEMможно найти на официальном сайте [10], где также представлено определенное количество методических указаний и что самое важное имеется бесплатная учебная версия программы.

3. NX CAM (краткий обзор)

NXCAM - это система автоматизированной разработки управляющих программ для станков с ЧПУ (числовым программным управлением) от компании SiemensPLMSoftware.

Набор средств для программирования станков с ЧПУ позволяет применять NX CAM в самых разнообразных отраслях. NX CAM внедрён и используется в авиационно-космической и оборонной промышленности, автомобилестроении, машиностроении, производстве потребительских

товаров, медицинского оборудования и других отраслях.

NX CAM поставляется и как отдельное рабочее место для программирования обработки, и как CAD/CAM система, а также может включать систему управления технологическими данными и библиотеками инструментов. NX CAM поддерживает совместную работу с приложениями конструкторского проектирования NX, образуя единое решение. NX CAM поставляется с трансляторами, встроенными средствами визуализации обработки, редактором постпроцессоров.

Изготовление изделий со сложной геометрией внешних обводов требует соответствующего программного обеспечения для расчёта управляющей программы для станка с ЧПУ. В зависимости от сложности детали применяется токарная обработка, фрезерная обработка на станках с тремя-пятью управляемыми осями, токарно-фрезерная, электроэрозионная обработка проволокой. Система NX CAM обладает всеми возможностями для формирования траекторий инструмента для соответствующих типов обработки.

NX CAM имеет широкий набор встроенных средств автоматизации — от мастеров и шаблонов до возможностей программирования обработки типовых конструктивных элементов.

Генератор программ ЧПУ включает в себя стратегии обработки, предназначенные для создания программ с минимальным участием инженера.

Концепция мастер-модели является базой, на которой строится распределение данных между модулем проектирования и остальными модулями NX, в том числе и модулями CAM.

Для того чтобы программу можно было запустить на определённом станке, необходимо её преобразовать в машинные коды данного станка. Это делается с помощью постпроцессора. В системе NX существует специальный модуль для настройки постпроцессора для любых управляющих стоек и станков с ЧПУ. Основные настройки выполняются без использования программирования, однако возможно подключение специальных процедур на языке Tcl, что открывает широкие возможности по внесению в постпроцессор любых необходимых уникальных изменений.

Интегрированные в NX CAM функции верификации и симуляции позволяют специалистам выполнять проверку траектории инструмента в процессе программирования станков с ЧПУ. Доступен многоуровневый процесс проверки: например, симуляция работы станка на основе G-кода показывает движение, управляемое программой, сгенерированной встроенным постпроцессором NX. 3D модель станка вместе с деталью, приспособлениями и инструментом перемещается в соответствии с ходом станка по мере обработки G-кода.

Приложение для проектирования оснастки NX ToolingDesign позволяет проектировать пресс-формы и штампы последовательного действия (ШПД). Приложение поддерживает использование стандартных компонентов из библиотек, а также функции численного моделирования, позволяющие визуализировать перемещение дополнительных инструментальных компонентов.

Модуль NX MoldDesign для проектирования пресс-форм позволяет автоматизировать процесс проектирования линий разъема и поверхностей пресс-формы, создания матрицы и пуансона, а также блока формы, непосредственно используя модель детали. Ключевые атрибуты добавляются для управления автоматизированным программированием обработки в NX CAM.

Проектирование штампов последовательного действия в системе NX CAM содержит детальную информацию о создании штампов, позволяющую автоматизировать процесс проектирования. Оно ведет пользователя через серию шагов, включая анализ формуемости, создание макета ленты, проектирование основы штампа и проверки работы. Система NX CAM включает в себя модуль проектирования автомобильных штампов, которое обеспечивает планирование, проектирование и оценку рабочей поверхности штампа, конструкции и проверку работы.

Программный модуль NX Проектирование электродов позволяет обеспечить пошаговое решение автоматизации процесса электроэрозионной обработки от проектирования до производства.

Входящее в NX CAM средство автономного программирования координатно-измерительных машин (КИМ) CMM Inspection Programming позволяет создавать программы машинного контроля показателей качества изделия. Проверяемые конструктивные элементы и траектории движения контрольно-измерительных датчиков создаются автоматически на основе содержащейся в конструкторской 3D модели конструкторско-технологической информации (PMI). Приложение CMM Inspection Programming поддерживает имитацию обработки и контроля столкновений КИМ, предусмотрена возможность выбора встроенных моделей КИМ из библиотеки, в том числе контактных датчиков Renishaw PH20 с технологией «касания головкой», поддерживается создание собственных моделей КИМ.

NX CAM поддерживает возможность программирования роботизированных комплексов, что позволяет применять роботов для выполнения таких операций обработки как фрезеровка, гравировка, полировка, шлифовка, удаление заусенцев, сверление, клепка и т.д.

Также, NX CAM позволяет создавать управляющие программы для гибридных станков, поддерживающих SD-печать методом осаждения металла.

В арсенале программиста-технолога появилась новая стратегия обработки Адаптивное фрезерование, позволяющая получить выигрыш во времени обработки до 60%. Этот «умный» метод черновой обработки предназначен для использования инструмента с большой глубиной обработки, но маленьким перекрытием, что благоприятно сказывается на стойкости инструмента и колебании нагрузки на инструмент, особенно при работе с труднообрабатываемыми материалами.

Поддержка постоянной толщины стружки посредством динамической регулировки параметров обработки, включая скорость подачи и перекрытие, помогает раскрыть потенциал высокоскоростных методов обработки и продлить срок службы оборудования.

Усовершенствованная математика и функционал финишных операций NX CAM 12 предназначены для достижения высочайшего качества поверхности после обработки резанием. Постоянное смещение инструмента NX CAM рассчитывает независимо от угла наклона поверхностей. Также улучшено интеллектуальное распознавание небольших канавок, впадин, пазов и отверстий, в результате чего улучшилось качество и непрерывность финишных траекторий.

Отдельно стоит обратить внимание на настройки плавных перемещений в NX CAM 12. С их помощью возможно программировать плавные врезания, выходы из материала и ускоренные перемещения. Результатом оптимизации являются плавные перемещения рабочих органов оборудования без рывков и резкой смены направления движения.

В следующих разделах рассмотрены основы создания управляющих программ в среде NX12, как одной из наиболее распространенных.

ГЛАВА 3. ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ В СРЕДЕ SIEMENS NX 12.0

В данном разделе рассматривается алгоритм создания управляющей программы для станков с ЧПУ в NX12.0. Приводятся основные сведения об интерфейсе программного обеспечения. В последующих подразделах рассмотрены особенности создания управляющих программ для двух групп станков: токарных и фрезерных.

Для начала остановимся на алгоритме создания управляющей программы в NX 12.0. В целом данный алгоритм подходит и для других CAM-систем.

Данный алгоритм представлен на рисунке 3.1.

Как видно из представленного алгоритма в качестве исходных данных для создания управляющей программы выступают:

1. Чертежи детали, заготовки, применяемого приспособления;
2. Технологический процесс на операцию, на которую разрабатывается управляющая программы;
3. Информация по выбранной технологической оснастке:
   3.1 Режущему инструменту и режимам резания;
   3.2 Приспособлению
4. Информация по применяемому оборудованию (техническим характеристикам оборудования), а при необходимости и 3D модель рабочей зоны станка с кинематикой.

Рассмотрим представленный на рис. 3.1 алгоритм с точки зрения его реализации в среде NX12.0.

Основная работа при программировании происходит в 2-х модулях системы, а именно в моделировании (Ctrl+M) и обработке (Ctrl+Alt+M). В зависимости от выбранного модуля изменяется и функционал (меню). Переключение между модулями осуществляется либо комбинацией клавиш, которые приведены ранее, либо в меню «Файл» (рис. 3.2).

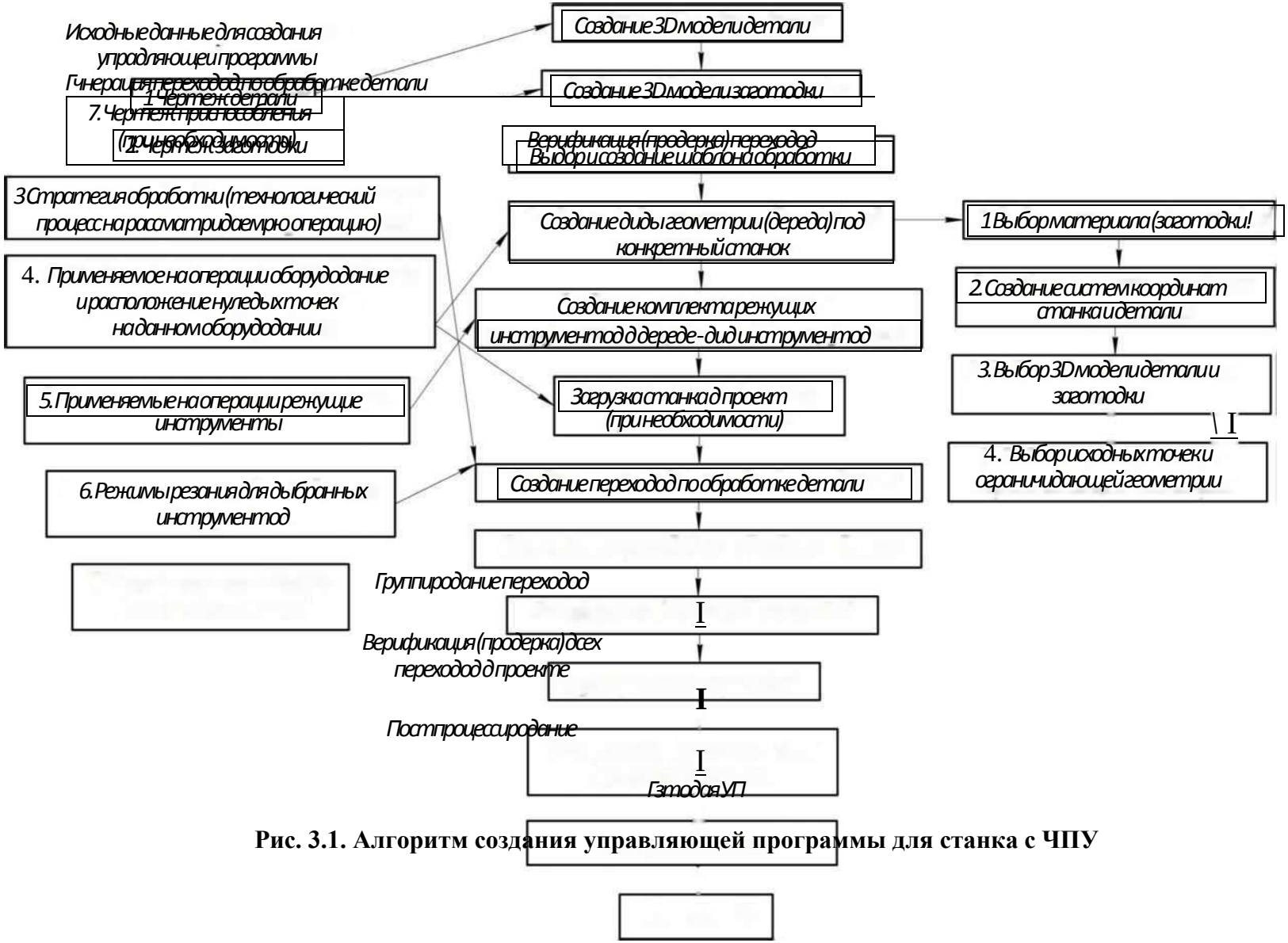


Рис. 3.1. Алгоритм создания управляющей программы для станка с ЧПУ

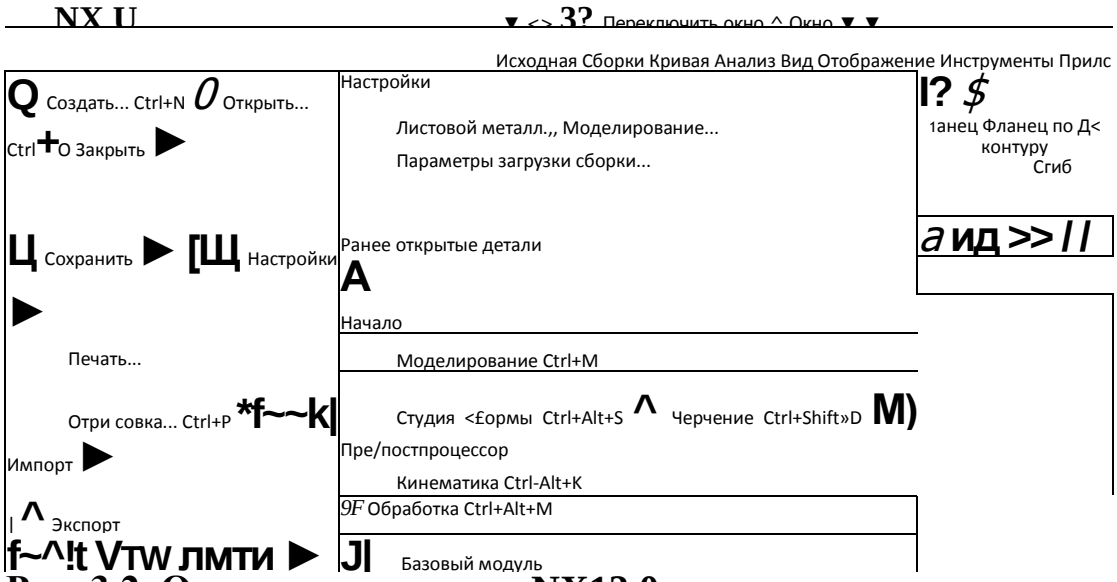


Рис. 3.2. Основные модули в NX12.0

При создании проекта обработки в NX рекомендуется, прежде всего, открыть 3D модель детали, после чего выбрать необходимый шаблон обработки в зависимости от особенностей оборудования следующим образом: Файл - Создать - вкладка обработка. Здесь же задается имя проекта и выбирается папка, в которой будет находиться весь проект (рис. 3.3). *Сразу необходимо отметить, что все составляющие проекта должны находиться в одной папке, названной на английском языке, при этом путь к папке также должен быть на английском языке.*

Навигатор операций (рис. 3.4) представляет собой 4 вкладки:

1. **Вид программы**, там, где впоследствии отображаются созданные переходы по обработке;
2. **Вид инструментов**, вкладка,в которой отображается инструментальный магазин (позиции инструментального магазина) и созданный режущий инструмент;
3. **Вид геометрии**, вкладка, в которой создается дерево обработки под конкретный станок - является основной вкладкой при создании управляющей программы. Здесь задается материал детали, указываются системы координат станка и детали и нулевые точки. Также здесь задается геометрия (3Dмодели)детали и заготовки, а также указываются исходные точки. После чего в данном дереве происходит создание отдельных переходов.
4. **Вид методов обработки**, вкладка в которойзаданы исходные настройки для конкретного метода обработки, который выбирается в процессе создания операций.

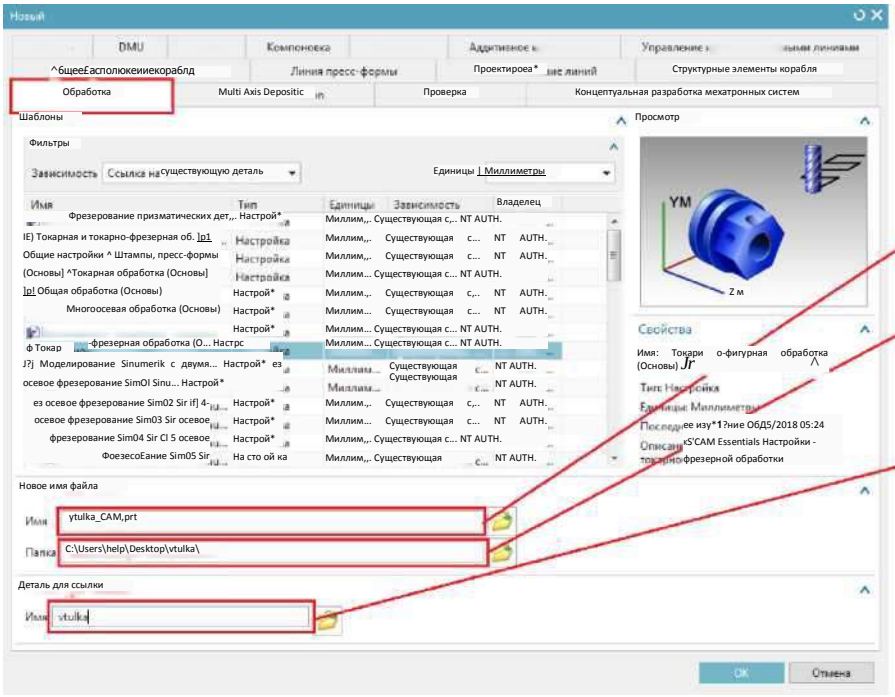


Рис. 3.3. Выбор шаблона обработки, имя файла и папки для сохранения проекта

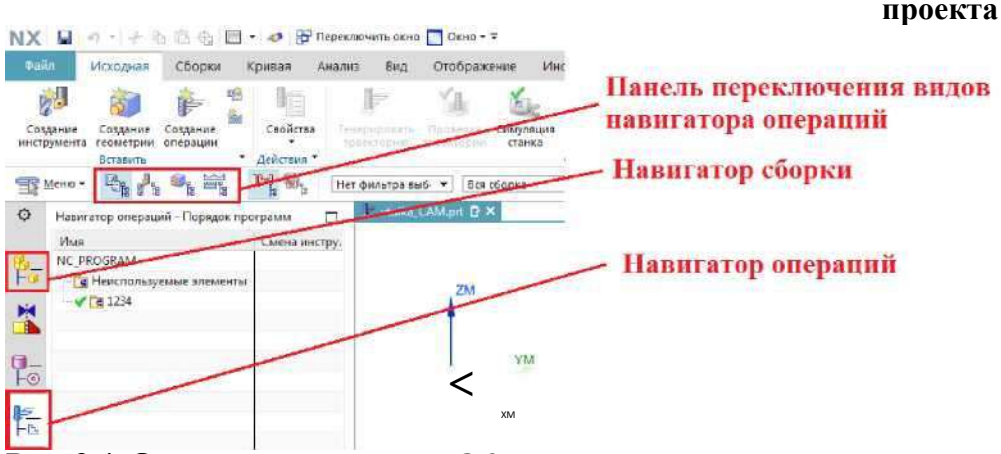
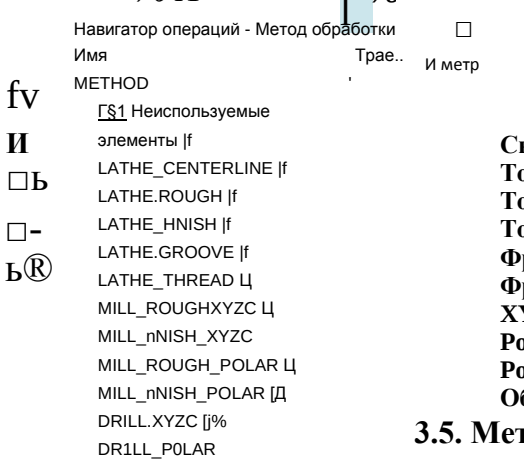


Рис. 3.4. Основные панели NX12.0

На рис. 3.5 представлены основные методы обработки, заложенные в базу NX.



Сверление отверстия вдоль оси (токарная обр.);
Точение черновое (с припуском на поверхности);
Точение чистовое (окончательная обработка);
Точение канавок Нарезание резьбы
Фрезерование черновое (предв.) XYZC
Фрезерование чистовое (окончат.)
XYZC Фрезерование черновое (предв.)
Polar Фрезерование чистовое (окончат.)
Polar Обработка отверстий XYZC
Обработка отверстий Polar

3.5. Методы обработки

Рис.

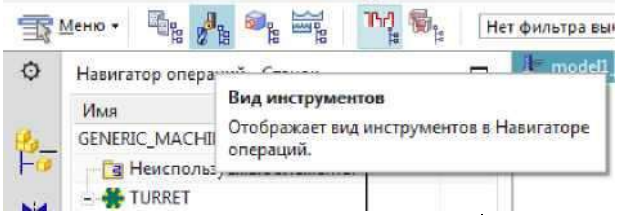
Модель Чертеж Симуляция производство производствен*

Рассмотрим процесс подготовки проекта к созданию УП.

Для создания режущего инструмента необходимо иметь информацию о применяемом режущем инструменте в технологическом процессе, а также основных размерах, определяющих геометрию режущего инструмента.

Вкладка TURRET (револьверная головка) отображает имеющиеся на станке органы, на которых осуществляется закрепление режущего инструмента, или же инструментальный магазин. Количество позиций (STATION_01...STATION_N) определяется количеством гнезд в револьверной головке (инструментальном магазине). ПО умолчанию в проекте создается 12 позиций в инструментальном магазине (рис. 3.6 а). Если необходимо создать дополнительные позиции, необходимо встать на объект TURRET, далее левой кнопкой мыши и далее Вставить - Инструмент. После чего открывается вкладка создания инструмента (рис. 3.6 б) в которой выбирается подтип TURRET STATION, где ниже задается имя гнезда (позиции) и выбирается место расположения объекта. Здесь же есть возможность создания и дополнительного инструментального магазина, например, если на станке 2 револьверные головки.

Здесь же осуществляется выбор шаблона режущего инструмента (подтип инструмента). Также можно вызвать инструмент или устройство из библиотеки (если он уже создан в базе режущих инструментов и устройств).



C STATTON.01
CSTATION_02
C STATIC) 1Ч_03
C STAT1ON.04
CSTATION_05
< STATION.06
CSTATION_07
< STATION_08
CSTATION.09
< STATION10
C STATION.il
C STAT10N.12

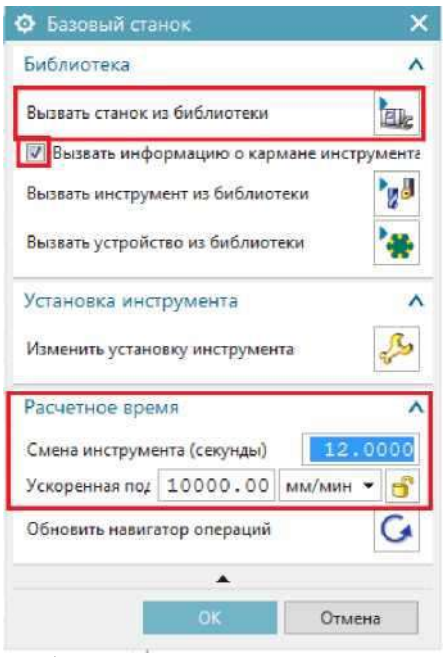
а)

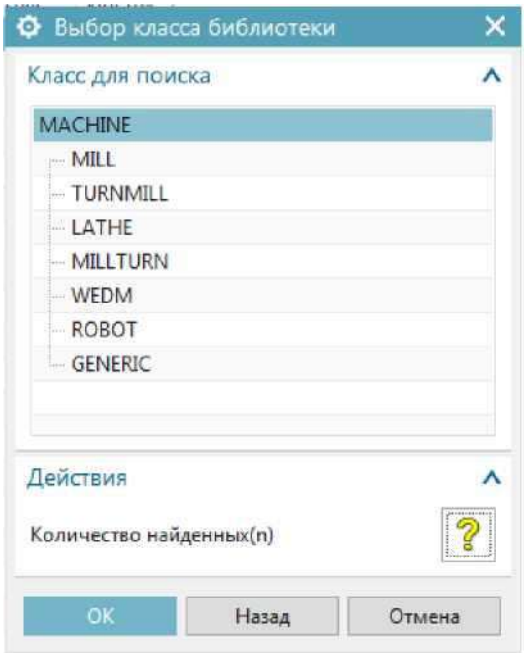
б)

Рис. 3.6. Добавление инструмента, позиции, магазина

В проект может, подгружается **станок из базы оборудования**, которая находиться в той же вкладке навигатора операций, что и режущий инструмента, а именно во вкладке GENERIC_MACHINE. Где как видно из

рис. 3.7 а можно выбрать станок из базы станков (рис. 3.7 б), и настроить по умолчанию время смены инструмента, а также задать величину ускоренной подачи на станке (это влияет на расчет времени на обработку).





а) б)

Рис. 3.7. Выбор станка из библиотеки

При этом если отмечено «Вызвать информацию о кармане инструмента» (рис. 3.7 а) то автоматически с выгрузкой станка подгружается информация и об инструментальном магазине и количестве позиций в инструментальном магазине.

Остальные особенности, связанные с созданием переходов, режущих инструментов и т.д. рассмотрим в последующих подразделах с привязкой к типу применяемого оборудования.

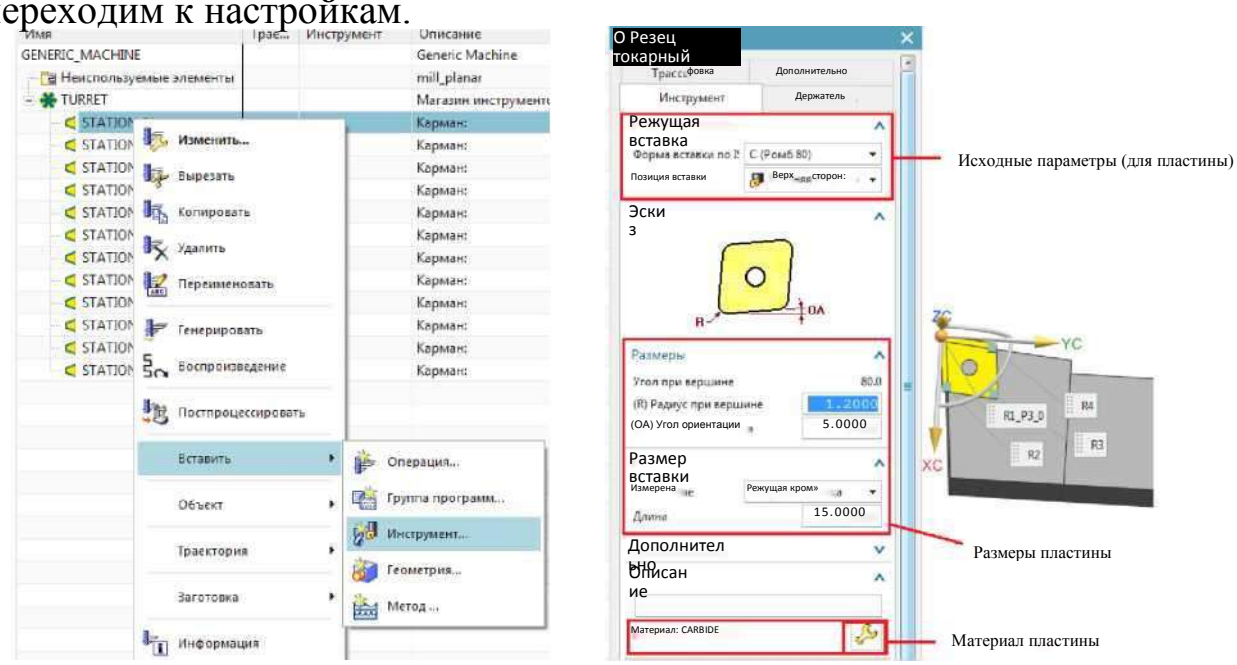
3.1 Основы создания управляющих программ для токарных станков с ЧПУ

В данном разделе рассмотрим основные особенности при создании переходов и режущих инструментов с привязкой к токарным станкам с ЧПУ. Рассмотрим в общем случае создание проекта для токарнофрезерной обработки.

Для начала рационально создать весь необходимый режущий инструмент в дереве вид инструментов (рис. 3.6) добавляя его в нужные позиции по ходу технологического процесса.

Встаем на нужную позицию (в которую необходимо добавить инструмент) и далее вставить - инструмент (рис. 3.8 а). Выбираем во вкладке тип необходимый тип и подтип инструмента, уточняем его

расположение (позицию в инструментальном магазине), задаем имя и переходим к настройкам.



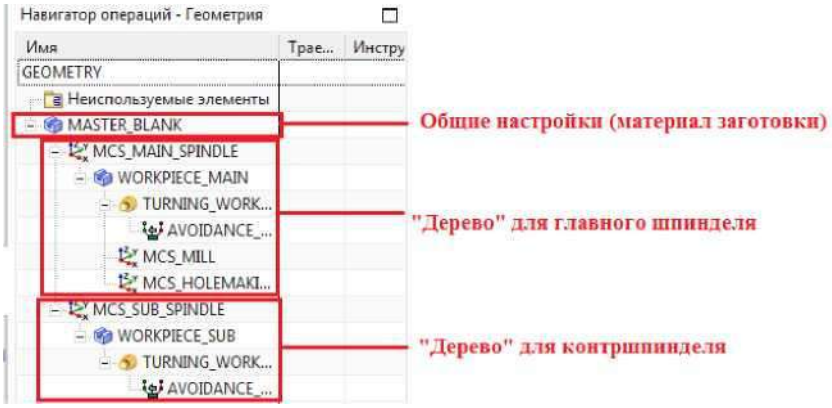
а) б)

Рис. 3.8. Задание параметров инструмента

ПРИМЕЧАНИЕ: Все текстовая информация в NX должна создаваться на английском языке, без пробелов, вместо которых можно использовать подчеркивание «_».

Далее в открывшемся окне (рис. 3.8 б) в соответствии с информацией о размерах инструмента (из каталога фирмы производителя РИ) отдельно задаются параметры инструмента (для токарных резцов - пластины), в следующей вкладке - держателя и задается точка трассировки (точка описывающая траекторию РИ) во вкладке трассировка.

Переходим в **вид геометрии.** По умолчанию создается следующий вид геометрии (рис. 3.9), где присутствует «дерево» относящееся к главному шпинделю и к контршпинделю. В MASTER BLANK задается материал



заготовки.

Рис. 3.9. Дерево в виде геометрии по умолчанию для токарно-фрезерного оборудования

С учетом опыта создания управляющих программ для токарнофрезерного оборудования необходимо изменить расположение элементов в виде геометрии. Для этого необходимо «перетащить» объекты в нужном порядке. Также и для контршпинделя. Получим «дерево» в виде, показанном на рисунке 3.10.

После добавления в проект заготовки необходимо произвести настройку каждого компонента (п. 4.1).

При создании (добавление) переходов для токарной обработки переходы добавляются в геометрию AVOIDANCE MAIN, для фрезерных операций в геометрию WORKPIECE MAIN.

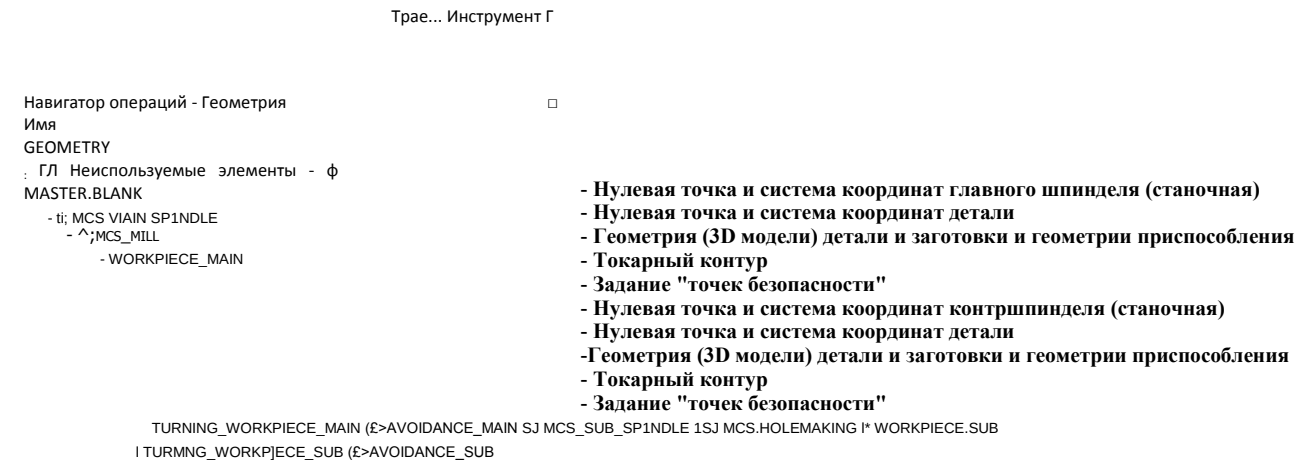


Рис. 3.10. Дерево для токарно-фрезерной обработки

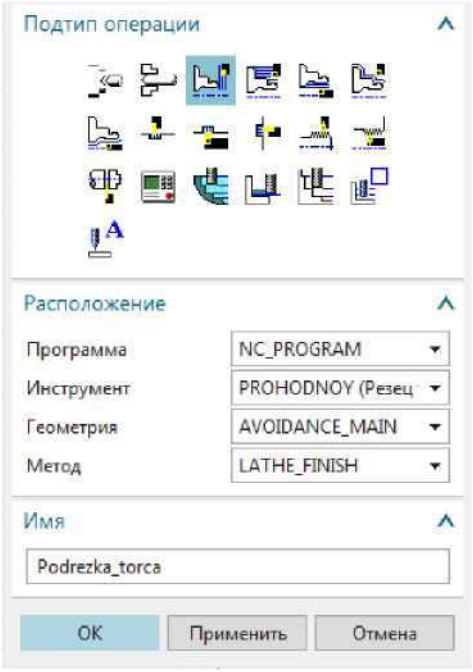


Рис. 3.11. Выбор подтипа операции, расположения и задание имени операции

При этом к токарной обработке относится также сверление отверстия, ось которого совпадает с осью вращения детали.

При сверлении, в таком случае, будет вращаться деталь - сверло совершает только движение подачи.

В том случае, когда деталь не вращается - рассматриваем как фрезерную обработку (обработка отверстий, расположенных вне оси вращения; фрезерование лысок, пазов и т.д.).

Рассмотрим подробно создание отдельных видов, для начала, токарных переходов.

1. Подрезка торца (пример настройки) и общие сведения по работе с настройками траектории.

При добавлении перехода в AVOIDANCE_MAIN выбираем подтип операции - Торцевание (рис. 3.11).

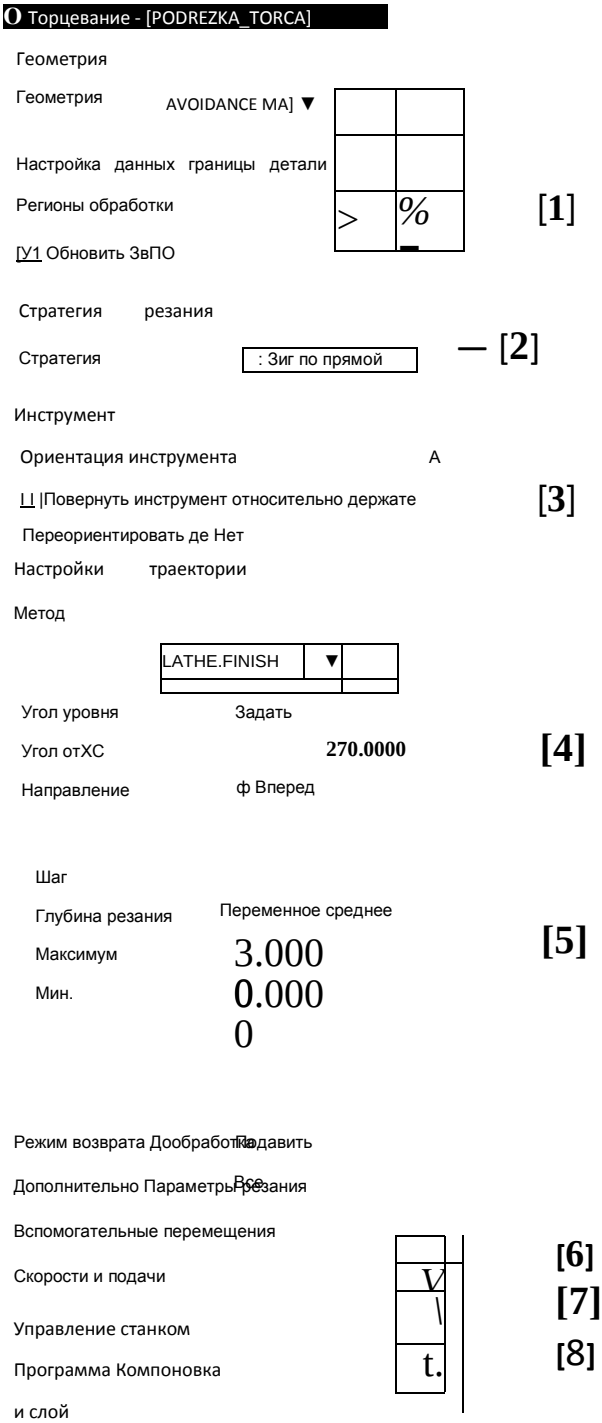


Рис. 3.12. Настройка торцевания

Во вкладке расположение (рис. 3.11) указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина, в качестве геометрии выбирается AVOIDANCE_MAIN, метод LATHE_FINISH (если торец обрабатывается окончательно) или LATHE_ROUGH (в случае предварительной обработки).

После этого открывается окно, представленное на рис. 3.12.

На рисунке 3.12

[1] показано:

[2] Выбор области обработки;

[3] Выбор стратегии резания;

Корректировка ориентации инструмента относительно детали;

[4] : Выбор направления резания;

[5] : Выбор глубины резания;

[6] : Настройки параметров резания (припусков, стратегии резания и т.д.);

[7] : Настройка вспомогательных перемещений (подвод, отвод, подход, отход и т.д.);

[8] : Задание режимов резания;

Рассмотрим подробно создание перехода по подрезке торца.

В открывшимся окне (рис. 3.12), прежде всего, как и во всех других типах обработки необходимо ограничить область обработки за счет ограничивающих плоскостей (точек). Для этого настраиваются регионы обработки [1].

Для токарных операций удобно скрыть модели детали и заготовки, для этого можно воспользоваться комбинацией клавиш Ctrl+W. В открывшемся окне выбираем скрыть твердые тела («-»), при необходимости таким же образом возвращаем отображение твердых тел («+»).

При этом стоит отметить, что когда задана деталь и заготовка область обработки выглядит следующим образом (рис. 3.13 а).

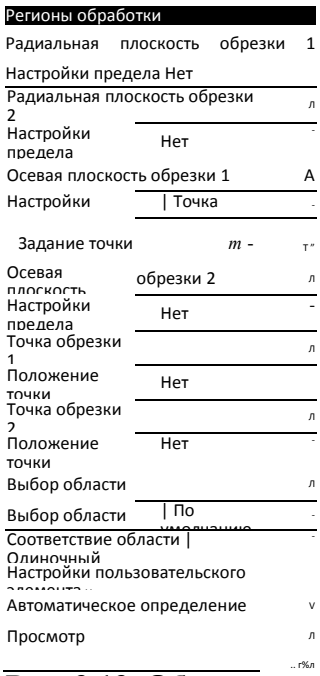
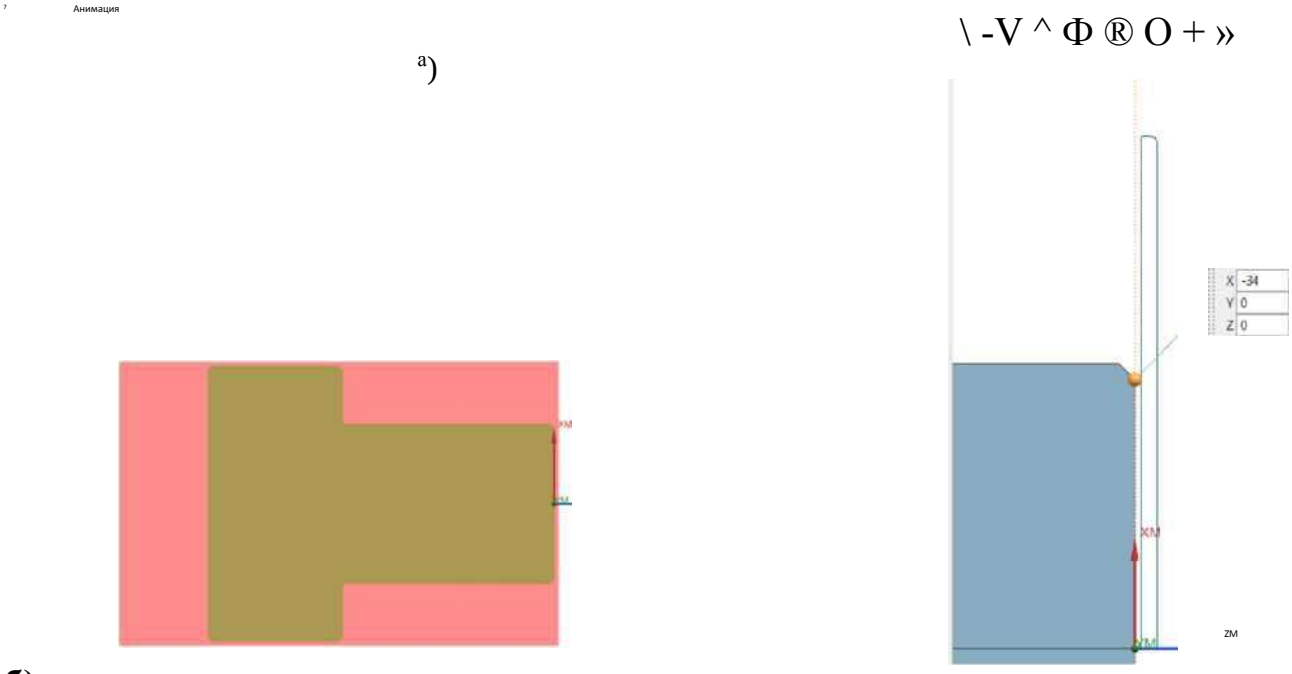


Рис. 3.13. Область обработки



При этом, как видно из рис. 3.13а припуск на обработку отображается светлым (розовым фоном), а сама деталь темным (коричневым фоном).

<u>Выбор области резания.</u>

Для ограничения области обработки переходим в панель [1] (нажимаем на ключ - изменить) и задаем ограничивающие плоскости, при этом выделяется область (со стороны инструмента), как показано на рис. 3.12 б.

Осевая плоскость - вертикальная; радиальная - горизонтальная. Также есть возможность ограничить область резания точками (точки

обрезки). Если область резания распознается не верно, то можно указать (в разделе выбор области) точку, относящуюся к области резания.

Как видно из рисунка 3.13б для подрезки торца детали достаточно задать точку на торце во вкладке осевая плоскость.

Выбор стратегии резания.

Во вкладке стратегия резания [2] можно выбрать различные схемы срезания припуска. Обычно, достаточно настроек по умолчанию.

Изменение ориентации инструмента.

Во вкладке ориентация инструмента [3] если активировать «Повернуть инструмент...», режущий инструмент поворачивается зеркально. Если необходимо повернуть инструмент в рассматриваемой плоскости, то во вкладке «Переориентировать держатель инструмента»

необходимо выбрать «Фиксировано» и задать нужный угол ориентации и нажать Enter для проверки правильности расположения инструмента.

Изменение направления резания.

В случае подрезки торца по умолчанию в разделе [4] задан угол резания относительно оси XC -0°, т.е. резание перпендикулярно оси вращения детали. Если необходимо срезать припуск под другим углом, необходимо изменить настройки (за счет изменения угла резания).

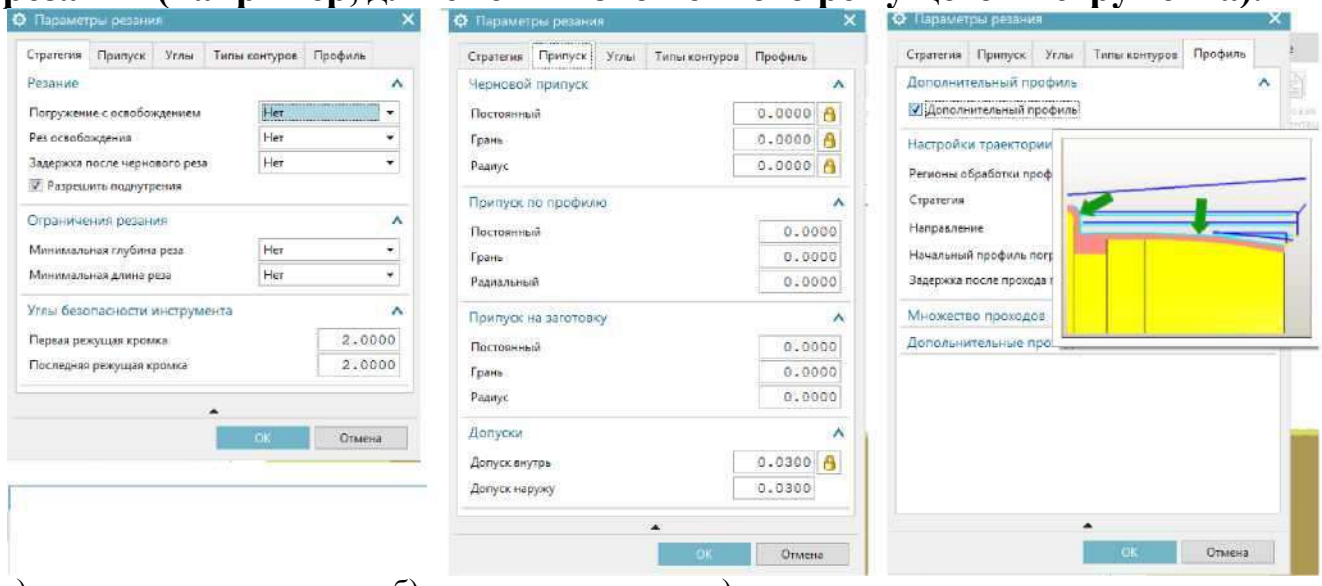
Выбор глубины резания.

Выбор необходимой глубины резания осуществляется в разделе [5], где можно задать (согласно рекомендациям фирмы производителя РИ) величину максимальной и минимальной глубины резания. Также можно задать количество проходов (припуск будет перераспределен равномерно), для этого во вкладке «глубина резания» выбирается «число уровней» и задается ниже необходимое количество проходов. Также во вкладке «глубина резания» есть возможность выбора метода распределения снимаемого припуска с учетом заданных настроек максимальной и минимальной глубины резания.

Настройка параметров резания.

В разделе параметры резания [6] настройка параметров резания осуществляется в 3-х основных вкладках (рис. 3.14).

В первой вкладке (стратегия) есть возможность изменить стратегию резания, задать время задержки после черновых проходов, а также ограничить максимальную глубину резания (актуально при обработке канавок и отрезке детали), или же, если необходимо, длину резания (например, для смены изношенного режущего инструмента).



а) б) в)

Рис. 3.14. Настройка параметров резания

В следующей вкладке (припуск) есть возможность задать общий припуск (постоянный на диаметрах и торцах), или же задать отдельно припуск на торцах в окне «грань», или на диаметральных поверхностях в окне «радиус».

Есть возможность реализации (если задан черновой припуск - рис. 4.14 б) окончательного прохода за счет активирования во вкладке профиль дополнительного профиля (рис. 3.14 в).

Настройка вспомогательных перемещений.

Для настройки врезания, отвода, а также подхода и отхода режущего инструмента необходимо перейти во вкладку [7] (рис. 3.15). В разделе врезание - отвод есть возможность настройки «тип врезания или отвода», а также расширения расстояния для врезания или отвода.

При настройке подхода или отхода исходная точка выступает той, что задана в настройках Avoidance. Здесь есть возможность изменить тип перемещения в начальную точку, а также в начало врезания. Может быть задано перемещение «по прямой», «радиальное-осевое» или «осевое радиальное», при этом стоит обращать внимание на всплывающее окно с пояснением типа перемещения.

При подрезке торца рационально выбирать перемещение - «осевое

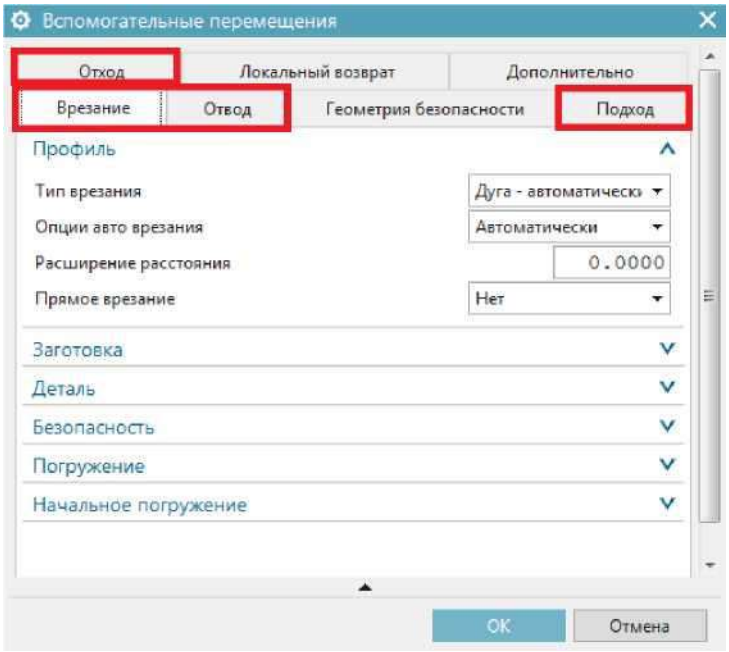


Рис. 3.15. Настройка вспомогательных

перемещений

Задание режимов резания.

Задание режимов резания осуществляется во вкладке [8], при этом открывается окно, приведенное на рисунке 3.16.

радиальное» во вкладках подход и отход.

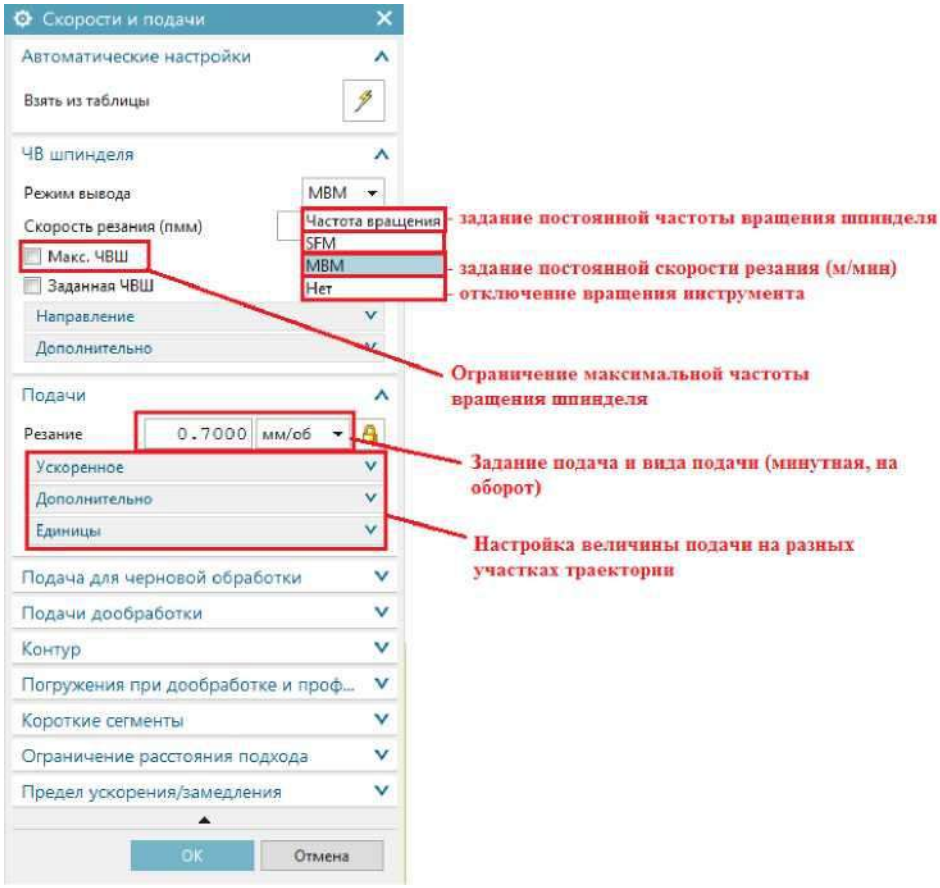


Рис. 3.16. Настройка режимов резания

Как видно из рисунка 3.16 необходимо указать следующие режимы резания:

1. *Скорость резания или частоту вращения шпинделя* (для скорости резания используем MBM) в м/мин и в об/мин соответственно.

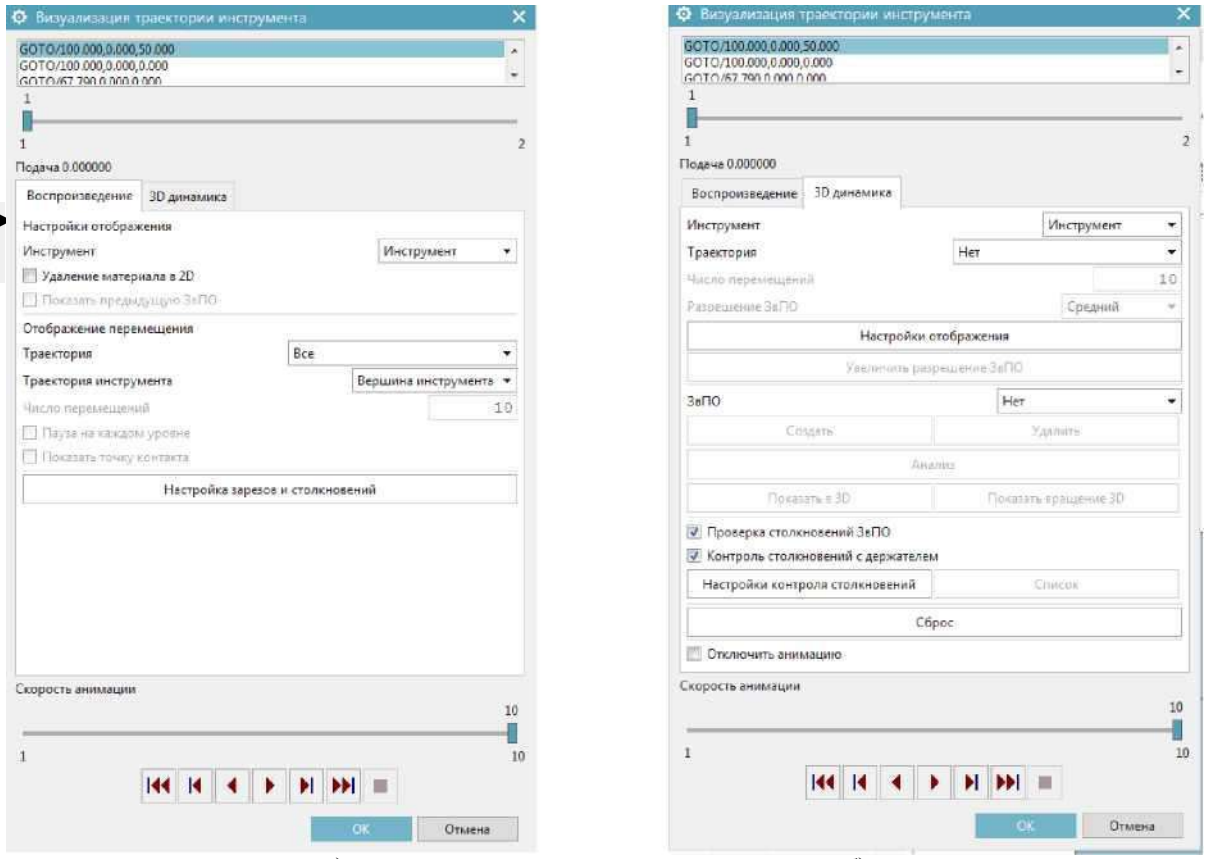
2. Подачу на оборот или минутную, заданную в мм/об или мм/мин соответственно.

Также (если задана скорость резания) необходимо активировать «Макс. ЧВШ» и задать максимально возможную частоту вращения шпинделя по характеристикам выбранного оборудования.

После того, как все приведенные выше настройки выполнены, осуществляется генерация перехода, при этом используя действие «генерировать» (см. рис. 3.17).

Рис. 3.17. Панель действия

Дальше необходимо осуществить проверку траектории (рис. 3.17), в открывшемся окне (рис. 3.18) есть возможность проверки траектории в 2D (на плоскости) (вкладка воспроизведение) и в 3D (с отображением в объеме).



а) б)

Рис. 3.18. Проверка траектории

Для изменения скорости отображения необходимо (внизу) настроить скорость анимации и дальше выбрать либо пошаговое воспроизведение

, либо воспроизведение всей траектории

При необходимости вносятся исправления, и повторяется процедура генерации и проверки траектории.

При этом на траектории ускоренные перемещения, врезания, отводы и т.д. отображаются разным цветом (рис. 3.19).

В случае подрезки торца получаем результат, показанный на рисунке

Рис. 3.19. Цвета отображения траектории

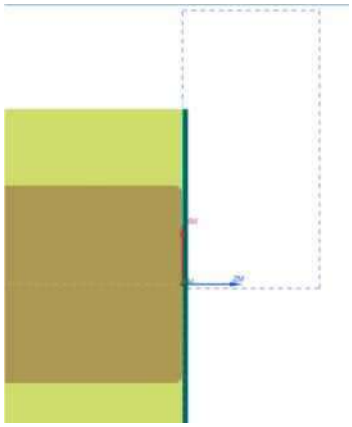


Рис. 3.20. Результат генерации траектории «подрезка торца»

3.20.

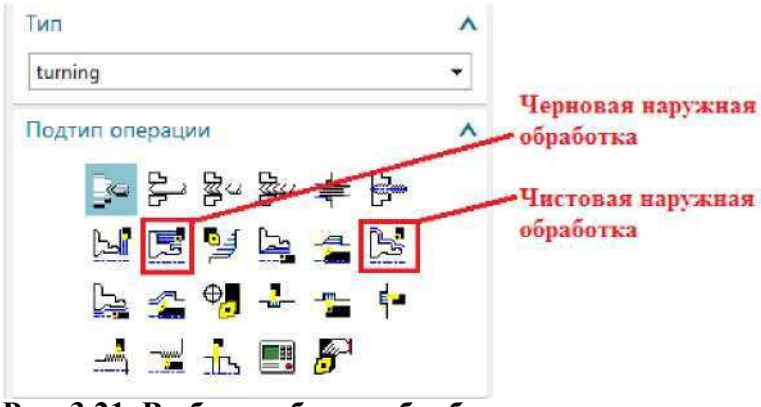


Рис. 3.21. Выбор шаблона обработки

Выбираем регион обработки, задаем припуск в разделе [6] (см. рис. 3.12). При необходимости производим настройку подхода, отхода и т.д.

Особенности: в том случае, если необходимо для разных поверхностей задать индивидуальный припуск, можно воспользоваться

Настройка данных границы детали

2. Наружное точение

При добавлении перехода в AVOIDANCE_MAIN выбираем подтип операции «Черновая наружная обработка» - в случае предварительной обработки (с припуском) или «Чистовая наружная обработка» - в случае окончательной обработки (см. рис. 3.21). Во вкладке расположение указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина, в качестве геометрии выбирается AVOIDANCE_MAIN, метод LATHE_FINISH (если торец обрабатывается окончательно) или LATHE_ROUGH (в случае предварительной обработки).

разделом:

При этом выбираем необходимую для настройки поверхность (за линии, отходящие от поверхностей) (см. рис. 3.22 а) и заходим во вкладку задание параметров элемента (рис. 3.22 б) в графе Форма выбираем «стандарты», в «расстояние» задаем необходимый припуск.

Список

Элемент	Игнорир...	Задать п...	Соеди
Member 4	Нет	Нет	Рас -*•
Member 5	Нет	Нет	Ра<0
Member 6	Нет	Нет	Рас

иг ►

Отме

Элементы A

Задание параметров элемента

Соединить со следу Расширить П

Игнорировать элемент

Смещение чистовой обработки

Основное смещение

Припуск

Форма Стандарты

Метод Постоянный

Расстояние 0.2000 Номина ▼

а) б)

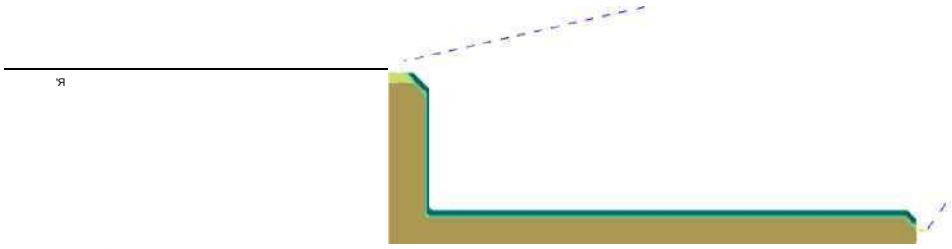
Рис. 3.22. Настройка индивидуального припуска

Так же, как видно из вкладки (рис. 3.22) есть возможность активировать - игнорировать элемент, чтобы исключить обработку данного элемента.

В целом же создание переходов по наружному точению аналогично торцеванию, однако меняется угол резания, так при обработке детали в главном шпинделе задается 270°, и 90° при обработке в контршпинделе (прямое точение).

При реализации в одном переходе отдельного чистового прохода активируем Параметры резания - Профиль - Дополнительный профиль, как показано на рисунке 3.14 в.

В таком случае при генерации получаем траекторию, вида как показано на рисунке 3.23 а. В случае же создания чистового перехода, после создания чернового, получаем траекторию, как показано на рисунке 3.23 б.



а) б)

Рис. 3.23 Траектория при а) наружном черновом точении и б) наружном чистовом точении

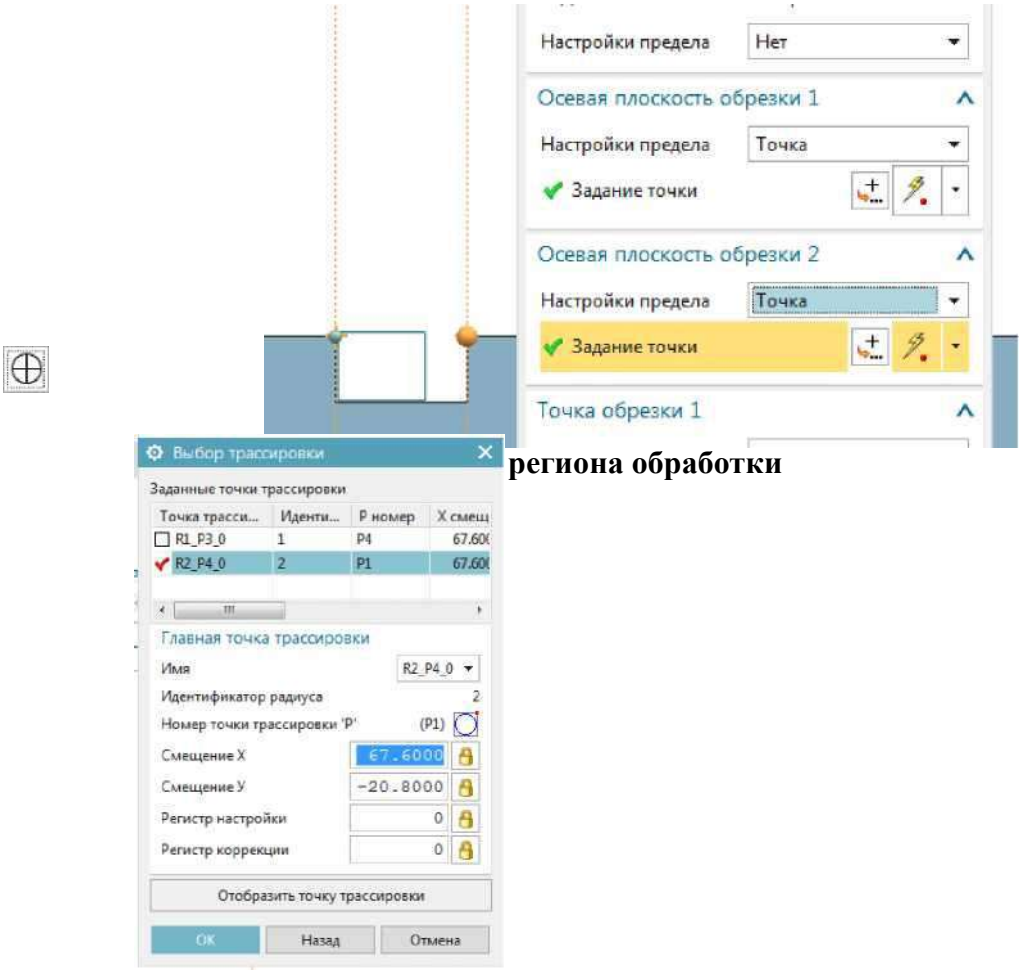
3. Точение наружной канавки

В данном случае также рационально рассмотреть 2 примера, а именно, как создавать обработку для канавок с низкой точностью (IT9 и грубее) и грубой шероховатостью (Ra6,3 и грубее), а также для чистовых канавок.

При добавлении перехода в AVOIDANCE_MAIN выбираем подтип операции «Наружная проточка» . При этом в качестве метода обработки выбирается LATHE_GROOVE.

Далее в открывшемся окне (рис. 3.11) в разделе [1] выбираем область резания. Чаще всего достаточно ограничить канавку двумя осевыми плоскостями (рис. 3.24).

Примечание: рекомендуется ширину канавочного резца брать меньше ширины канавки, для обеспечения необходимого размера (посередине поля допуска).



региона обработки

Далее переходим к выбору стратегии резания. В качестве рекомендаций при обработке не точных канавок можно оставить стратегию по умолчанию, а именно Ш ПогРУ^ен11езиг ? в случае обработки чистовых канавок рационально использовать стратегию

ГЙ Погружение альтернативное

Далее переходим к выбору точки трассировки, это точка, координаты которой будут известны при настройке инструмента.

Для этого переходим во вкладку инструмент - выберете трассировку . Открывается окно, как показано на рисунке 3.25 а. *Отметим, что у канавочного резца - 2 вершины инструмента, а, следовательно, 2 точки трассировки.*

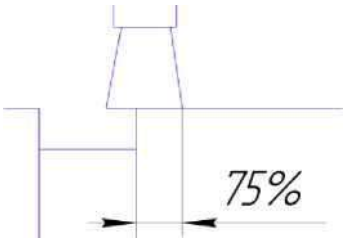
а) б)

Рис. 3.25. Выбор точки трассировки

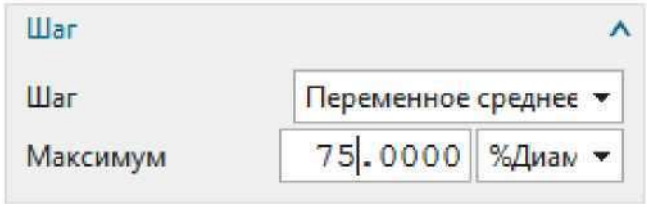
Выбор точки трассировки зависит от точности выполняемых линейных размеров. **Рекомендуется делать активной ту точку трассировки, вершина которой обеспечивает выполнение самого точного линейного размера (рис. 3.25 б). Если оба линейных размера грубые, то выбор точки**

трассировки не имеет значения. Если оба размера точные (IT9 и точнее) необходимо сделать активными обе точки трассировки. Выбор точки трассировки осуществляется с использованием вкладки имя и активированием точки трассировки в разделе задание точки трассировки.

Далее происходит настройка угла от XC, который показывает



направление обработки. После этого есть возможность изменить *шаг* резания (рис. 3.26 а), который показывает длину контакта режущей кромки с материалом (рис. 3.26 б).



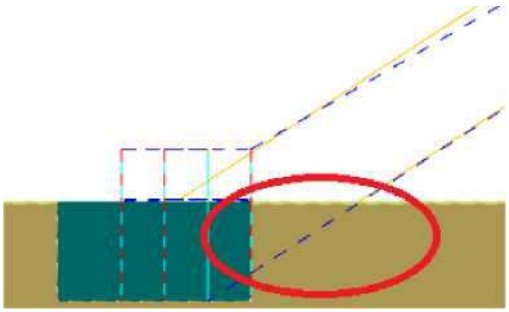
а) б)

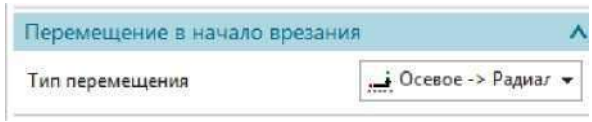
Рис. 3.26. Настройка шага резания

Чаще всего рационально оставить шаг по умолчанию (75%).

Если сгенерировать траекторию, видно, что залаженные по умолчанию настройки подхода и отхода режущего инструмента во V_t *Ш* вкладке вспомогательные перемещения (по прямой) допускают столкновение режущего инструмента с деталью в процессе выходе инструмента (см. рис. 3.27 а).

Для того, чтобы исключить столкновение необходимо во вкладке изменить настройки во вкладке





Перемещение в точку возврата / *плоскость* безопа... А Тип перемещения

Положение точки Как у начальной

вспомогательные перемещения - подход по методу «осевое - радиальное» (рис. 3.27 б) во вкладке перемещение в начало резания.

б)

г** Радиальное-> О* ▼

а) в)

Рис. 3.27. Настройка подхода и отхода режущего инструмента

Аналогичным образом настраивается отход, но по методу «радиальное - осевое» (рис. 3.27 в).

После генерации получаем траекторию вида, как показано на рисунке 3.28.

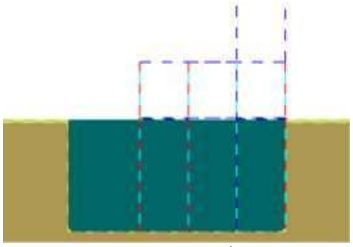


Рис. 3.28. Траектория при точении грубой канавки

Рассмотрим далее процесс создания обработки для точения точной канавки.

При точении точных канавок рекомендуется создавать дополнительный чистовой проход - подчистку. Для этого во вкладке параметры резания *шш*в разделе припуск задаем припуск на грань и на радиус (черновой припуск). Как правило, на грань задается припуск больший, чем на радиус, чтобы избежать поломки инструмента при его подчистке диаметральной поверхности канавки. После чего во вкладке параметры резания переходим в раздел «Профиль» и активируем «Дополнительный профиль» (чистовой проход). Здесь же при необходимости осуществляется настройка параметров.

Также, чтобы избежать столкновение режущего инструмента при врезании во время чистового прохода во вспомогательных перемещениях - врезание задаем расширение расстояния (напр. 2 мм).

При генерации получаем траекторию как показано на рисунке 3.29.

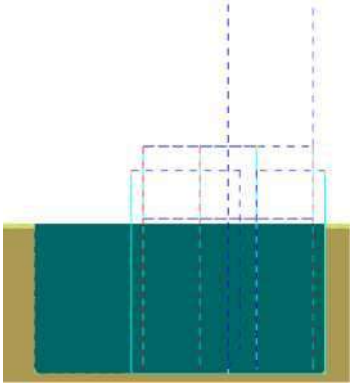


Рис. 3.29. Траектория при точении точной канавки

4. Нарезание наружной резьбы

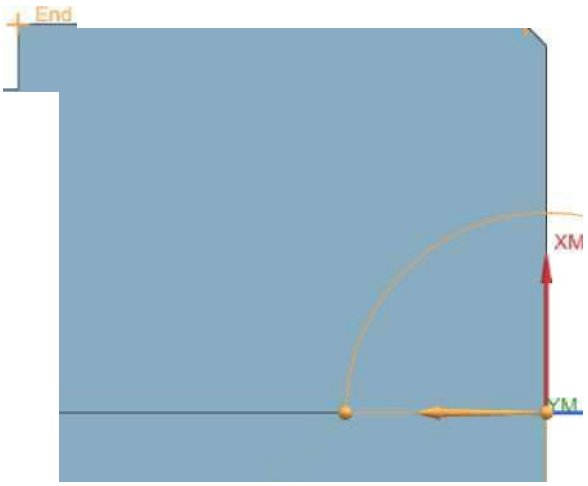
При добавлении перехода в AVOIDANCE_MAIN выбираем подтип

ч

операции «Наружная резьба» . При этом в качестве метода обработки выбирается LATHE_THREAD. В открывшемся окне выбираем инструмент, задаем его ориентацию.

После этого переходим к настройкам во вкладке «Форма резьбы» (рис. 3.30).

При выбранной вкладке «Выбрать линию внешнего диаметра» указываем поверхность (линию токарного контура) на которой будет осуществляться нарезание резьбы. При этом линию подсвечивается, а начало, и конец обозначаются как Start и End. Так, при нарезании резьбы режущий инструмент будет осуществлять перемещение от точки Start к точке End. Здесь же задаем направление резания (угол от XC).



Форма резьбы A

V Выбрать линию внешнего диаметра (1) Ф

% Выбрать конечную прямую (0) Ф

Параметр глубины Глубина и угол Глубина

Угол от XC 0.00 00

270.0000

Смещение A

Смещение в начале	2.0000
Задать конечное смещение от инструм*	Л
Смещение в конце	2.0000
Смещение пересечения	0.0000
Корневое смещение	0.0000

Показать начало и конец %

Рис. 3.30. Выбор линии внешнего диаметра резьбы, окно настройки

Далее во вкладке Параметр глубины выбираем «Глубина и угол».

Для расчета глубины резьбы можно пользоваться примерной зависимостью:

$$t=0.54*P,$$

где P - шаг резьбы.

При выборе данных по глубине и количеству проходов (i) можно пользоваться также таблицей 3.1.

Табл. 3.1 Выбор глубины резьбы и количества проходов

Шаг резьбы, P, мм	Рабочая высота профиля резьбы, h, мм	Количество проходов, i
0.5	0.27	4
0.75	0.406	4
1.0	0.541	5
1.25	0.677	6
1.5	0.812	6
1.75	0.947	8
2.0	1.082	8

В разделе смещение, для расширения траектории, необходимо задать смещение в начале (врезание) и смещение в конце (отвод) (обычно достаточно 2.. .3 мм).

После этого переходим к «настройке траектории» (см. рис. 3.31).

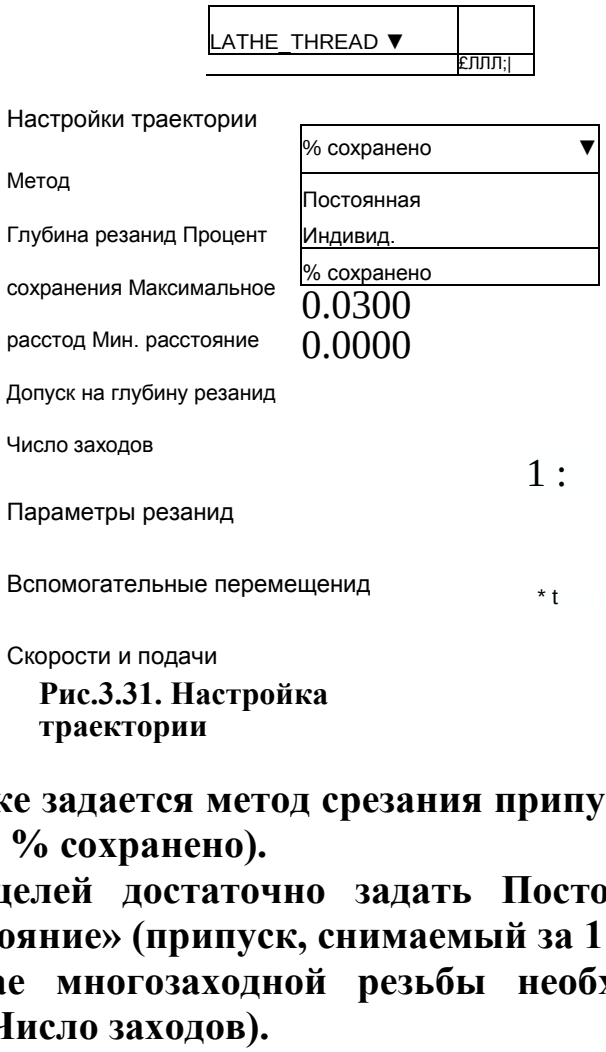


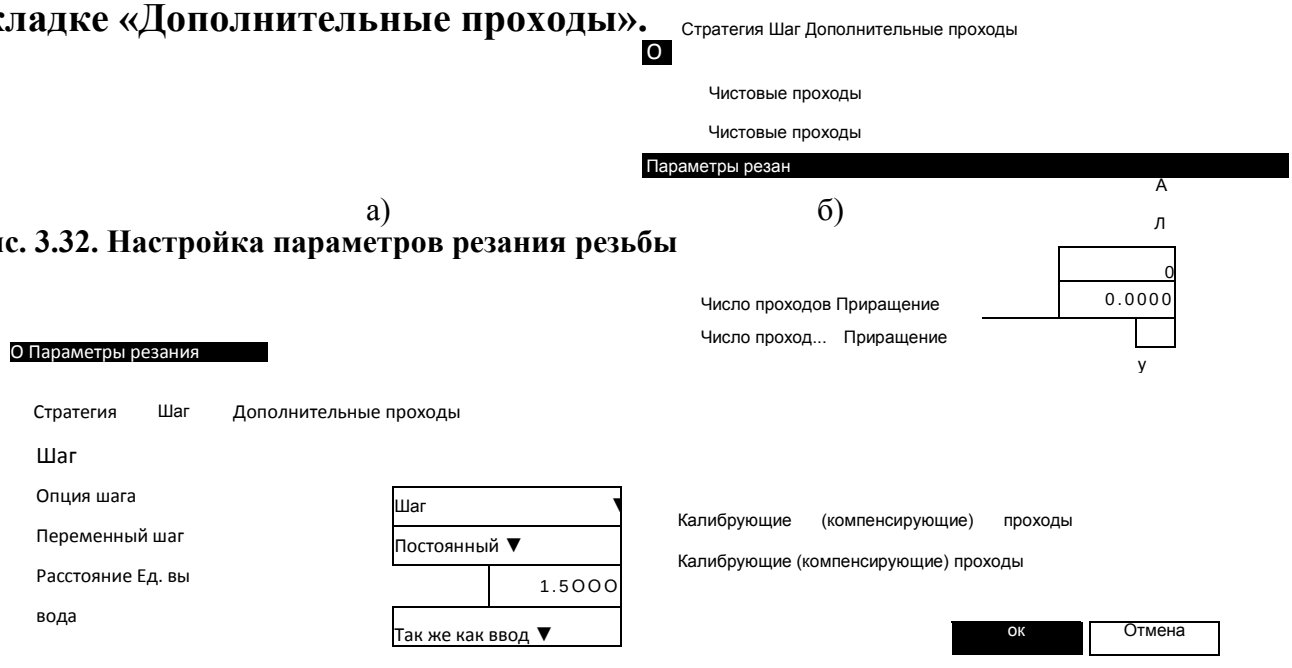
Рис.3.31. Настройка траектории

В данной вкладке задается метод срезания припуска (Постоянный, индивидуальный или % сохранено).

Для учебных целей достаточно задать Постоянный и задать «максимальное расстояние» (припуск, снимаемый за 1 проход).

Также в случае многозаходной резьбы необходимо изменить количество заходов (Число заходов).

После этого переходим к настройкам параметров резания (рис. 3.32), где во вкладке Шаг задается шаг резьбы (Расстояние). А также есть возможность добавить дополнительные (калибрующие) проходы во вкладке «Дополнительные проходы».



а) б)

Рис. 3.32. Настройка параметров резания резьбы

Дальше, при необходимости можно настроить (изменить) во вкладке вспомогательные перемещения подход и отход инструмента (по умолчанию задан - по прямой). Чаще всего подходит Подход (перемещение в начало врезания) - «осевое - радиальное», а Отход (перемещение в точку возврата/плоскость безопасности) - «радиальное - осевое».

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы резания на резьбонарезание во вкладке Скорости (частота вращения шпинделя (скорость резания) и подача на оборот (РАВНА ШАГУ РЕЗЬБЫ)).

При генерации получаем траекторию вида, как показано на рисунке

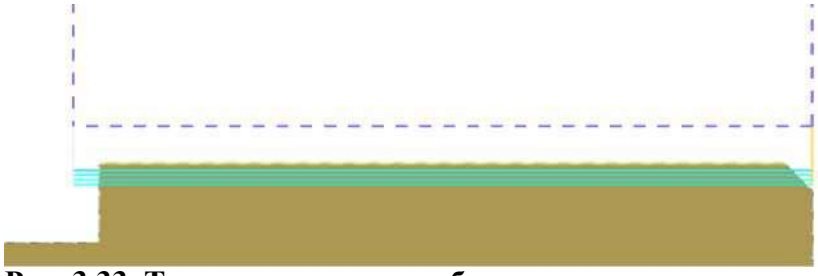


Рис. 3.33. Траектория при резьбонарезании

4.33.

5. Центровка, сверление отверстия (по центру)

В зависимости от длины и диаметра отверстия (рис. 3.34) необходимо выбрать рациональную стратегию (цикл) его обработки.

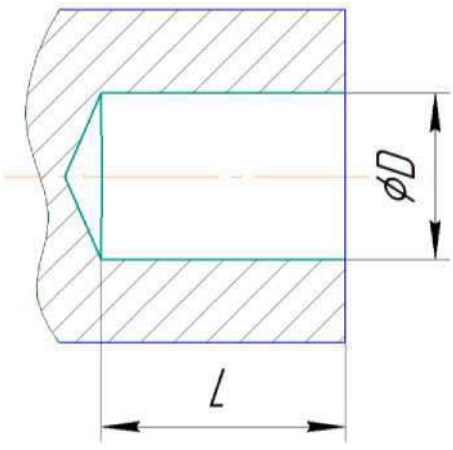


Рис. 3.34. Выбор стратегии сверления

В качестве рекомендаций можно руководствоваться следующими соотношениями:

1. L/D<3 - Цикл сверления;
2. 3<L/D<5 - Цикл сверления с ломкой стружки;
3. L/D>5 - Цикл глубокого сверления.

В NX12 данные циклы могут быть реализованы выбором подходящего подтипа операции. Так, при выборе цикла сверления выбираем подтип операции вдоль оси); при ломкой стружки выбираем подтип операции (Осевое сверление с ломкой стружки); при выборе цикла глубокого сверления (с полным выходом & инструмента).

Рассмотрим для начала особенности создания обработки для случая сверления вдоль оси.

При добавлении перехода в AVOIDANCEMAIN выбираем подтип операции «Сверление вдоль оси» & .При этом в качестве метода обработки указывается LATHECENTERLINE.

Во вкладке ориентация инструмента возможны 2 варианта расположения инструмента - прямое и обратное. В связи с этим, если ориентация сверла не правильная в данной вкладке необходимо активировать «Сменить направление».

Дальше задаются настройки в разделе тип цикла (рис. 3.35). Т.к. был выбран шаблон «Сверление вдоль оси» по умолчанию выбран Цикл «Сверлильный», здесь же может оставить настройки по умолчанию.

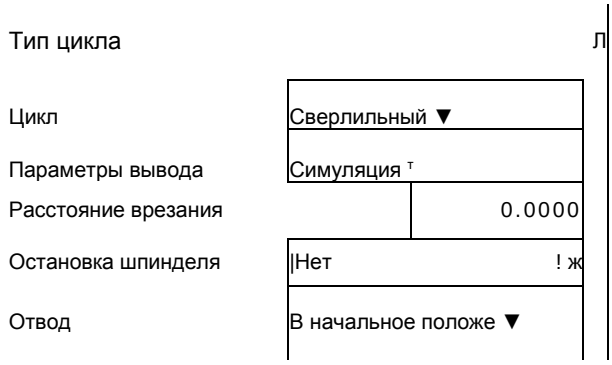


Рис. 3.35. Настройка цикла

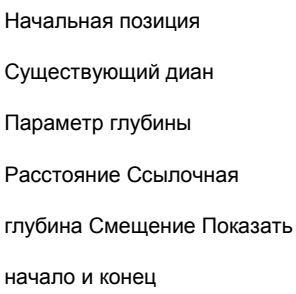


Рис. 3.36. Задание начальной точки и глубины

В следующем разделе осуществляется настройка начальной и конечной точки при сверлении (рис. 3.36). Начальная позиция - выбираем «задать» и ниже выбираем задание точки и выбираем точку начала сверления.

Глубину сверления можно задать несколькими способами, а именно во вкладке параметр глубины можно задать расстояние (глубину сверления) или конечная точка (указываем конкретную конечную точку).

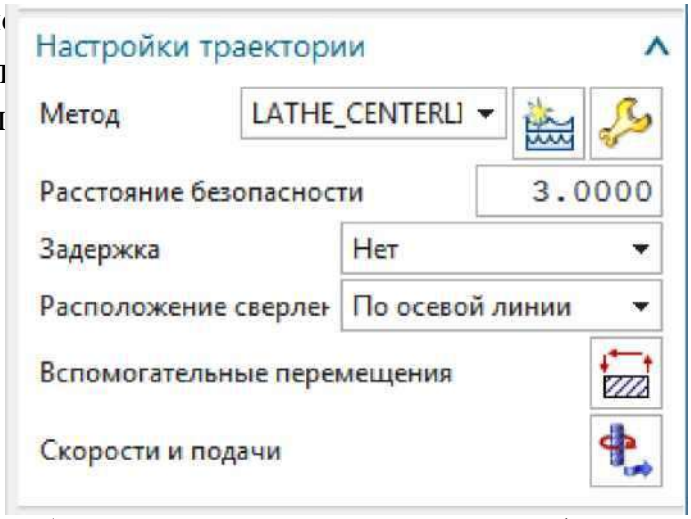
При этом выбранная точка (указанное расстояние) рассчитывается от начальной позиции либо до вершины инструмента, если во вкладке ссылочная глубина выбрано «Вершина инструмента», или же до начала конуса сверла, если выбрано «Цилиндрическая часть инструмента».

Дальше переходим к настройкам во вкладке «Настройки траектории» (рисунок 3.37), где есть возможность изменить расстояние безопасности (врезания и отвода от детали) а также при необходимости задать задержку (для подчистки отверстия).

Ри

вспомогательные п

умолчанию задан - п



(частота

Дальше, при необходимости можно настроить (изменить) во вкладке

подход и отход инструмента (по прямой). Чаще всего подходит Подход (перемещение в начало врезания) - «радиальное - осевое», а Отход (перемещение в точку возврата/плоскость безопасности) - «осевое - радиальное».

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы

резания на сверление во вкладке Скорости и подача вращения шпинделя (скорость резания) и подача на оборот (или на зуб). При генерации получаем траекторию, как показано на рисунке 3.38.

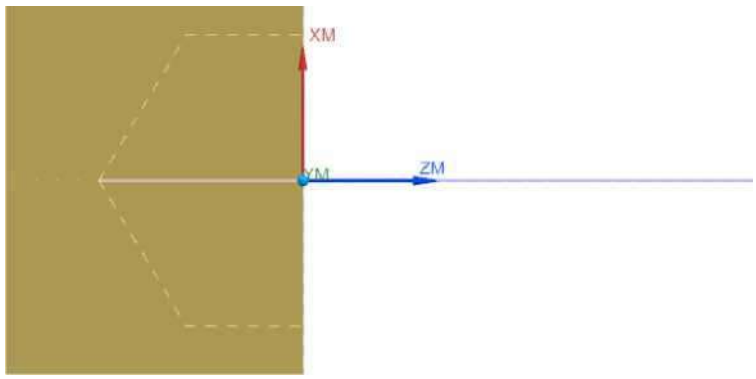
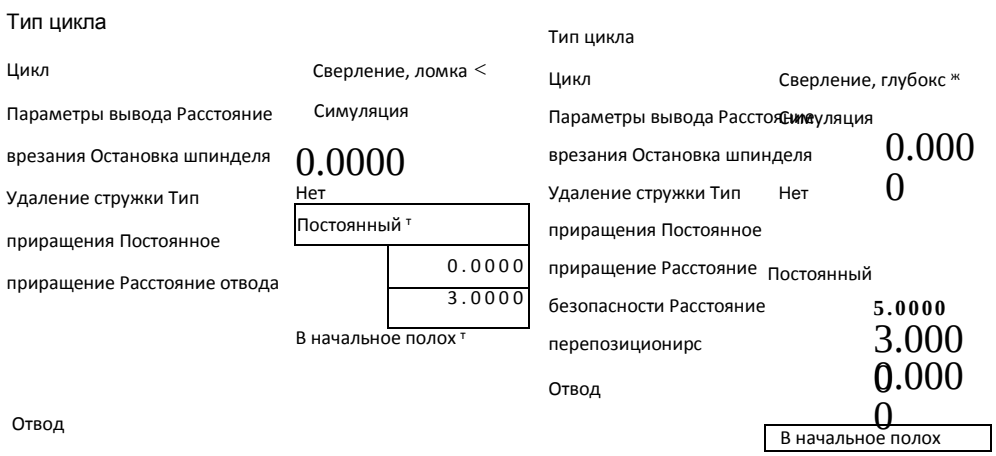


Рис. 4.38. Траектория при сверлении отверстия

В случае создания цикла сверления *с ломкой стружки,* который осуществляется поэтапным засверливанием на заданную глубину, с последующим отводом в противоположном направлением на величину отвода для скола стружки и ее отвода. Настройка осуществляется во вкладке тип цикла (рис. 3.39). Глубина засверливания задается в окне «Постоянное приращение», а последующий отвод ниже «Расстояние отвода».



а) б)

Рис. 3.39. Настройка типа цикла

Цикл *глубокого сверления* осуществляется засверливанием на заданную глубину, которая задается в окне «Постоянное приращение» и последующим полным выходом из детали для удаления стружки из стружечной канавки. Расстояние, на которое отводится сверло после выхода (относительно начальной точки) задается в окне «Расстояние безопасности».

6. Развертывание и нарезание резьбы метчиком (по центру)

Развертывание отверстия (совпадающего с осью вращения шпинделя) реализуется в NX12 подтипом операции Осевая развертка^ , при этом

настройки траектории задаются аналогично представленным выше в п.5 (сверление) настройкам.

Нарезание резьбы метчиком в отверстии, совпадающем с осью вращения шпинделя, реализуется в подтипе операции осевое нарезание резьбы L?" ? настройки также аналогичны настройкам, представленным выше в п.5 (сверление).

7. Отрезка детали

При добавлении перехода в AVOIDANCE_MAIN выбираем подтип операции «Отрезка детали» зпь .При этом в качестве метода обработки выбирается LATHEGROOVE.

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы резания на отрезку во вкладке Скорости и подача шпинделя (скорость резания) и подача на оборот и ограничения по максимальному количеству оборотов шпинделя). (частота вращения

В случае задания операции отрезки детали, как правило, достаточно настроек по умолчанию. Это проверяется генерацией операции и последующей проверкой траектории.

При необходимости может быть изменена ориентация инструмента и другие настройки.

8. Остальные операции токарной обработки

В данном подпункте остальные операции не рассматриваются, т.к. настройка при этом аналогична настройкам, приведенным ранее.

в v> Lr*tj~4 V> ТЬ

частности при задании черновой ^и чистовой расточки ^ необходимо руководствоваться рекомендациям при создании операций чернового и чистового точения соответственно (п. 2).

_гч _

При задании обработки внутренних канавок *■, а канавок также торцевых необходимо руководствоваться точения наружных канавок (п. 3).

рекомендациям при создании

При создании операции для обработки внутренней резьбы ~™ настройки аналогичны настройкам, приведенным в п. 4 (для наружной резьбы).

3.2 Основы создания управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ

В данном разделе рассмотрим некоторые особенности при создании переходов и режущих инструментов с привязкой к фрезерным станкам с ЧПУ.

Для начала, как и в случае токарной обработки рационально создать весь необходимый режущий инструмент в дереве вид инструментов добавляя его в нужные позиции по ходу технологического процесса.

Далее в проект подгружается заготовка.

Переходим в вид геометрии.

В виде геометрии создаем «дерево» вида, как показано на рисунке 3.40.

3.40. Дерево для фрезерной ботки 54

Имя
GEOMETRY

- Система координат (ноль) станка

- Система

координат (воль) детали

- **Геометрия детали и заготовки**

В дереве во вкладке «вид геометрии» в MCS_MAIN задается нулевая точка станка и расположение системы координат станка.

В MCS_LOCAL задается нулевая точка детали и расположение системы координат детали.

Во вкладке WORKPIECE задается геометрия детали и заготовки, которые к этому времени должны присутствовать в проекте.

Все сверлильно-фрезерные переходы добавляются в WORKPIECE.

Рассмотрим подробно создание отдельных видов фрезерных переходов.

В отличие от токарной обработки, функционал фрезерной обработки намного шире. Для фрезерной обработки есть следующие типы фрезерных операций (рис. 3.41):

1. **mill_planar (рис. 3.41) - фрезерование плоскостей, которая включает в себя фрезерование плоскостей, лысок, уступов, расфрезерование отверстий, нарезание резьбы резьбофрезой, гравирование на плоскости.**
2. **mill_contour (рис. 3.41) - фрезерование сложнопрофильных поверхностей с фиксированной осью инструмента, гравировка в том числе на криволинейной поверхности.**
3. **mill_multi-axis (рис. 3.41) - фрезерование сложнопрофильных поверхностей с переменной осью инструмента (пятиосевое фрезерование).**
4. **mill_multi_blade (рис. 3.41) - фрезерование поверхностей лопаток.**
5. **mill_rotaty (рис. 3.41) - фрезерование цилиндрических**

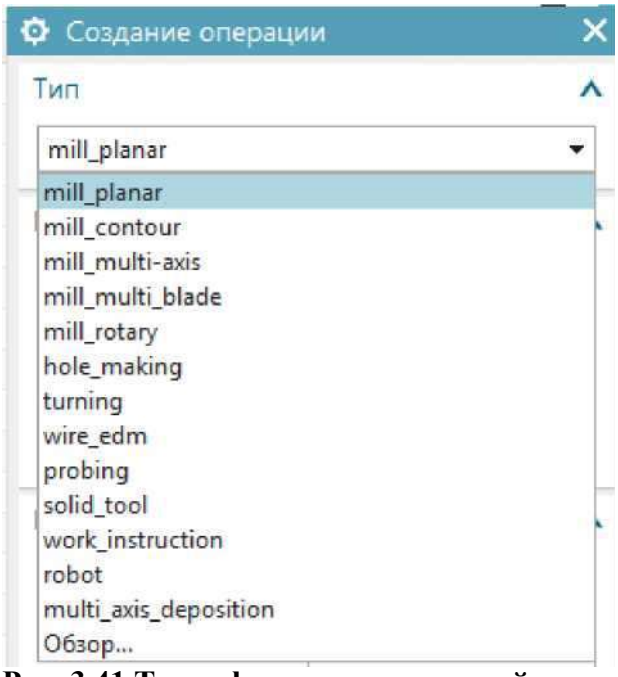


Рис. 3.41 Типы фрезерных операций

поверхностей.

1. Фрезерование плоскостей

При добавлении перехода в WORKPIECE раем тип операции выби

mill_planar, подтип операции «Плоское фрезерование» .

Во вкладке расположение указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина (например, концевая или торцевая фреза), в качестве геометрии выбирается WORKPIECE, метод MILL_FINISH (если плоскость обрабатывается окончательно) или MILL_ROUGH (в случае предварительной обработки).

Ниже задаем имя перехода на английском языке.

Далее в отрывшемся окне важно правильно задать геометрию обработки (рис. 3.42).

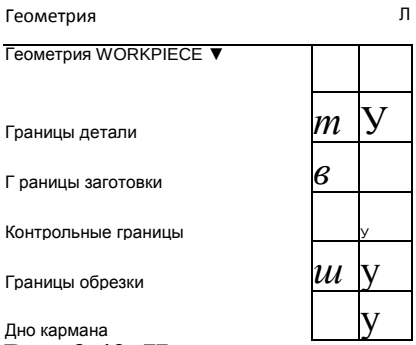


Рис. 3.42. Настройка геометрии фрезерования

В первую очередь задается геометрия в «границы детали» (рис. 3.43). Границы детали определяют зону обработки. Рассмотрим самый распространенный метод задания границ детали.

В первую очередь во вкладке «Границы детали» задается плоскость, на которую проецируется выбранная граница. Данная плоскость должна быть параллельна обрабатываемой плоскости и находиться на расстоянии от обрабатываемой плоскости равной снимаемому суммарному припуску на обработку и определяет тем самым начало области резания.

После этого переходим во вкладку «метод выбора» и выбираем «кривые» и задаем границу на детали, определяющую ограничение плоскости обработки.

При этом направление подачи по умолчанию будет направлено параллельно выбранной линии. Если выбирается не замкнутый контур, то в типе границы указываем «открытый контур».

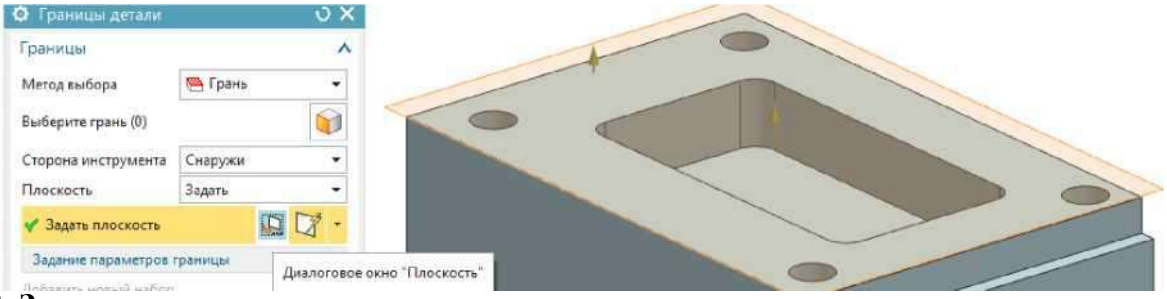


Рис.3.43. Задание плоскости в границах детали

Сторона инструмента определяет, с какой стороны от выбранной линии будет происходить фрезерование (слева или справа). В случае неверного задания стороны инструмента, всегда можно вернуться в рассматриваемую вкладку и изменить сторону инструмента. И, как было сказано ранее, выбранная кривая проецируется на заданную ранее

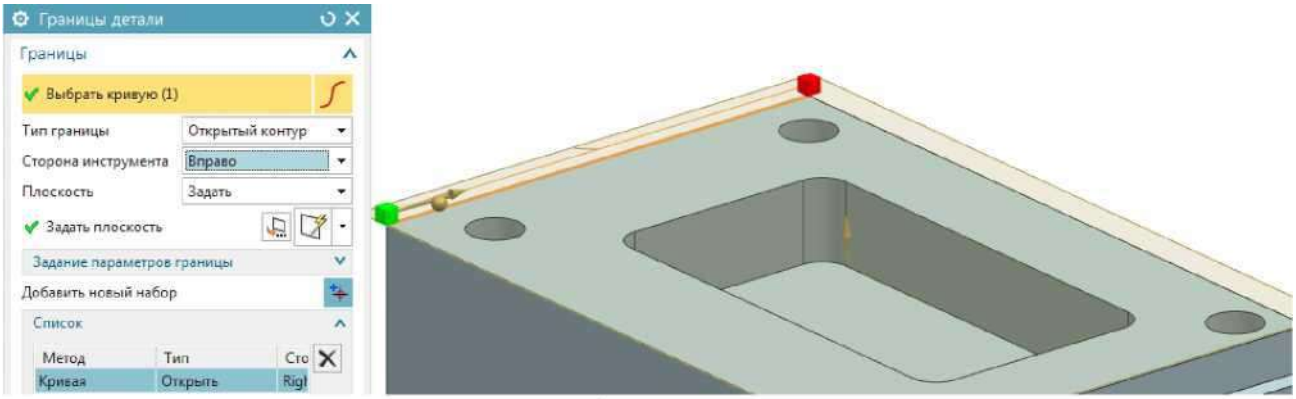


Рис. 3.44. Выбор границы детали

После настройки данной вкладки переходим к заданию «Дна кармана» (рис. 3.45).В данной вкладке указывается обрабатываемая плоскость (рис. 3.44).

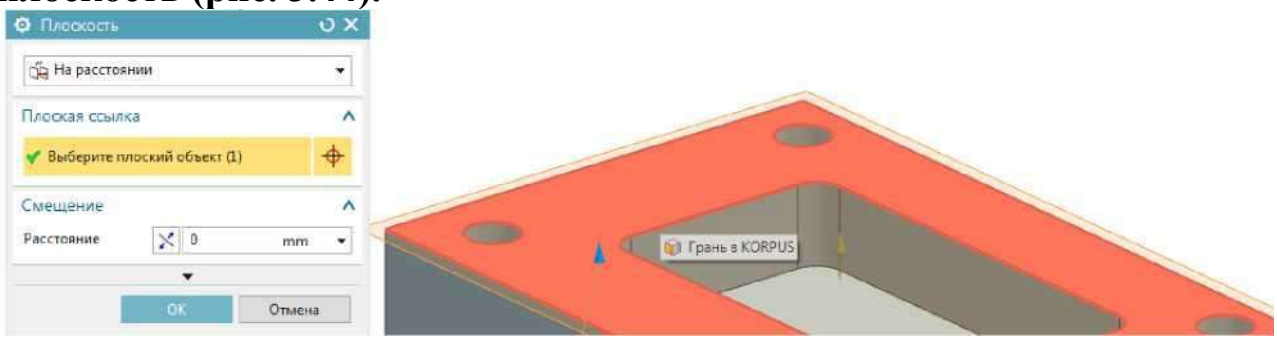


Рис. 3.45. Выбор «Дна кармана»

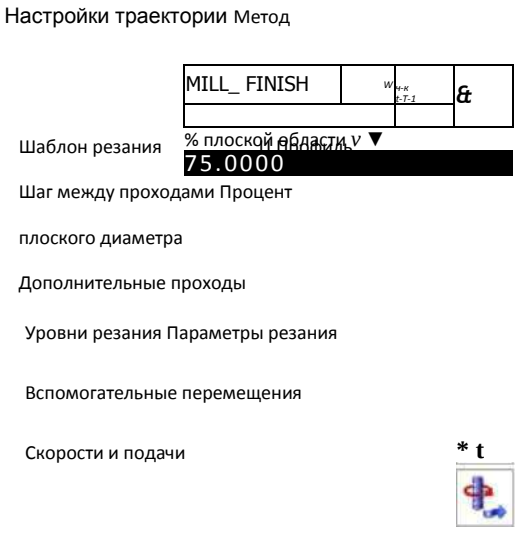


Рис. 3.46. Задание настроек траектории при фрезеровании

Далее во вкладке ось инструмента указываем расположение оси вращения инструмента.

Далее переходим к настройкам во вкладке «Настройка траектории» (рис. 3.46).

Здесь в первую очередь задается оптимальный, для конкретных задач, шаблон резания. В данном случае остановимся на шаблоне «Профиль» (фреза делает один проход вдоль заданной границы). В качестве процента плоского диаметра (доля диаметра фрезы,

плоскость (рис. 3.44).

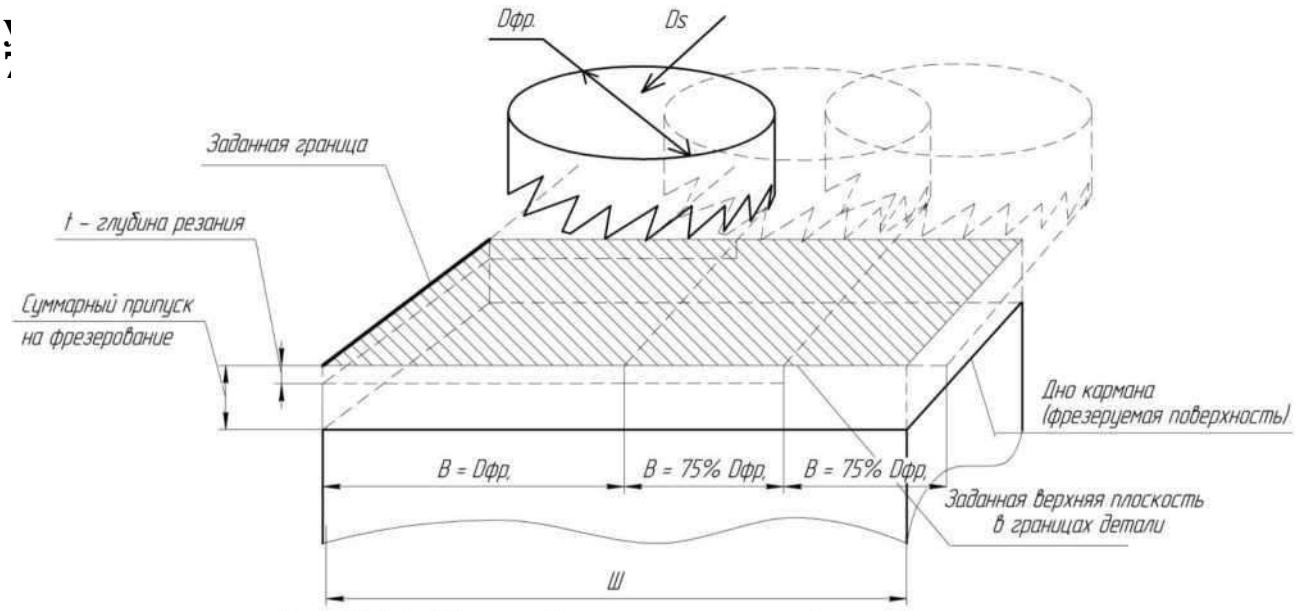


Рис. 3.47. Настройка параметров фрезерования

Количество дополнительных проходов можно рассчитать исходя из ширины фрезеруемой поверхности, заданной рабочей ширины фрезерования (В) см. рис. 3.47. По умолчанию фреза выполняет проход всей шириной фрезы (В=Бфр) (см. рис. 3.47). Для последующих проходов ширина фрезерования В равна проценту от диаметра фрезы заданному в «процент плоского диаметра».

Таким образом, количество дополнительных проходов можно посчитать следующим образом:

$$1= ((Ш+Ш)-Бфр.)/0,75*Бфр.$$

В данной формуле 10 мм - это гарантированный запас на выход инструмента в начале и конце фрезерования (по 5 мм). После этого количество проходов округляется до ближайшего целого в большую сторону. Полученное количество проходов задается в графе «Дополнительные проходы».

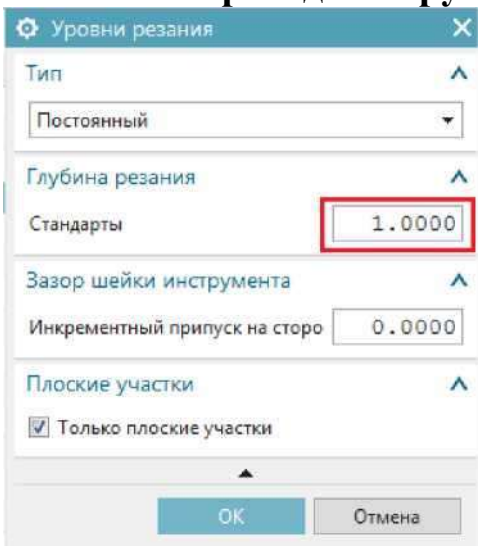


Рис. 3.48. Задание глубины резания

Следующим шагом необходимо задать глубину фрезерования в разделе уровни резания **задается необходимая глубина резания. Во вкладке тип можно изменить стратегию срезания припуска. В данном случае рекомендуется оставлять «Постоянный» (рис. 3.48).**

При этом количество проходов по глубине будет рассчитано автоматически

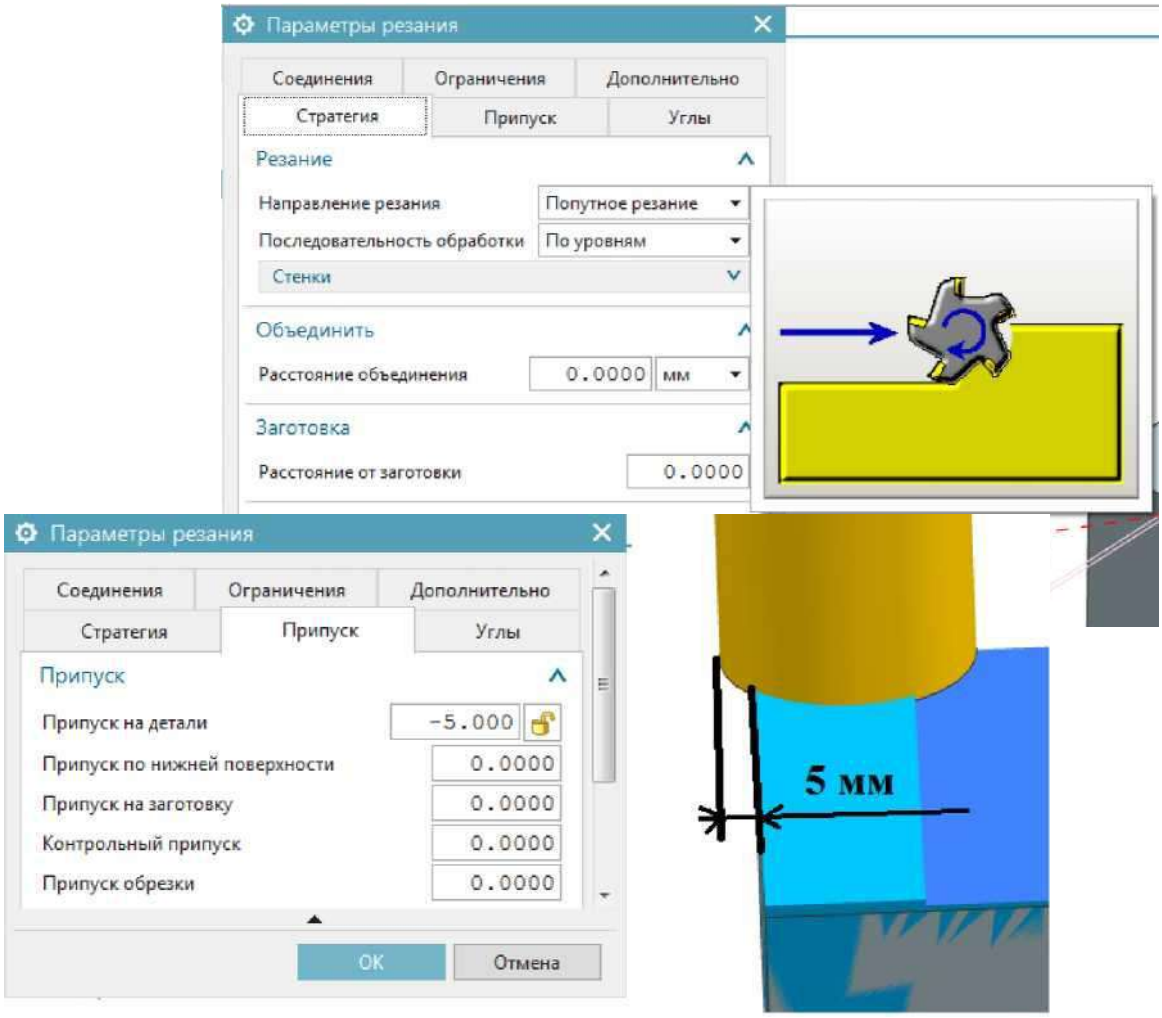


Рис. 3.50. Настройка припуска

исходя из заданных ранее плоскостей и глубины резания (рис. 3.47).

Во вкладке параметры резания М можно изменить направление резания «Встречное», «Попутное» (рис. 3.49).

С учетом того что необходимо обеспечить выход инструмента во время фрезерования вдоль границы необходимо задать в разделе припуск «припуск на детали», как уже было определено ранее 5 мм на выходе со знаком «-» (граница будет зарезаться) (рис. 3.50). *Необходимо задавать только для открытых со стороны заданной границы плоскостей.*

Здесь же можно задать и припуск по нижней границе («по дну кармана»), в случае необходимости.

Переходим к настройкам «вспомогательных перемещений», где важно настроить врезание и отвод. Во врезание задаются необходимые

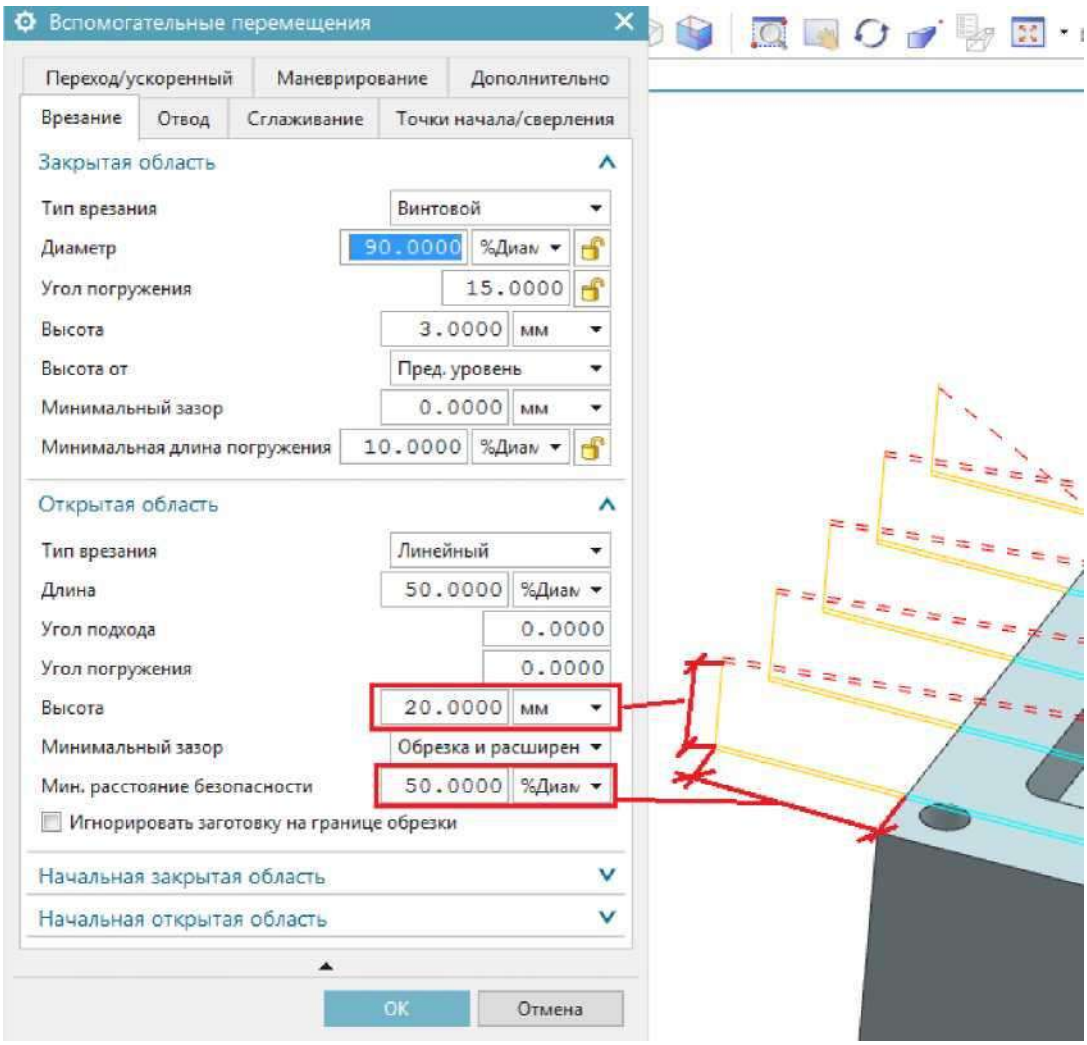


Рис. 3.51. Настройки врезания и отвода при фрезеровании

настройки, в отходе используются по умолчанию те же настройки что заданы во врезании.

Во вкладке врезание (отвод) есть 2 раздела: закрытая область и открытая область.

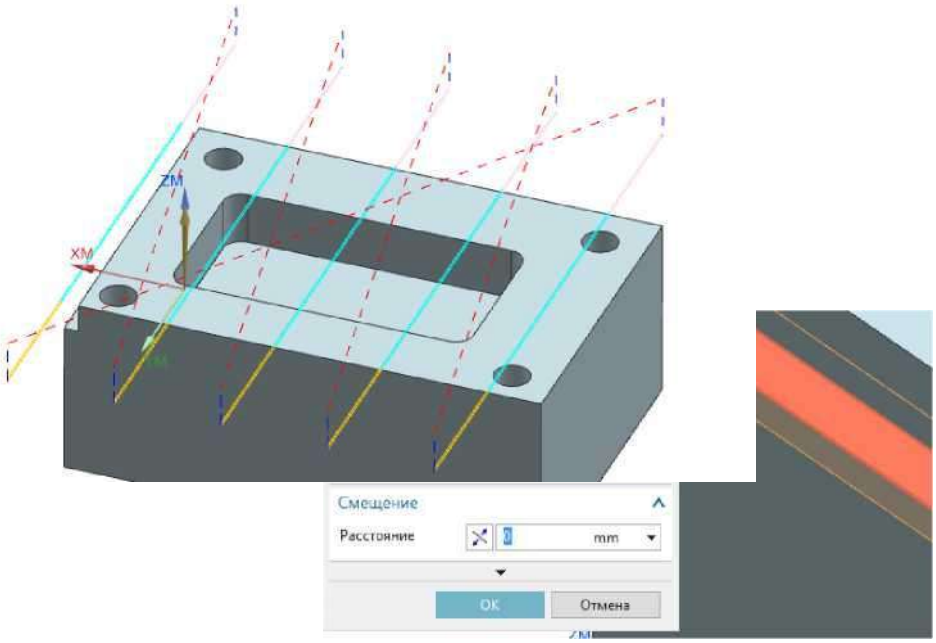
Под открытой областью подразумеваются поверхности открытые (т.е. ничем не ограниченные) (рис. 3.51).

В рассматриваемом примере область открытая. Во вкладке врезание при необходимости может быть изменены настройки врезания по высоте и по расстоянию безопасности (рис. 3.51).

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы резания на фрезерование во вкладке Скорости и подача (частота вращения шпинделя (скорость резания) и подача на зуб, и остальные параметры получаются расчетом

После задания всех необходимых настроек выполняем генерацию траектории и ее проверку.

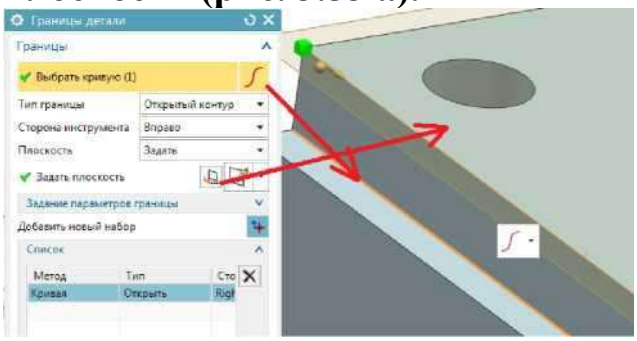
При этом получаем траекторию вида, как показано на рисунке 3.52.



2. Фрезерование плоскостей закрытых с одной стороны

Настройки в данном случае аналогичны настройкам, приведенным в предыдущем примере. Однако, т.к. с одной из сторон плоскость ограничена стеной, то припуск на деталь (рис. 3.50) задавать не нужно, иначе деталь будет зарезана.

В качестве границы необходимо задать общую грань стенки и плоскости (рис. 3.53 а).



а) б)

Рис. 3.53. Задание границ детали и дна кармана

Также задаем дно кармана (фрезеруемую плоскость) (рис. 3.53 б).

Как мы видим при генерации получается траектория как показано

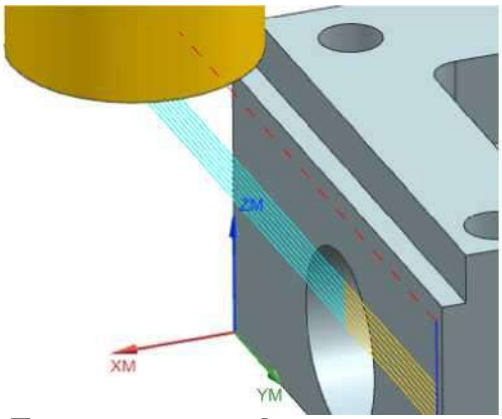


Рис. 3.54. Траектория при фрезеровании лыски

на рисунке 3.54.

Как видно, из представленной на рис. 3.54 траектории, она отображается для точки - центра инструмента. Стоит отметить, что при этом *на точность выполнения боковой поверхности будет сказываться фактический диаметр фрезы.* **В программе взят номинальный диаметр фрезы.** *Для того чтобы исключить влияние фактического диаметра фрезы на точность необходимо (особенно это важно для точных плоскостей) применять коррекцию на радиус инструмента* **(путем внедрения в устройство ЧПУ функции эквидистантного смещения контура на заданное расстояние). Таким образом, программисту было достаточно запрограммировать траекторию движения центра фрезы, а при отработке ее на станке указать системе ЧПУ, на какую величину нужно произвести смещение [12].**

Для включения функции коррекции радиуса используются подготовительные команды G41 и G42, для смещения влево и вправо по ходу движения от исходного контура соответственно. *Это позволяет обрабатывать один и тот же контур фрезами разного диаметра. Кроме того использование корректора дает возможность управлять размерами боковой поверхности детали за счет изменения коррекции.* **Для этого величина смещения вводится в специальную ячейку таблицы инструментов УЧПУ, а в программе обозначается адресом D и номером ячейки.**

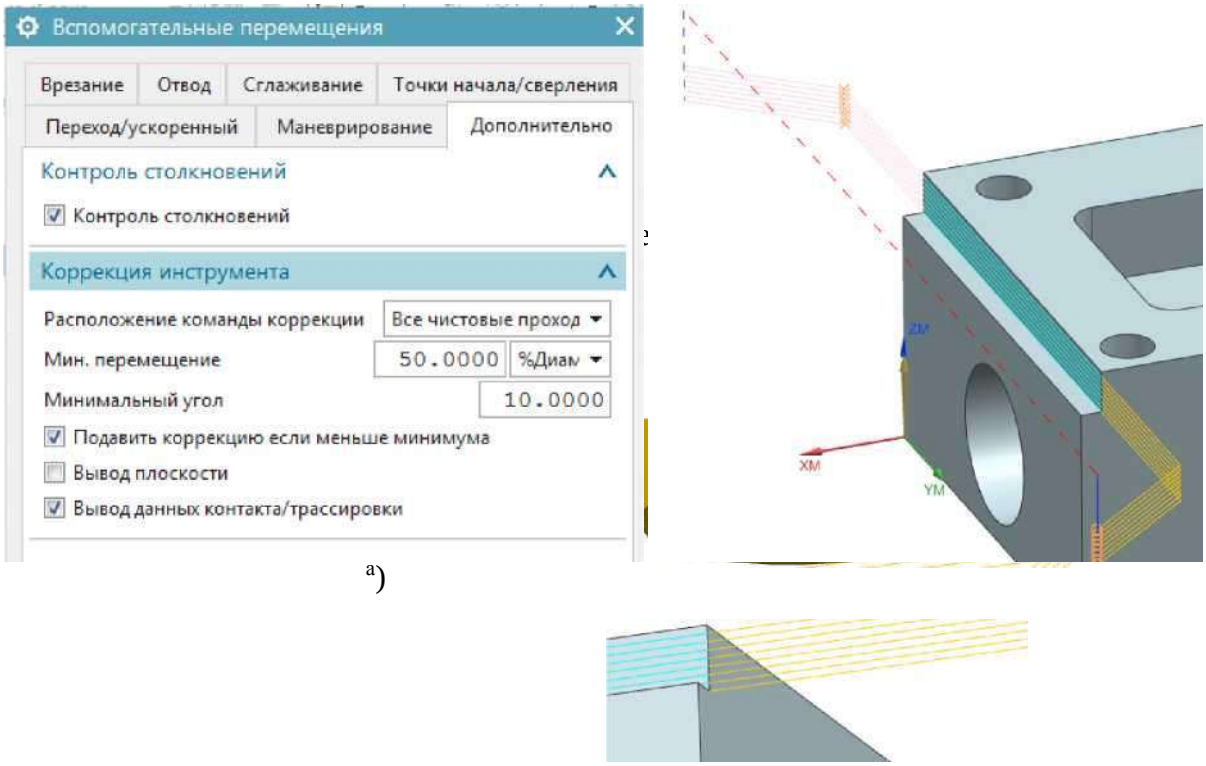
После прохождения фрезы относительно заданного контура со смещением коррекцию необходимо выключить, для этого используется функция G40.

Для того чтобы активировать коррекцию на радиус необходимо некоторое расстояние, на котором траектория будет эквидистантно смещена. Такое расстояние называется подвод к контуру. Величина подвода, как правило, не должна быть меньше радиуса фрезы [12].

Для того чтобы задать коррекцию в NX необходимо перейти к настройкам во «вспомогательных перемещениях» и далее к вкладке «Дополнительно». Здесь необходимо указать длину рабочего хода, на которой происходит коррекция, угол подхода при коррекции. Настройки, показаны на рисунке 3.55 а. При этом нужно активировать «Вывод данных контакта/трассировки».

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы резания на фрезерование во вкладке Скорости и подача [Г1-] **(частота вращения шпинделя (скорость резания) и подача на зуб,** . **остальные**

параметры получаются расчетом



а)

После задания всех необходимых настроек выполняем генерацию траектории и ее проверку.

При этом получаем траекторию вида, как показано на рис. 3.55 б. Как видно из представленного ниже рисунка в начале траектория (рис. 3.56 а) точка описания траектории находится в центре фрезы, в к конце заданного расстояния коррекции происходит ее смещение на величину радиуса фрезы (рис. 3.56 б).

.....

а) б)

Рис. 3.56. Коррекция на радиус

Таким образом, применение коррекции на радиус инструмента необходимо в том случае, когда возможно применение инструмента разного радиуса, или обрабатывается боковая поверхность и необходимо учитывать износ по диаметру фрезы.

3. Фрезерование закрытых плоскостей (пазов)

Такого рода поверхности (закрытые со всех сторон) в среде NX называют закрытыми. Они также имеют свои особенности при настройке траектории.

В качестве границ детали задается в данном случае замкнутый контур (т.е. все кривые определяющие границы паза). Таким образом, тип

границы детали необходимо указать «замкнутый контур». Стороны материала - Внутри (т.к. фрезеровать металл будем в самой полости (внутри границ). Плоскость - верхняя плоскость, определяющая начало фрезерования. Настройки показаны на рисунке 3.57.

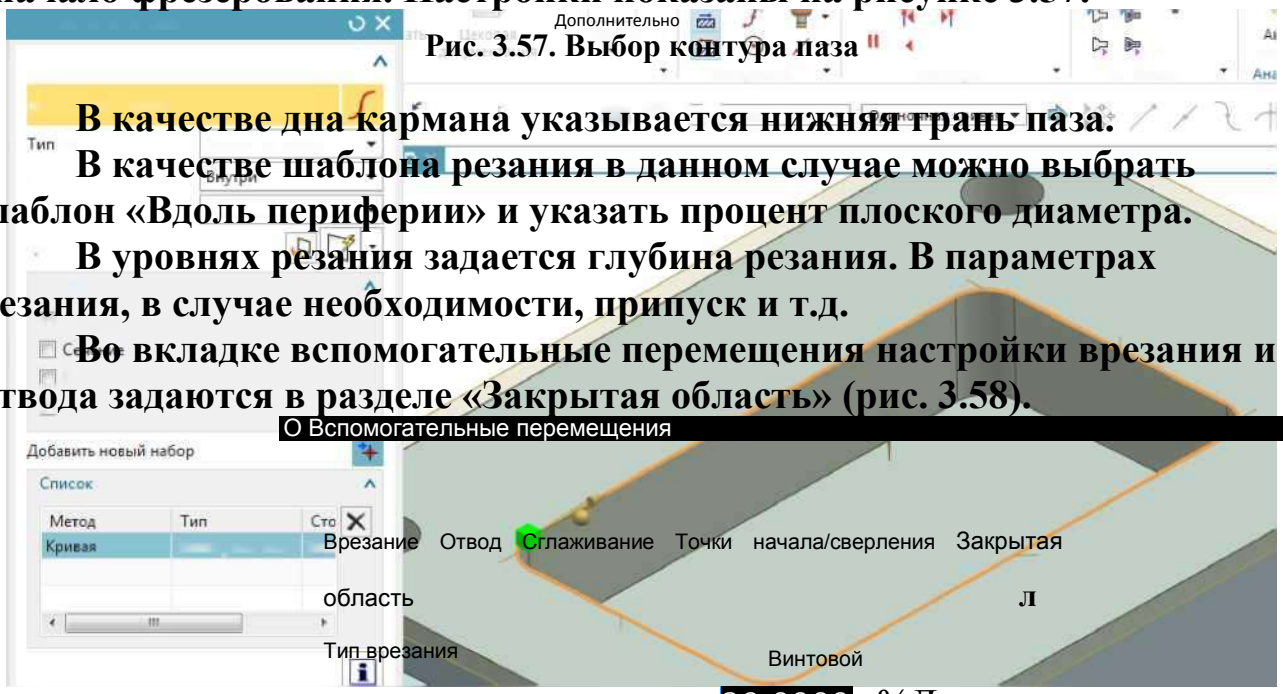


Рис. 3.57. Выбор контура паза

В качестве дна кармана указывается нижняя грань паза.

В качестве шаблона резания в данном случае можно выбрать шаблон «Вдоль периферии» и указать процент плоского диаметра.

В уровнях резания задается глубина резания. В параметрах резания, в случае необходимости, припуск и т.д.

Во вкладке вспомогательные перемещения настройки врезания и отвода задаются в разделе «Закрытая область» (рис. 3.58).

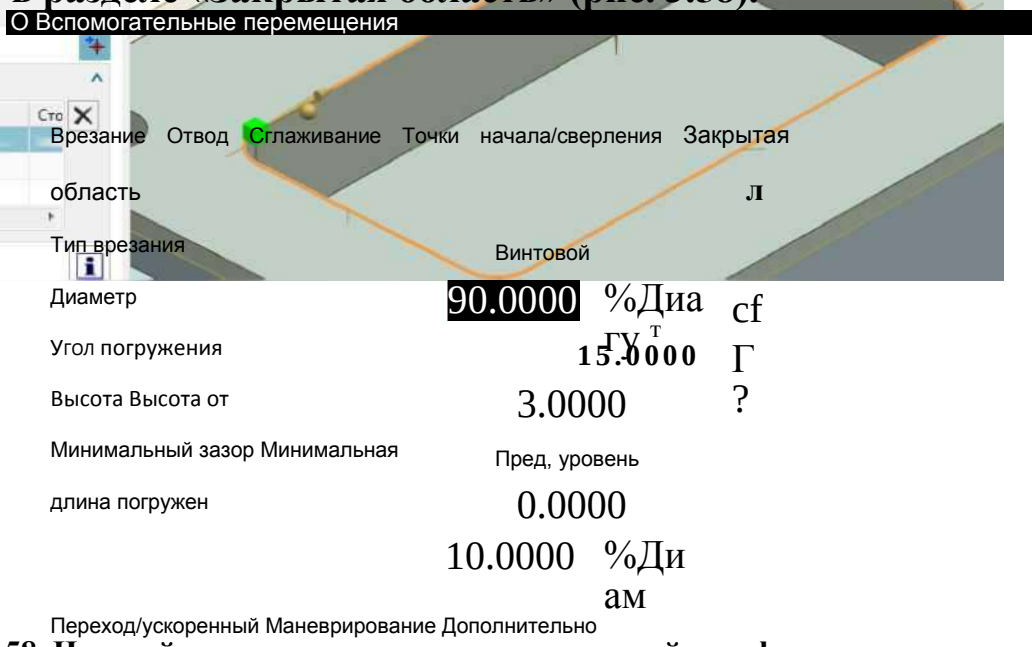
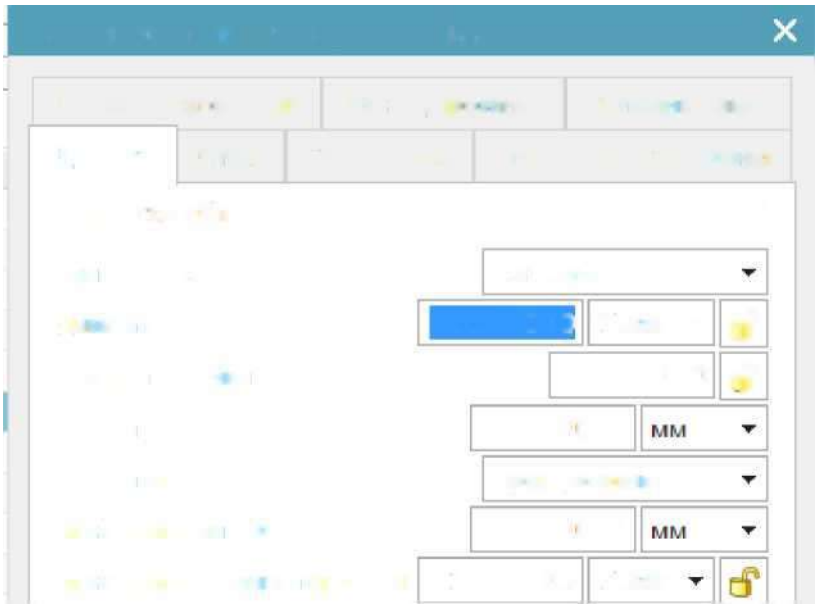


Рис. 3.58. Настройка вспомогательных перемещений при фрезеровании паза



Здесь указывается тип врезания, в качестве которого рекомендуется выбирать «Винтовой» ниже указывается диаметр винта при врезании и его высота.

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы

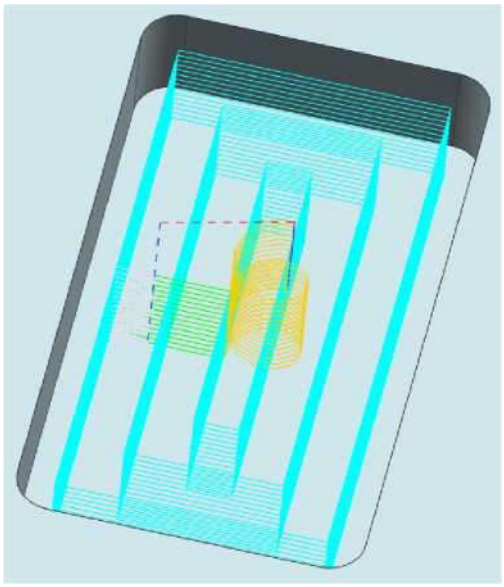
резания на фрезерование во вкладке Скорости и подача (частота вращения шпинделя (скорость резания) и подача на зуб, остальные и параметры получаются расчетом

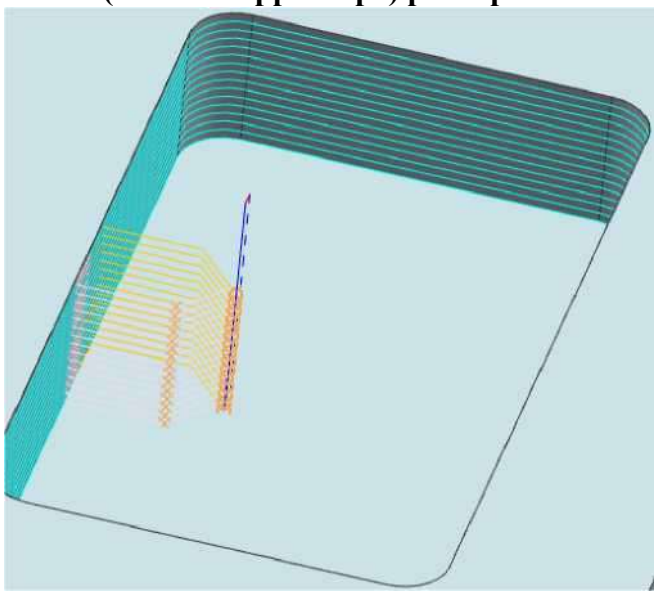
После задания всех необходимых настроек выполняем генерацию траектории и ее проверку.

В данном случае получаем траекторию как показано на рисунке 3.59 а. Как видно из рис. 3.59а коррекция в данном случае не активна.

Если нужно выполнить коррекцию необходимо задание отдельного чистового прохода с выбором шаблона резания «Профиль». А на черновом проходе оставить небольшой припуск 0,5.. .1 мм на чистовое фрезерование.

При этом получим траекторию, как показано на рис. 3.59 б. И как видно, коррекция при этом активна и это дает возможность управлять (за счет корректора) размерами паза.





а) б)

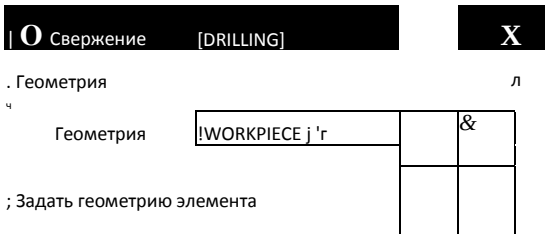
Рис. 3.59. Траектория при черновом (а) и чистовом (с коррекцией) (б) фрезеровании

В данном учебном пособии обработка сложнопрофильных поверхностей не рассматривается. В связи с этим рассмотрение особенностей настройки траектории фрезерования заканчиваем приведенными примерами.

4. Сверление отверстий

При добавлении перехода в WORKPIECE выбираем тип HOLE_MAKING подтип операции «Сверление» ”0”.

Во вкладке расположение указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина (сверло нужного диаметра), в качестве геометрии выбирается WORKPIECE, метод DRILL. Далее переходим к настройкам траектории.



сверления

Прежде всего, необходимо задать геометрию элемента (рис. 3.60).

В открывшемся окне необходимо последовательно указать обрабатываемые отверстия в разделе «Элемент - Выбрать объект» (рис. 3.60). Порядок выбора отверстий будет Рис. 3.60. Панель настройки определять порядок их обработки.

Здесь же как видно если элемент смоделирован верно, то все необходимые настройки задаются автоматически (рис. 3.61). Если не корректно, то есть возможность заменить на другие значения. При этом необходимо нажать на замок рядом с настраиваемым параметром и выбрать «задаваемый пользователем», как показано на рисунке 3.61.

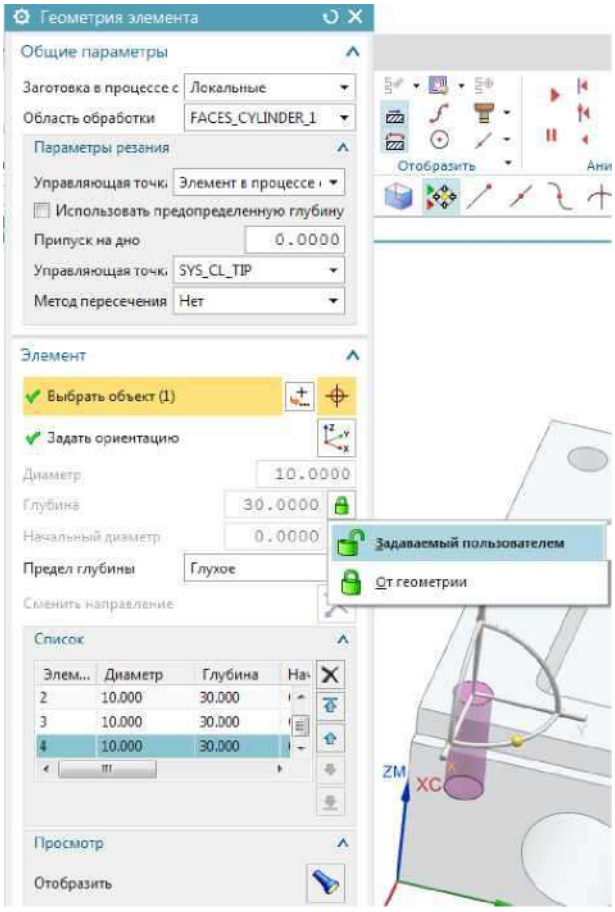


Рис. 3.61. Настройка геометрии элемента при сверлении

Каждый элемент, если их несколько, настраивается по отдельности. При этом нужный элемент (отверстие) нужно предварительно выбрать в разделе «Список». Ниже можно выбрать особенности последовательности обработки.

После этого выходим в главное окно настройки и выбираем нужный цикл обработки (Сверление). Чаще всего он выбран по умолчанию. При необходимости задания параметров цикла, например задержки при достижении заданной глубины необходимо зайти в параметры цикла (ключ) и выбрать режим задержки и ввести необходимые параметры (рис. 3.62).

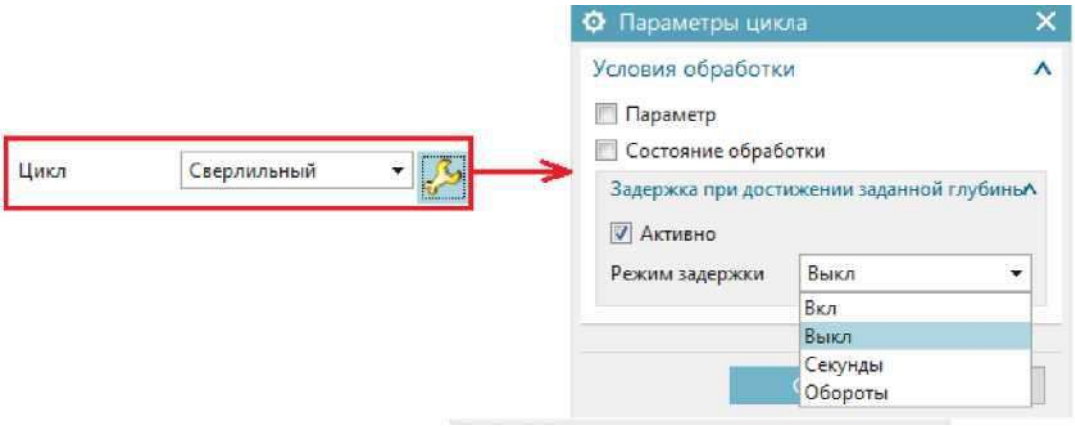


Рис. 3.62. Настройка параметров цикла

Переходим к настройкам в параметрах резания (рис. 3.63 а). Здесь есть возможность задать расширение траектории сверху, смещение подходов и смещение траектории при выходе из отверстия (для сквозных отверстий).

Во вспомогательных перемещениях важно правильно настроить геометрию безопасности (рис. 3.63 б). Здесь, как правило, необходимо задать плоскость, начиная от которой инструмент будет походить к детали, а также после обработки возвращаться на данный уровень.

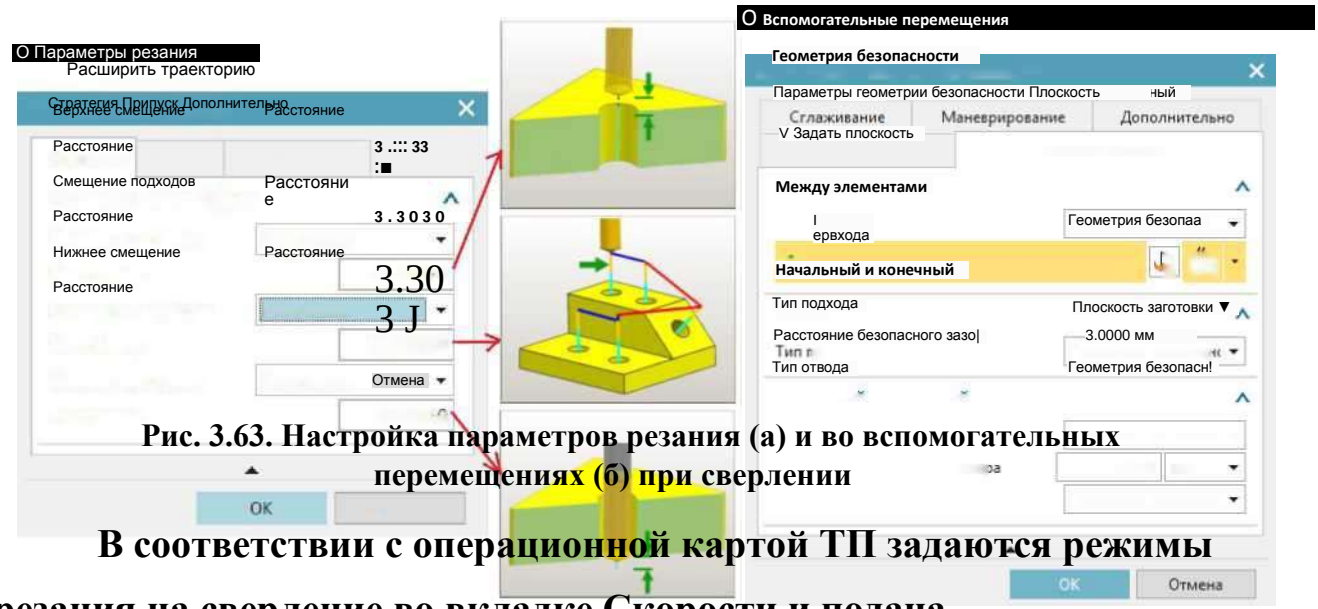


Рис. 3.63. Настройка параметров резания (а) и во вспомогательных перемещениях (б) при сверлении

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы резания на сверление во вкладке Скорости и подача (частота вращения шпинделя (скорость резания) и подача, остальные параметры получаются . Здесь же есть возможность изменить подачу расчетом при отходе (%).

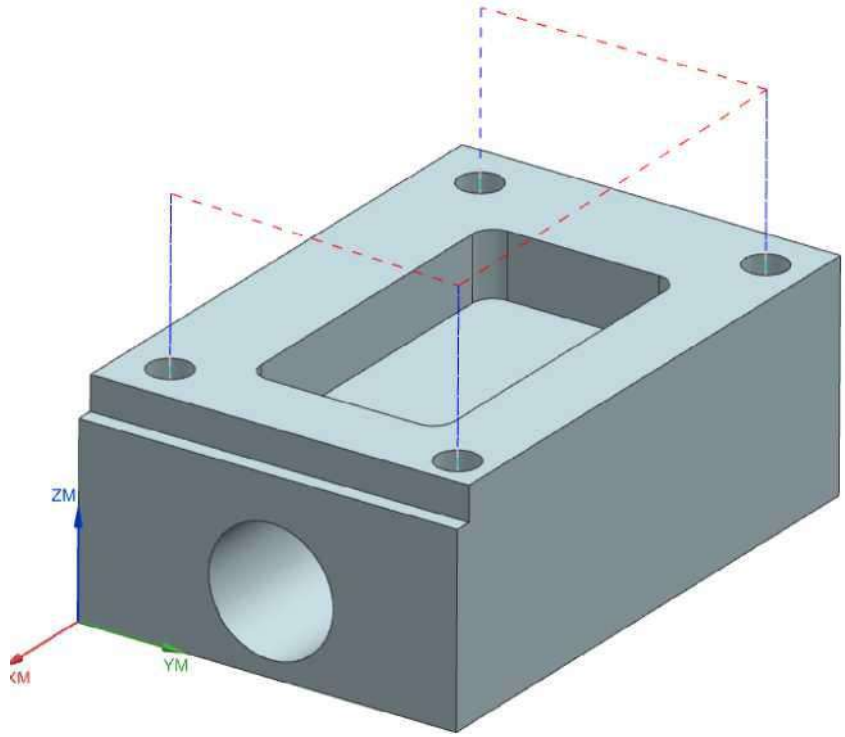


Рис. 3.64. Траектория при сверлении

После задания всех необходимых настроек выполняем генерацию траектории и ее проверку.

При генерации получаем траекторию, как показано на рисунке 4.64.

5. Глубокое сверление и сверление с ломкой стружки

При добавлении перехода в WORKPIECE выбираем тип

HOLE_MAKING подтип операции «Сверление глубоких отверстий» *ж.*

Во вкладке расположение указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина (сверло нужного диаметра), в качестве геометрии выбирается WORKPIECE, метод DRILL.

Далее переходим к настройкам траектории.

Практически все настройки аналогичны настройкам, приведенным в п. 4 Сверление отверстий. Однако, для глубокого сверления более широкие настройки в параметрах цикла. В качестве цикла выступает - «Глубокое сверление». Далее переходим к настройкам параметров цикла

. При этом открывается окно, как показано на рисунке 3.65.

В данном окне настраиваются параметры подачи СОЖ, параметры частоты вращения, условия обработки и условия отвода. Здесь важно в условиях обработки задать необходимую глубину сверления (1-й проход и последний проход) как расстояние.

Все остальные настройки аналогичны настройкам при сверлении.

При настройке переходов по сверлению с ломкой стружки

аналогичны представленным настройкам.

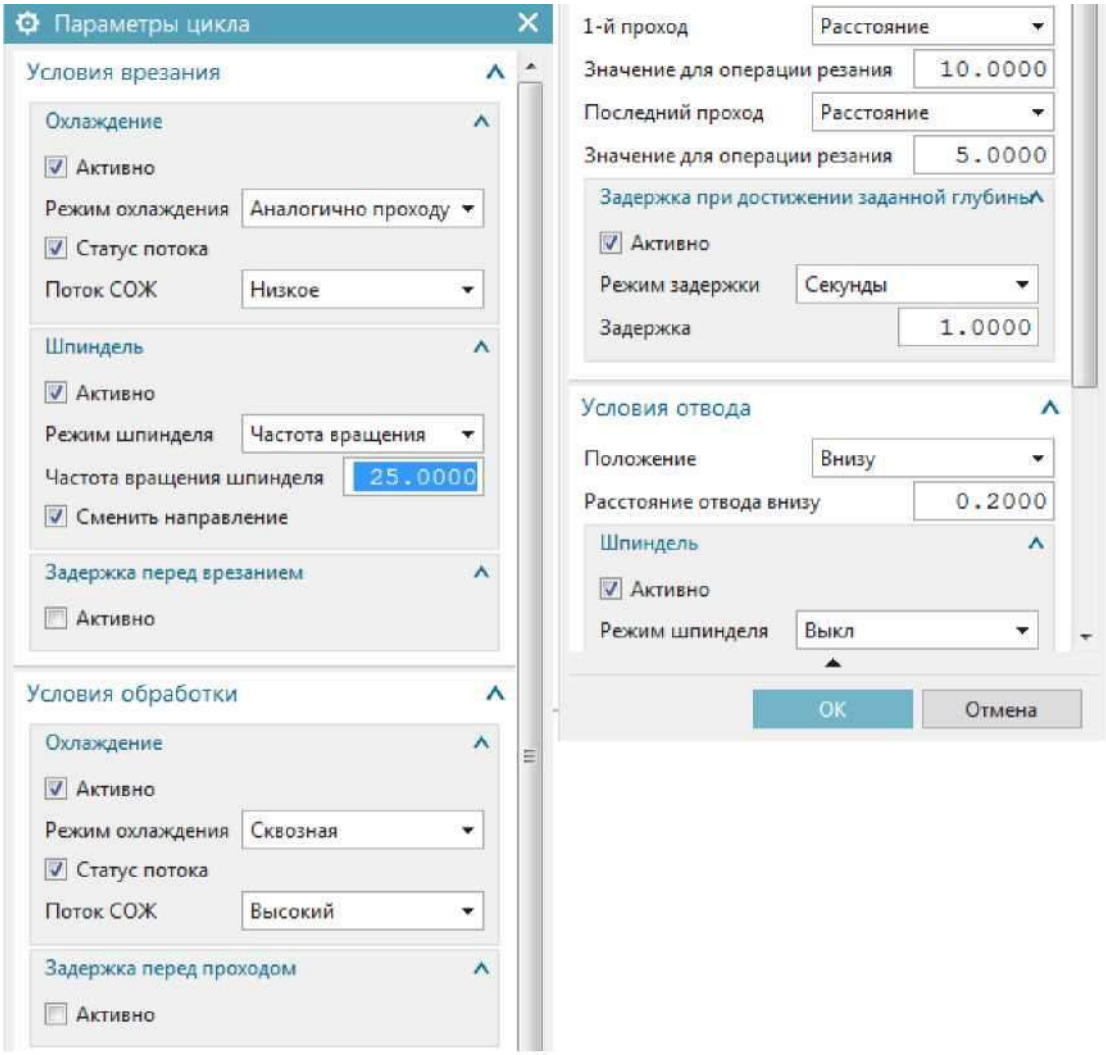


Рис. 3.65. Настройка параметров цикла при глубоком сверлении

6. Зенкование фасок в отверстиях

При добавлении перехода в WORKPIECE выбираем тип HOLE_MAKING подтип операции «Зенковка» V.

Во вкладке расположение указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина (зенковка нужного диаметра и с нужным углом), в качестве геометрии выбирается WORKPIECE, метод DRILL.

Далее переходим к настройкам траектории. Выбираем в качестве элемента ^ отверстие, в котором нужно обработать фаску. В параметрах цикла в данном случае необходимо задать диаметр зенковки (рис. 3.66).

В качестве цикла в общей панели настройки выбирается по умолчанию «Сверление, Зенковка».

Все остальные настройки аналогичны настройкам, приведенным в п. 4 данного раздела.

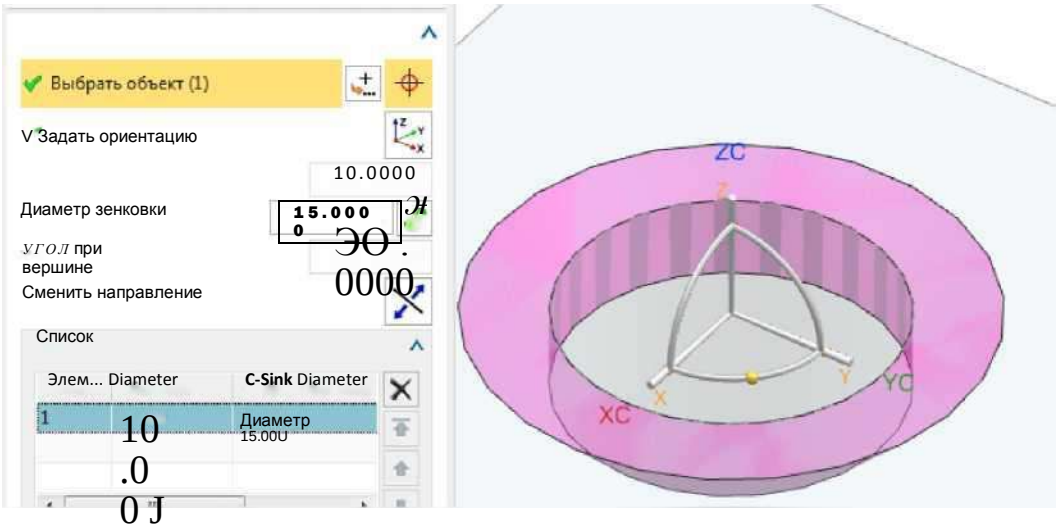


Рис. 3.66. Настройка параметров цикла при зенковании

7. Нарезание резьбы в отверстиях метчиком

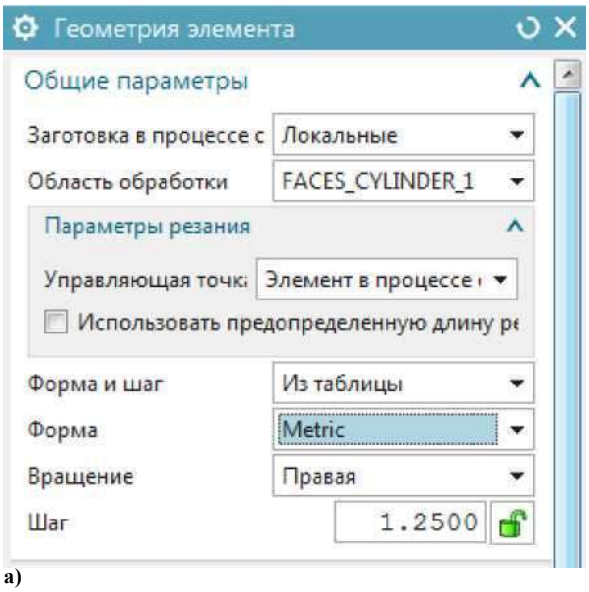
При добавлении перехода в WORKPIECE выбираем тип

HOLE_MAKING подтип операции «Нарезание резьбы» і г.

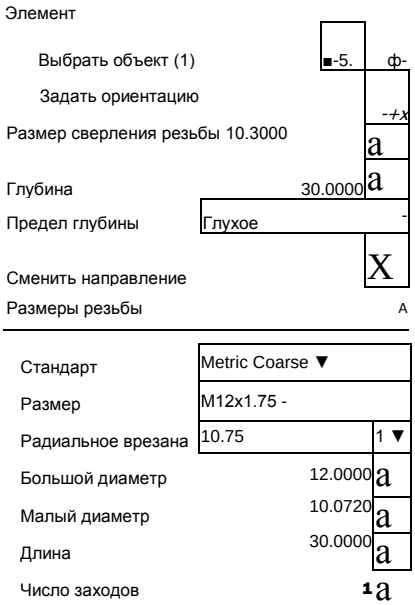
Во вкладке расположение указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина (метчик нужного диаметра и с нужным шагом), в качестве геометрии выбирается WORKPIECE, метод DRILL.

Далее переходим к настройкам траектории.

Также как и в других случаях выбираем отверстие, в котором нарезается резьба. После этого переходим к настройкам параметров цикла, где задается в первую очередь параметры резьбы (рис. 3.67 а). При этом форма и шаг нужно выбрать «Из таблицы». Ниже выбирается форма резьбы (например, Metric- Метрическая), направление нарезания резьбы (например, правая) и ниже шаг.



а)



б)

Рис. 3.67. Настройка геометрии элемента

Здесь же (рис. 3.67 б) задаются размеры резьбы. Еще раз указываются параметры резьбы, в частности, длина резьбовой части и число заходов резьбы.

В качестве цикла в общей панели настройки выбирается по умолчанию «Сверление, Резьба».

Все остальные настройки аналогичны настройкам, приведенным в п. 4 данного раздела.

8. Фрезерование отверстий

При добавлении перехода в WORKPIECE выбираем тип MILL_PLANAR подтип операции «Фрезерование отверстий» W_л.

Во вкладке расположение указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина (Как правило концевая фреза), в качестве геометрии выбирается WORKPIECE, метод MILL_FINISH (если отверстие обрабатывается окончательно) или MILL_ROUGH (в случае предварительной обработки).

Далее переходим к настройкам траектории.

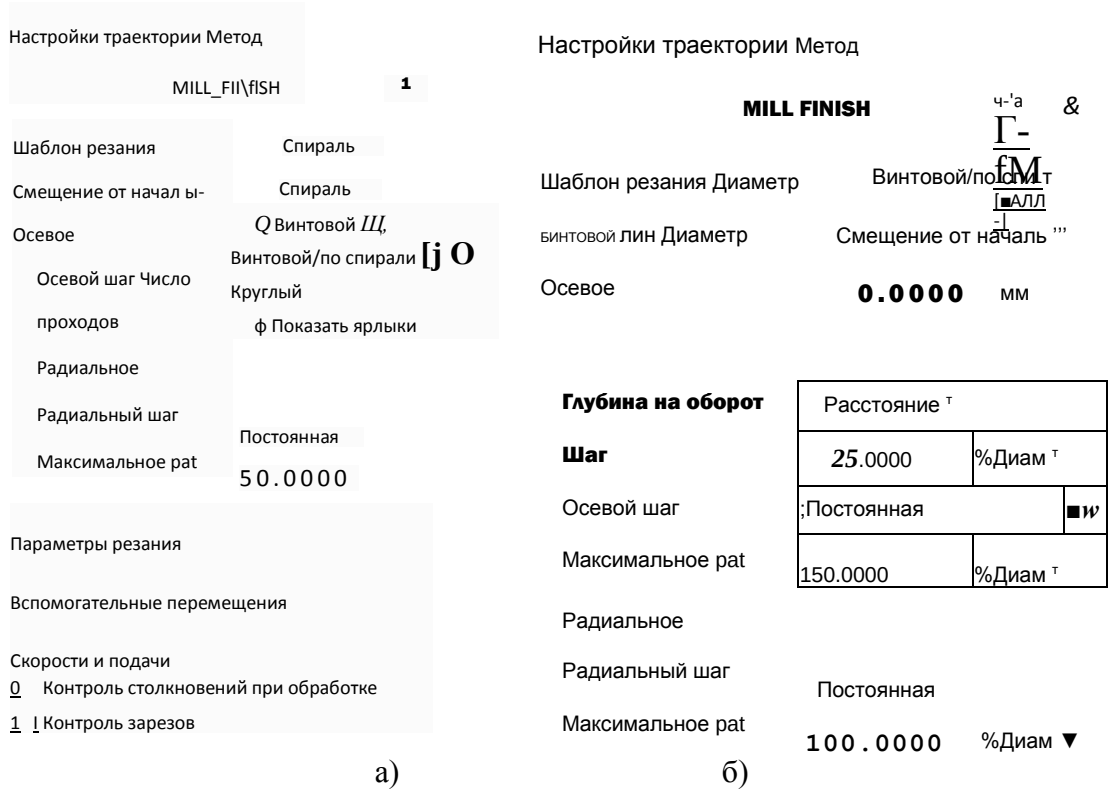
Как и в случае других подтипов обработки отверстий выбирается обрабатываемый элемент (рис. 3.60) во вкладке геометрия элемента и в случае необходимости изменяются параметры отверстия, которые по умолчанию определяются автоматически по модели.

Далее необходимо перейти к настройкам траектории (рис. 3.68 а), где как видно есть возможность выбрать 4 стратегии фрезерования отверстий:

1. **Спираль - фрезерование осуществляется за счет погружения по выбранной стратегии врезания на нужную глубину и фрезерование отверстия на данную глубину по спирали;**
2. **Винтовой - фрезерование осуществляется за счет погружения в металл по винтовой траектории;**
3. **Винтовой/ по спирали - совмещает фрезерование по 2м стратегиям;**
4. **Круглый - фрезерование по заданным уровням за один проход вдоль контура стенки.**

Рассмотрим в данном случае наиболее оптимальную по условиям резания стратегию обработки: Винтовой / по спирали.

С остальными стратегиями по аналогии студент знакомиться самостоятельно.



а) б)

Рис. 3.68. Настройка траектории при фрезеровании отверстий

В окне настроек для данной стратегии фрезерования необходимо задать настройки снимаемого припуска по двум направлениям: Осевое (по глубине отверстия) и радиальное (по расширению диаметра отверстия), где как видно из рис. 3.68 б необходимо задать припуск в данных направлениях в % от диаметра инструмента, либо в мм. Данная информация выбирается исходя из рекомендаций фирм производителей режущего инструмента.

При этом припуск по глубине отверстия «разбивается» на равные части по заданным настройкам.

После этого необходимо осуществить настройки в «Параметрах резания» (рис. 3.69).

Здесь есть возможность выбора направления резания и расширения траектории. По умолчанию задано расширение траектории 3 мм, используемое вместо врезания.

Во «вспомогательных перемещениях» задается тип врезания и другие настройки.

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы резания на фрезерование во вкладке Скорости и подача вращения шпинделя (скорость резания) и подача, остальные параметры (частота получаются расчетом

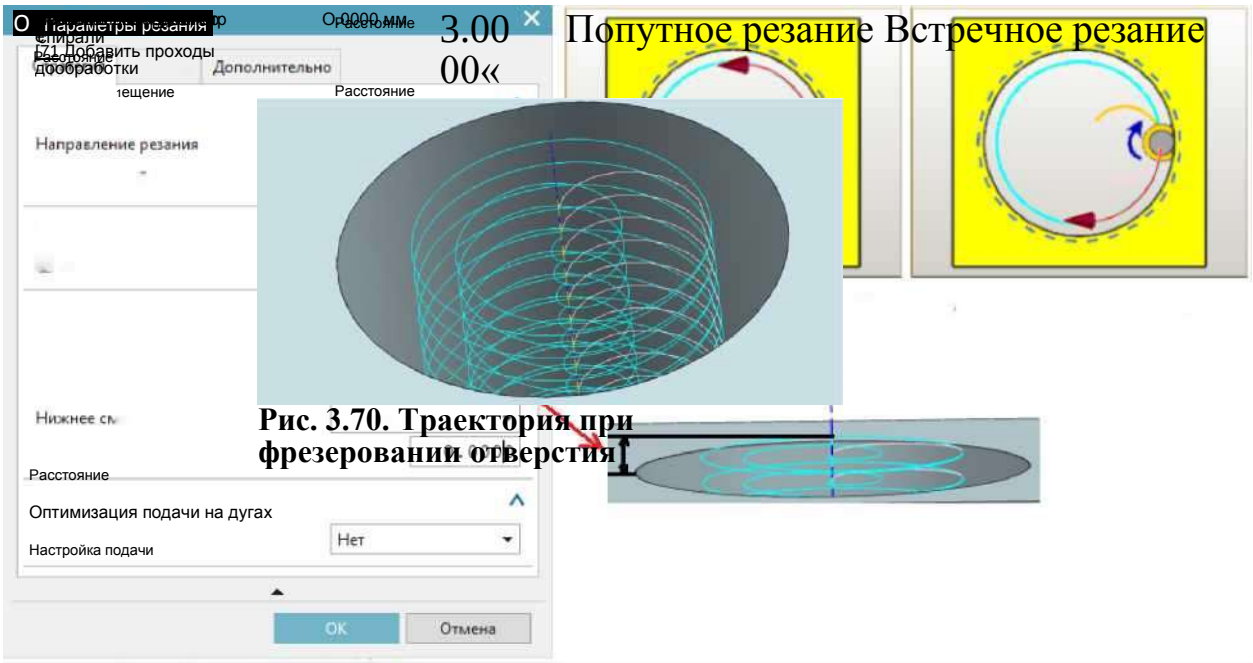


Рис. 3.70. Траектория при фрезеровании отверстия

Рис. 3.69. Настройка параметров резания при фрезеровании отверстий

После задания всех необходимых настроек выполняем генерацию траектории и ее проверку.

При генерации получаем траекторию, как показано на рисунке 3.70.

9. Фрезерование канавок в отверстиях Т-образной фрезой

При добавлении перехода в WORKPIECE выбираем тип HOLE_MAKING подтип операции «Радиальное фрезерование боковых пазов» №.

Во вкладке расположение указывается ссылка на программу, выбирается инструмент из инструментального магазина (Как правило, Т- образная фреза), в качестве геометрии выбирается WORKPIECE, метод MILL_FINISH (если отверстие обрабатывается окончательно) или MILL_ROUGH (в случае предварительной обработки). Далее переходим к настройкам траектории.

В открывшемся окне, как и в случае обработки отверстий, необходимо задать геометрию элемента (во вкладке геометрия элемента), в качестве которой выбираем боковую поверхность канавки, остальные

элементы распознаются автоматически. Остальных настроек в данной вкладке, как правило, не требуется.

Остальные настройки траектории задаются в разделе «настройка траектории» (рис. 3.71 а).

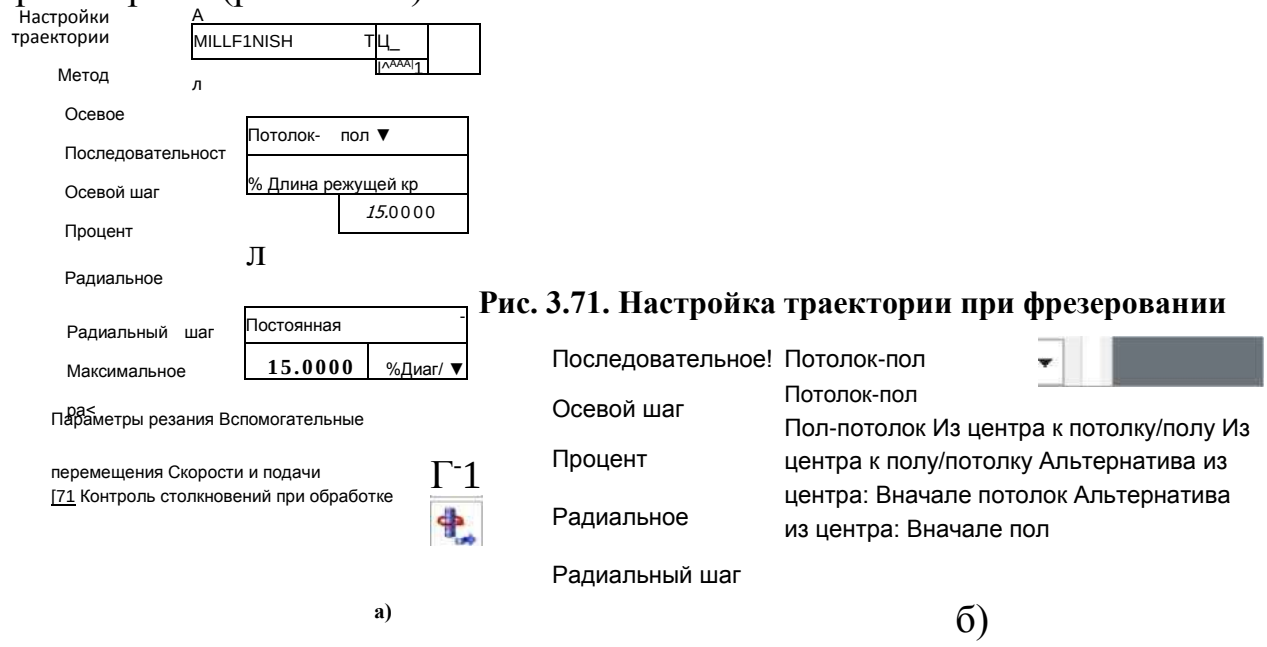


Рис. 3.71. Настройка траектории при фрезеровании канавки

В разделе «Осевое» можно выбрать последовательность обработки канавки по глубине (рис. 3.71 б). Под «Потолком» в данном случае подразумевается ближняя грань канавки, под «полом» дальняя, т.е. дно канавки.

В этом же разделе задается (в % от длины режущей кромки) ширина фрезерования (рис. 3.72). В разделе «Радиальное» задается глубина фрезерования (в % от диаметра фрезы) (рис. 3.72). Данные параметры определяются по рекомендациям фирмы производителя режущего

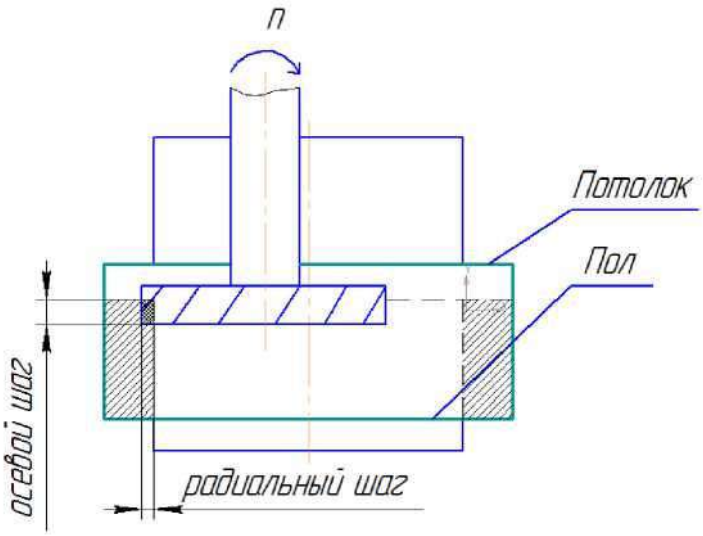
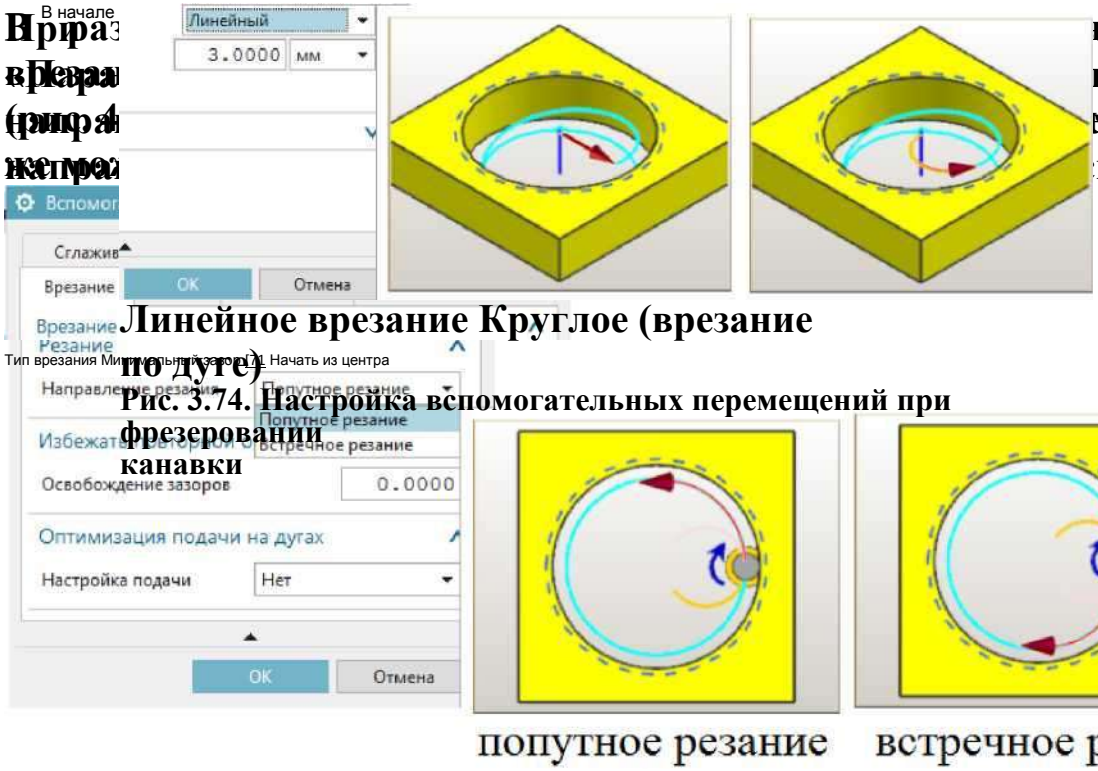


Рис. 3.72. Настройка параметров при фрезеровании

инструмента.



Линейное врезание Круглое (врезание по дуге)

Рис. 3.74. Настройка вспомогательных перемещений при фрезеровании канавки

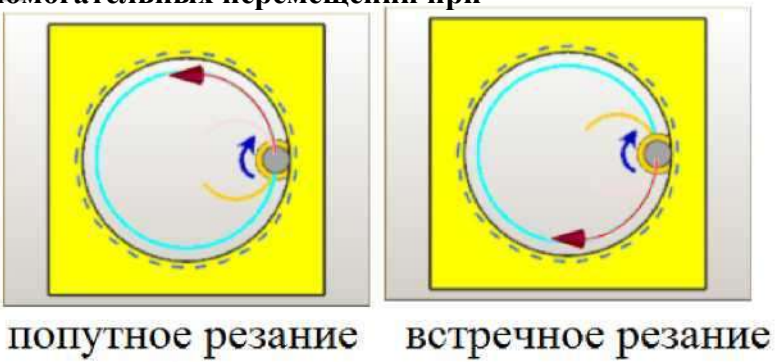
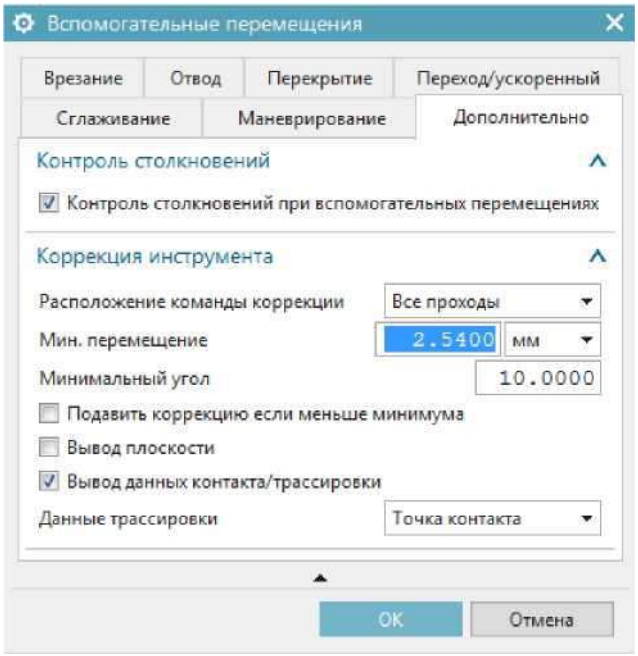
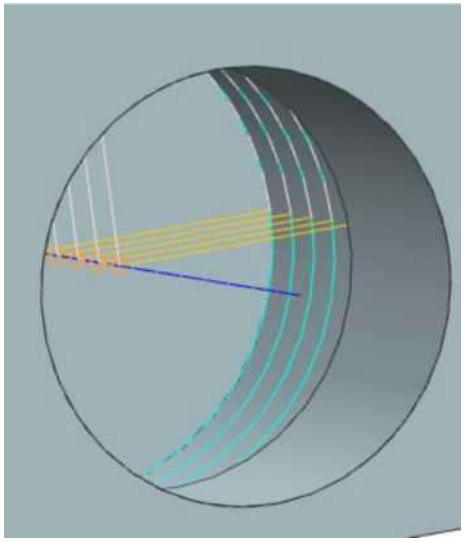


Рис. 3.73. Настройка параметров резания при фрезеровании канавки

Очень важно, особенно для точных канавок задание коррекции на радиус инструмента (во вкладке «Дополнительно»), чтобы исключить влияние данного параметра на точность выполняемой поверхности (рис. 3.75 а).





а) б)

Рис. 3.75. Задание коррекции инструмента

В соответствии с операционной картой ТП задаются режимы резания на фрезерование канавки во вкладке Скорости и подача (частота вращения шпинделя (скорость резания) и подача на зуб, остальные параметры получаются расчетом .

После задания всех необходимых настроек выполняем генерацию траектории и ее проверку.

При генерации получаем траекторию, как показано на рисунке 3.75
б.

В данном разделе рассмотрены лишь основные операции по обработке корпусных деталей, однако функционал системы NX намного шире. Но в рамках учебного процесса рассматриваются лишь обработка основных поверхностей детали. Для более глубокого изучения программы NX необходимо воспользоваться дополнительной литературой, например [13].

По аналогии с рассмотренными в данном разделе операциями может быть создана обработка и на токарно-фрезерном оборудовании.

3.3 Дополнительная информация для технологов. Постпроцессирование

После создания всех необходимых переходов в соответствии с технологическим процессом, необходимо проверить созданную управляющую программу в целом. Для этого необходимо перейти во

вкладку «Вид программы» в панели переключения видов навигатора операций (рис. 3.4).

Для получения в этой вкладки дополнительной информации необходимо отобразить дополнительные разделы. Для этого в отрывшемся окне нажимаем правую кнопку мыши и выбираем «Столбцы» (рис. 3.76).

Здесь делаем активными (проверяем, чтобы рядом стояла галочка): Имя, Смена инструмента, Траектория, Инструмент, Время, Подача, Скорость.

Как правило, для технолога в данном случае отображается самая полезная информация и есть возможность проверить правильность задания настроек траекторий.

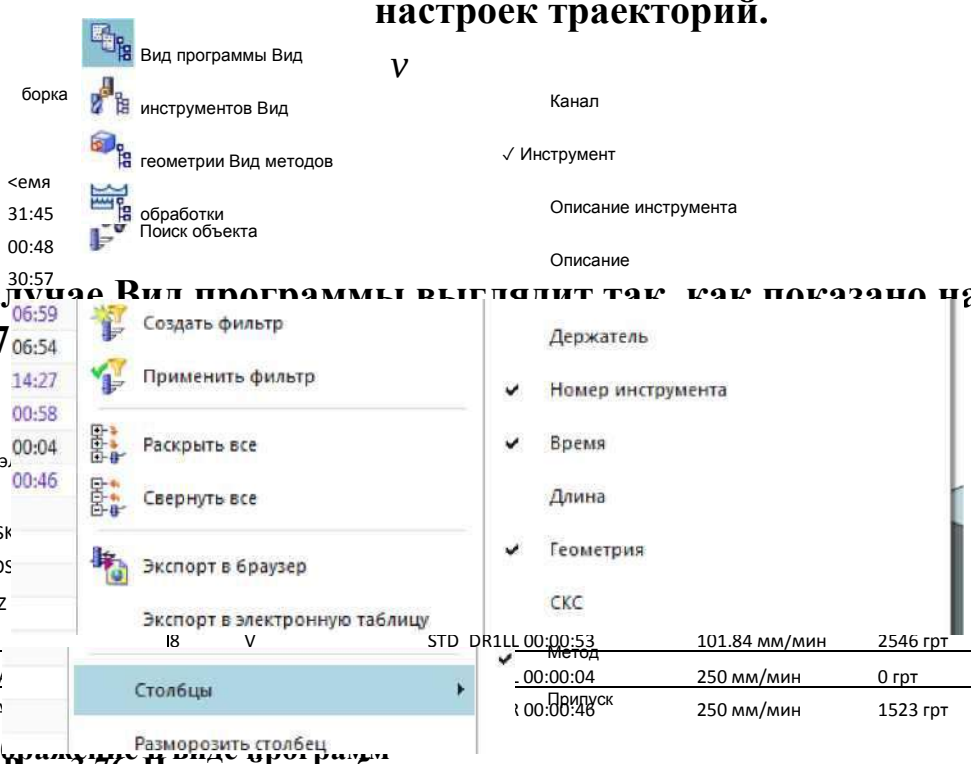


Рис. 3.76. Настройка отображения столбцов в виде программ

В данном случае Вид программы выглядит так, как показано на рисунке 4.7

Рис. 3.77. Отображение в виде программ

При этом необходимо проверить правильность задания имени переходов, все ли траектории сгенерированы (должна стоять зеленая галочка), верно ли выбран инструмент, заданы ли режимы резания (подача и скорость). После проверки в случае необходимости вносятся правки. Здесь же, *можно оценить время на обработку поверхности (машинное время), которое отображается в графе время. Данное время учитывает как рабочие, так и холостые проходы. Данное время можно использовать для нормирования технологического процесса.*

Также необходимо проверить в целом работу всей программы. **Для этого необходимо выделить созданную программу (PROGRAM) и выбрать в верхней панели «Проверка траектории» (рис. 3.78). После чего в открывшемся окне воспроизвести по кадрам всю программы и посмотреть правильность обработки и отсутствие столкновений инструмента с деталью и другими элементами**

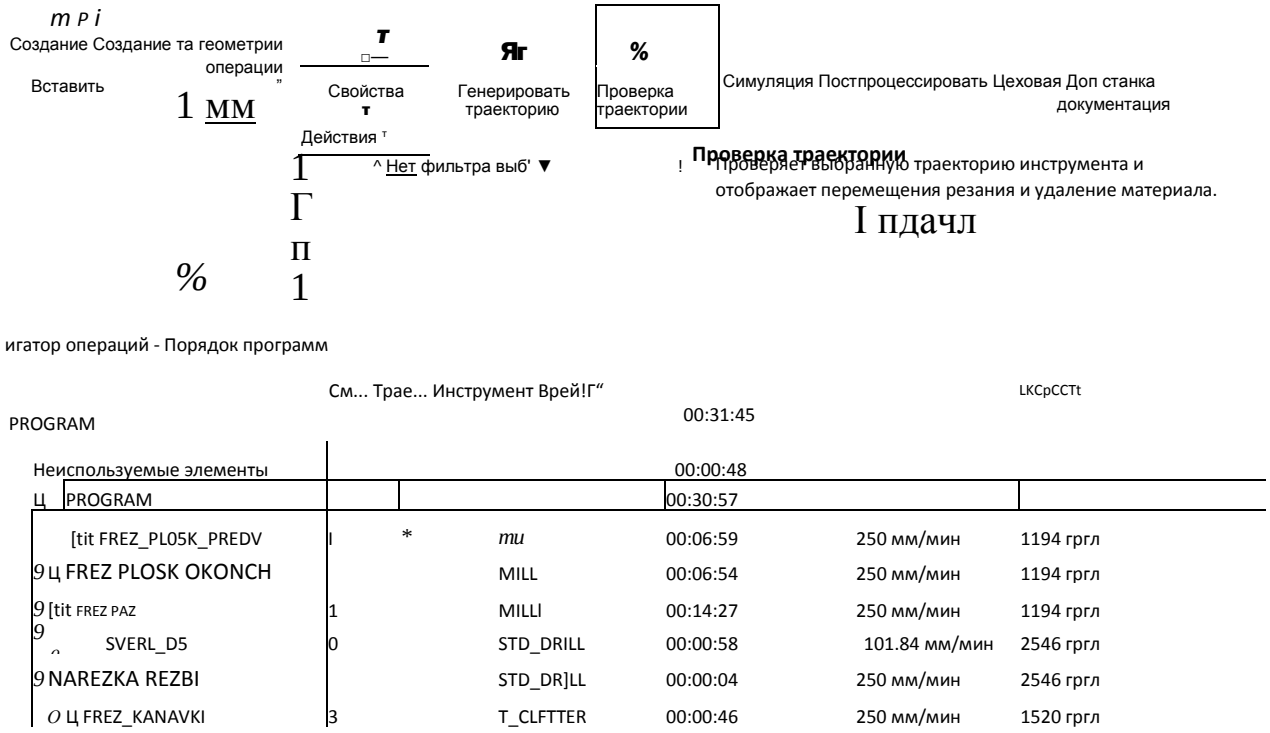


Рис. 3.78. Проверка программы

Если все выполнено верно, необходимо постпроцессировать сформированную программу.

Различные производители металлорежущих станков оснащают свою продукцию системами ЧПУ, которые отличаются друг от друга (и от международных стандартов EIARS-274C, ISO, DIN и пр.). Таким образом, УП созданные для одного станка с ЧПУ не будут работать на другом станке.

Современные CAM-системы в первую очередь предназначены для расчета генерации и расчета траекторий инструмента, в

зависимости от геометрии детали. Результатами проектирования в CAM-системе являются траектории инструмента и некоторые вспомогательные операции (включение шпинделя, установка подачи, указание номера

инструмента и пр.), которые представляются в формате CLDATA (Cutter Location DATA). Для каждой CAM-системы формат CLDATA различен, хотя существует специальный (стандартный) язык APT. Как правило, информация CLDATA может быть сохранена в виде текстового файла.

Преобразование информации CLDATA в G-коды, понятные конкретной системе ЧПУ называет постпроцессированием. Для выполнения такого преобразования (поспроцессирования) применяются специальные программы (часто выполняемые как отдельные модули CAM-систем) - поспроцессоры.

Программу, преобразующую один формат данных в другой можно написать на любом языке высокого уровня (Basic, Pascal, C++, MatLab и пр.). Для этого программа должна считывать данные из одного файла, заменять т.н. «шаблоны» («templates») на символы G, X, Y, T, ... и преобразовывать числовую информацию в формат, предусмотренный конкретной системой ЧПУ.

Процедура разработка постпроцессора вручную достаточно трудоемка. Поэтому для этого созданы специальные модули и программы. Данный модуль есть, в том числе и в NX. Итак, после того как мы разобрались что же такое построцессирование переходим непосредственно к постпроцессированию в NX.

Для этого необходимо выделить созданную программу (PROGRAM) и через панель, открывающуюся после нажатия правой кнопки мыши кликнуть на построцессирование (рис. 3.79).

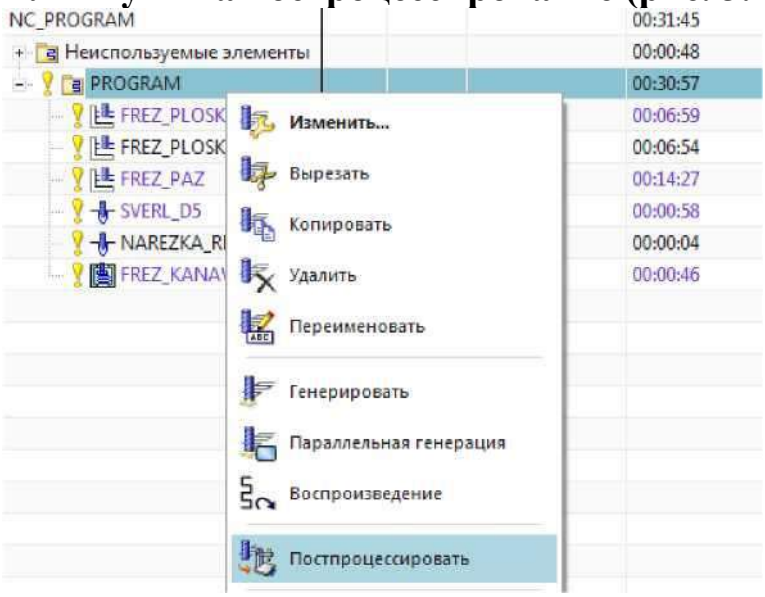


Рис. 3.79. Построцессирование программы

После этого в открывшемся окне выбирается нужный станок (построцессор) и производиться построцессирование. Обратите внимание, куда и под каким именем сохраняется программа. Как

правило, имя то же что и у программы и сохранение идет в ту же папку что и программа.

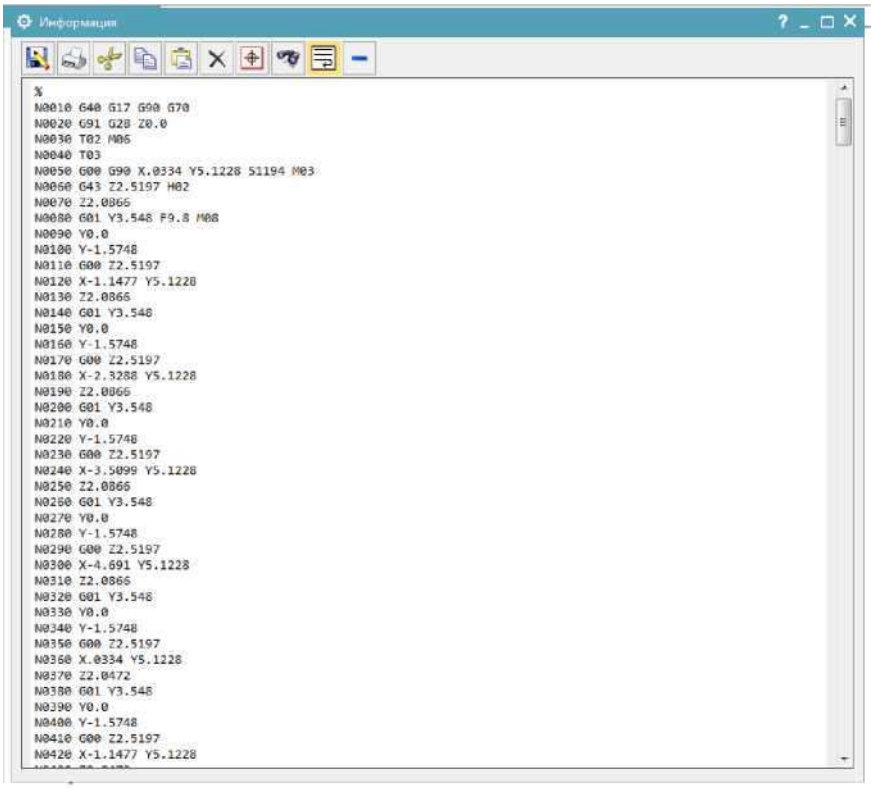


Рис. 3.80. Вывод программы

После постпроцессирования открывается окно с программой (рис. 3.80).

Программу можно открыть через текстовый редактор типа «Блокнот».

Перейдем непосредственно к созданию управляющей программы на примере простой детали токарно-фрезерной группы.

4. ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ В СРЕДЕ SIEMENS NX

Прежде чем приступить к написанию программы приводятся исходные данные. В качестве исходных данных выступают: чертежи детали и заготовки, применяемого приспособления (при необходимости); технологический процесс на операцию, на которую разрабатывается управляющая программы; информация по выбранной технологической оснастке: Режущему инструменту и режимам резания. Данную информацию необходимо представить в виде рисунков и таблиц.

Следующим этапом приводиться подробно описание процесса создания программы, в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис.

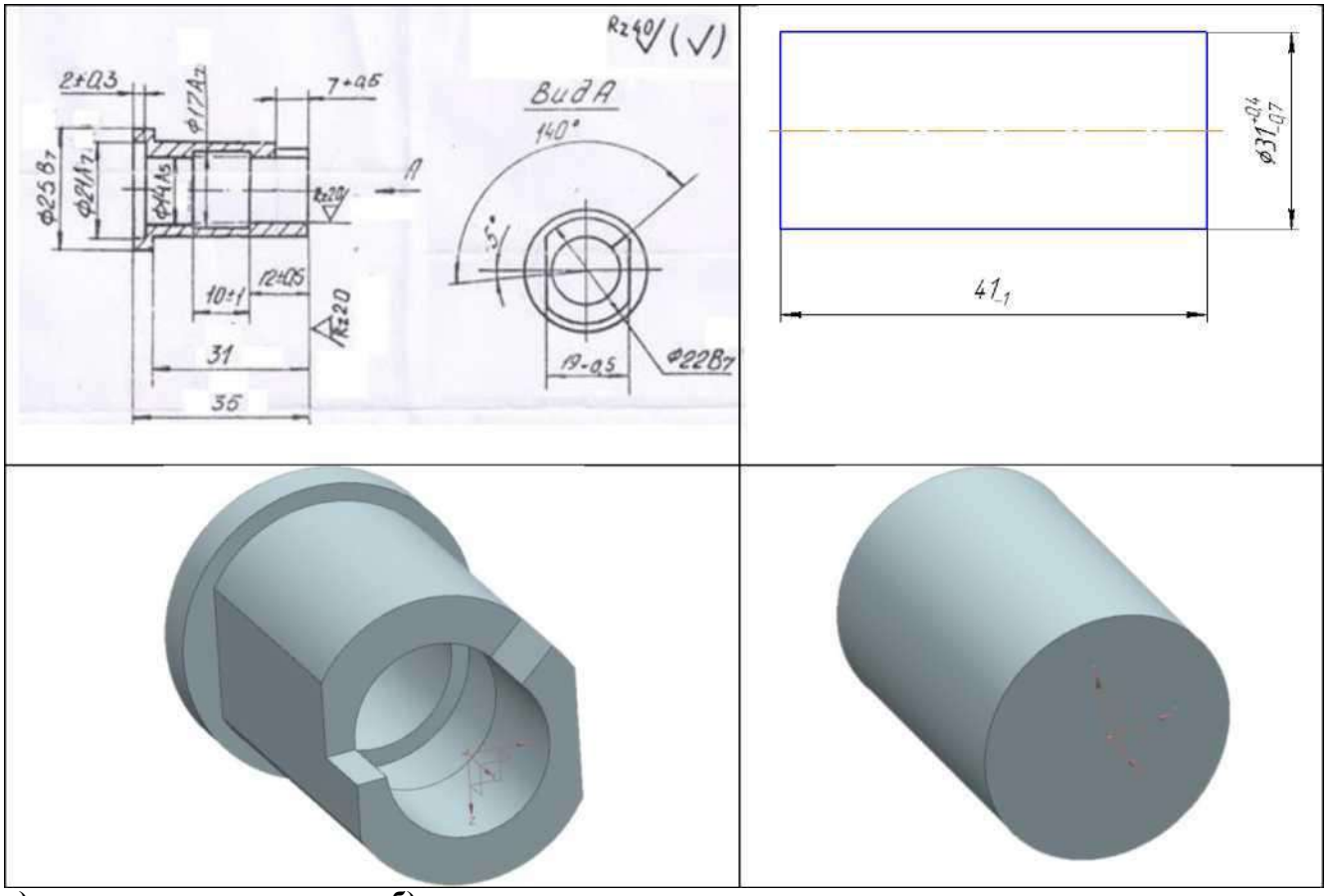
3.1 с последующим выводом готовой программы.

Для начала приводятся исходные данные для написания УП.

1. Исходные данные для разработки управляющей программы.

Материал детали: Алюминиевый сплав

1.1 Чертеж детали и заготовки приведен на рисунке 4.1.



а) б)

Рис. 4.1. Чертеж и 3D модель детали (а) и заготовки (б)

1.2 Информация по применяемому оборудованию.

Для обработки детали выбран токарный автомат продольного ТО4еНМНУРЕРТURN 65. Технические характеристики станка приведены в таблице 4.1

Табл. 4.1. Технические характеристики станка

Параметр	Значение
Перемещение по осям X/Y/Z:	160 /(+40/-30) /510 mm
Максимальный диаметр прутка	45 мм
Максимальная частота вращения главного шпинделя и контршпинделя	7000 об/мин
Максимальная мощность главного шпинделя	15 кВт
Максимальная мощность контршпинделя	15кВт
Количество револьверных головок	2
Количество позиций в револьверных головках	12 (все приводные и не приводные)
Тип крепления инструмента в револьверных головках	VDI25
Максимальная частота вращения инструмента в револьверных головках	6000 об/мин
Мощность привода в револьверных головках	4 кВт

Общий вид станка представлен на рисунке 4.2.

Рис. 4.2 Токарный автомат продольного точения HYPERTURN 45 1.3

Технологический процесс обработки детали

Технологический процесс обработки детали покажем упрощенно в таблицы 4.2.

Табл. 4.2. Технологический процесс обработки детали

Этап обработки	Опер-ия, установ	ход	Точность (IT) и шероховатость
Черновая	035, А	**одрезать торец, срезая припуск 3 мм**	Ra6,3
		очить 022И14(_0,52) на длину 31js14(±0,25)	14, Ra6,3
		верлить отверстие 01ОН14 на глубину 40±1	14, Ra6,3
		асточить014Ш2(+0,18) на проход	12, Ra3,2
		Расточить канавку 017Н14(+0,43), выдерживая размеры 10js16(±0,45) и 12js15(±0,35)	14, 15, 16 Ra6,3
		Фрезеровать контур, выдерживая размер 7js16(±0,45) и углы 120° и 5°	16, Ra6,3
		резеровать 2 лыски в размер 19И12(. 0,21)	12, Ra6,3
		8.Перехватить деталь контршпинделем	
Черновая	035, Б	1. Точить 025h14(-0,52) напроход	14, Ra6,3
		2. Расточить 02Ш14(+0,52)на длину 2js16(±0,3)	14, 16,Ra6,3

Разработку вправляющей программы будем вести на Установ А, т.е. переходы 1-7 (выделено в табл. 4.2).

1.4 Применяемый режущий инструмент и режимы резания

Для удобства выбранный режущий инструмент и режимы резания сведем в таблицу 4.3.

Табл. 4.3. Режущий инструмент и режимы резания

реход	Артикул инструмента	Режимы резания		
		t, мм	^мин!) мм/об (мм/мин)	V, м/мин
1	2	3	4	5
Подрезать торец, срезая припуск 3 мм	SCLCR 1616H 09- державка CCGX 09 T3 04-AL H10 - пластина	3	0,2	600
Точить 022h14(-0,52) на длину 31js14(±0,25) ’		3	0,2	600
Сверлить отверстие 010Н14 на глубину 40±1	860.1-1000-080A1-NM H10F - сверло	5	0.3	170
Расточить 014Н12(+0,18) на проход	A08H-SCLCR 06-R - расточная оправка; CCGX 06 02 04-AL H10 - пластина	1	0.2	280
Расточить канавку 017Н14(+0,43), выдерживая размеры 10js16(±0,45) и 12js15(±0,35)	MB-09G318-00-14R 1025 - пластина; MB-E16R-42- 09 - держатель	3,18	0.03	150

Окончание табл. 4.3

1	2	3	4	5
6. Фрезеровать контур, выдерживая размер 7js16(±0,45) и углы 120° и 5°	R215.36-12050-AC26L 1620 - фреза концевая	3	1500 мм/мин	200
7. Фрезеровать 2 лыски в размер 19h12(0,21)				

Для разработки управляющей программы выше представлены все исходные данные. Теперь перейдем непосредственно к созданию проекта обработки.

2. Создание проекта обработки

На рабочем столе создаем папку с названием детали «Vtulka» (на анг. раскладке). В данную папку добавляем 3D модель детали и заготовки.

Открываем программу NX12. Открываем 3D модель детали. Выполняем Файл - Создать. В открывшемся окне выбираем Обработка - Шаблон токарно-фрезерная обработка. Вводим имя программы и проверяем папку сохранения (рис. 4.3). Здесь же, как мы видим внизу, автоматически отображается деталь для ссылки, т.к. она

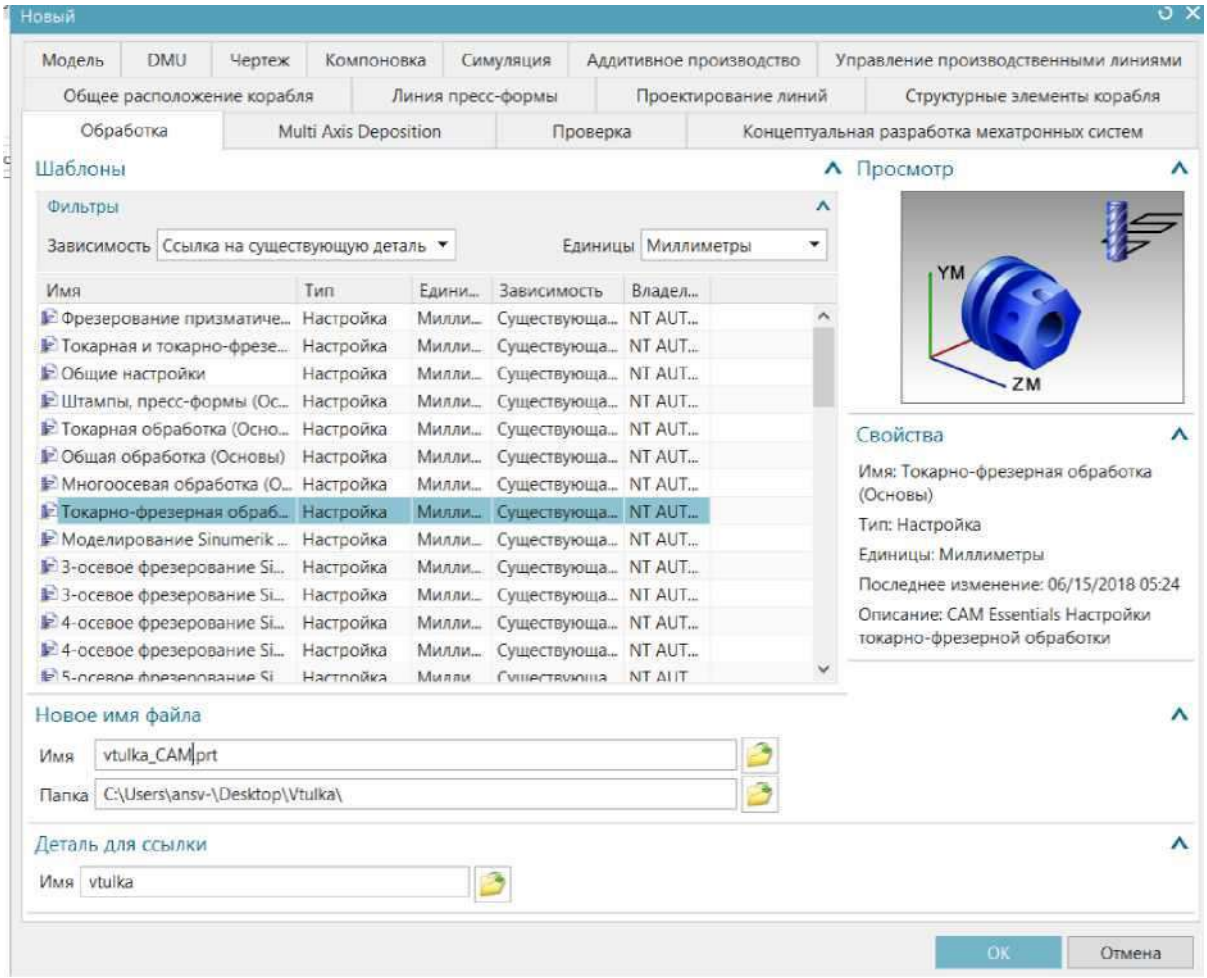


Рис. 4.3. Выбор шаблона обработки

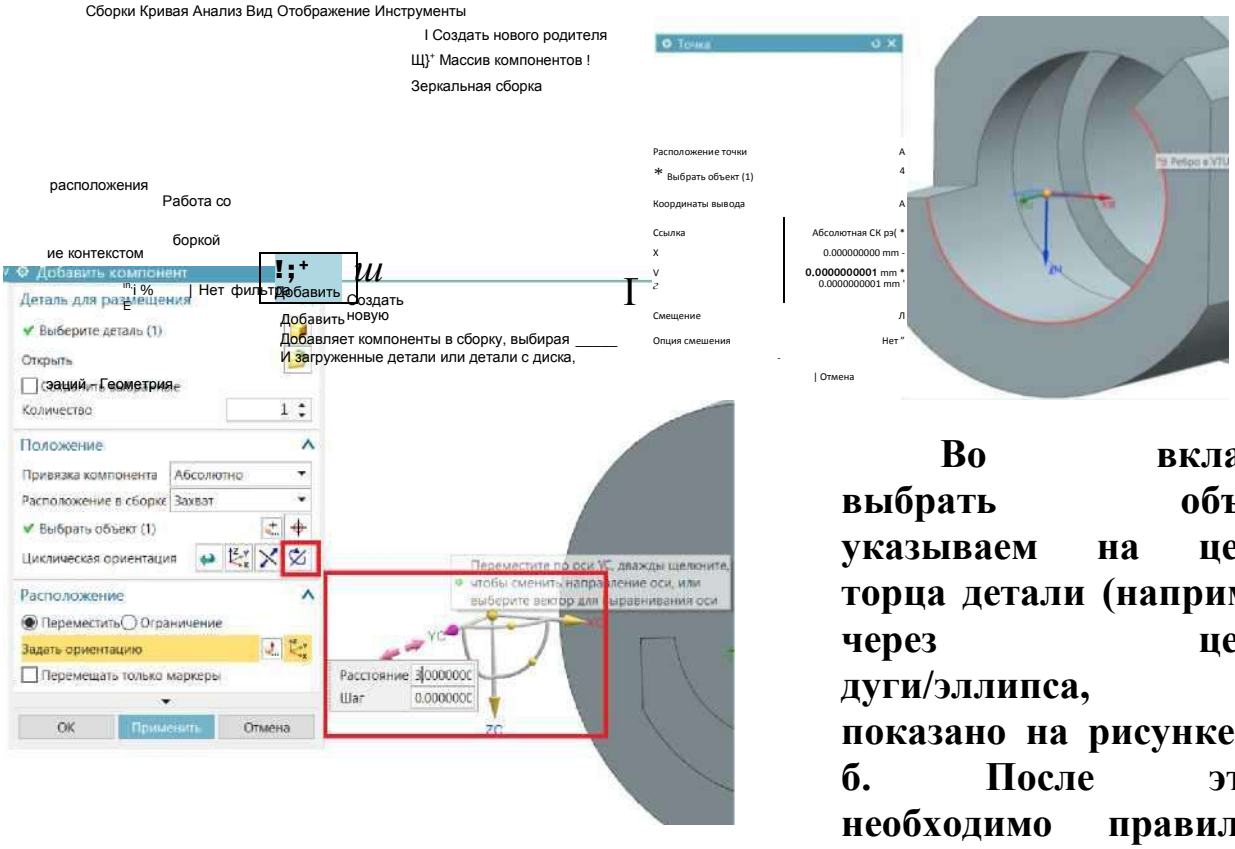
Окончание табл. 4.3

была открыта заранее.

В открывшемся окне отображается обрабатываемая деталь. Следующим шагом в проект необходимо добавить заготовку. Для этого в разделе файл должно быть активно приложение сборки (рядом стоять галочка). После этого в проекте необходимо перейти во вкладку сборки и выбрать «Добавить» (рис. 4.4 а).

а) б) Рис. *4.4.* Добавление заготовки

В открывшемся окне в разделе Деталь для размещения нажать открыть и найти 3D модель заготовки и указать на файл с моделью и далее
ОК.



Во вкладке выбрать объект указываем на центр торца детали (например, через центр дуги/эллипса, как показано на рисунке 4.4 б. После этого необходимо правильно расположить компонент (заготовку) относительно детали. Для этого можно воспользоваться поворотом (см. рис. 4.5) и последующим смещением заготовки по одной из осей на величину припуска. В нашем случае на 3 мм (припуск на подрезку торца). Для этого нужно нажать на стрелочку оси и задать необходимое расстояние для перемещения (рис. 4.5 а). После этого нажимаем Ок.

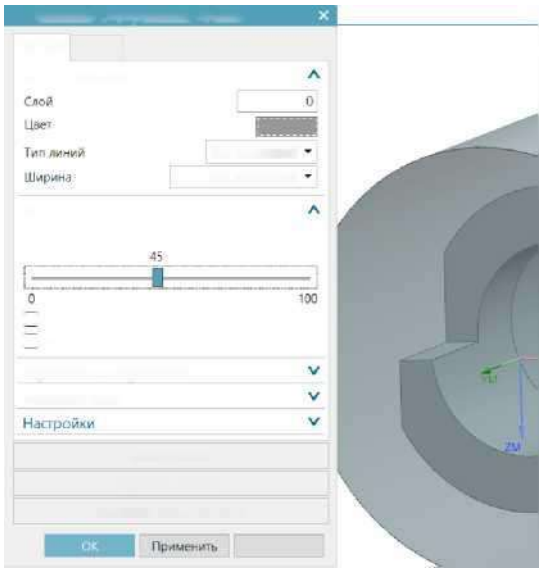
Без изменений
Без изменений

Закрашенное отображение
Прозрачность
Частичная закраска
Наследование
Выделить объекты
Выберите новые объекты

Отмена

а) б)

Рис. 4.5. Ориентация и перемещение заготовки

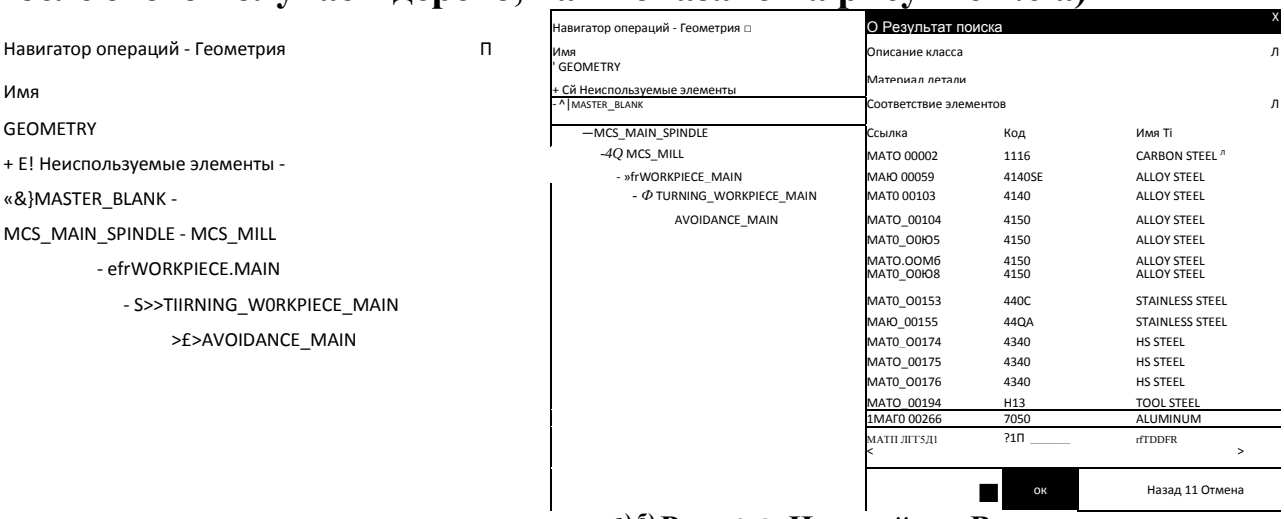


Если все сделано верно, заготовка находиться в нужном положении. Если же необходимо скорректировать ее положение можно в панели Сборки воспользоваться функцией «переместить компонент».

После добавления заготовки необходимо выполнить настройки ее прозрачности, чтобы за заготовкой видеть деталь. Для этого выбираем заготовку и нажимаем комбинацию клавиш «Ctrl+J» и настраиваем процент прозрачности для удобства отображения (рис. 4.5 б).

После этого создаем дерево в «Вид геометрии» как показано на рисунке 3.9.

Т.к. дерево для контршпинделя нам в работе не нужно его компоненты можно добавить (перетащить) в неиспользуемые объекты. После этого получаем дерево, как показано на рисунке 4.6 а)



а) б) Рис. *4.6.* Настройка «Вида геометрии»

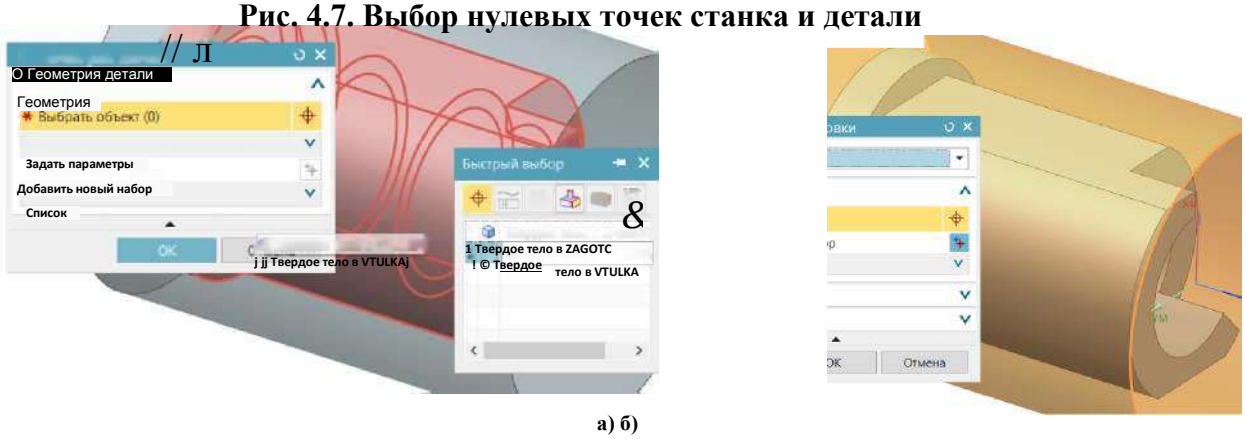
В настройках материала (MASTER_BLANK) выбираем материал Алюминий (рис. 4.6 б). В настройках MCS_MAIN_SPINDLE задаем расположение осей станка главного шпинделя в соответствии с рекомендациями (рис. 1.6). Нулевая точка станка располагаем на некотором удалении от торца детали, ось Z совпадает с осью вращения шпинделя, ось X направлена вверх (в сторону, где располагается револьверная головка с инструментами) Получаем следующее расположение нулевой точки станка (рис. 4.7 а). Здесь же в настройках «подробности» выбираем главная (указание на то, что это ось станка) и нулевая точка ставим 1 (первый шпиндель) (рис. 4.7 а). В настройках MCS_MILL, которые в данном случае выступают как нулевая точка и система координат детали. Располагаем нулевую точку на правом торце детали (на оси вращения). Оси при этом сонаправлены с осями системы координат станка. Получаем расположение нулевой точки детали как показано на рис. 4.7 б. Здесь же в настройках «подробности» выбираем локальная (указание на то, что это ось детали), специальный

вывод -

нулевая точка и нулевая точка ставим 1 (первый нулевая точка (G54) (рис.
4.7 б).

Далее в WORKPIECE_MAIN в разделе задать деталь выбираем модель детали, а в заготовке модель заготовки. Для того чтобы выбрать нужный компонент наводим на него курсором мыши и на 3 секунды задерживаем левую кнопку мыши, после чего в открывшемся списке выбираем нужный компонент. Здесь отображаются те компоненты, которые лежат в зоне курсора. Таким образом, выбираем геометрию детали (рис. 4.8 а), а затем заготовки (рис. 4.8 б).

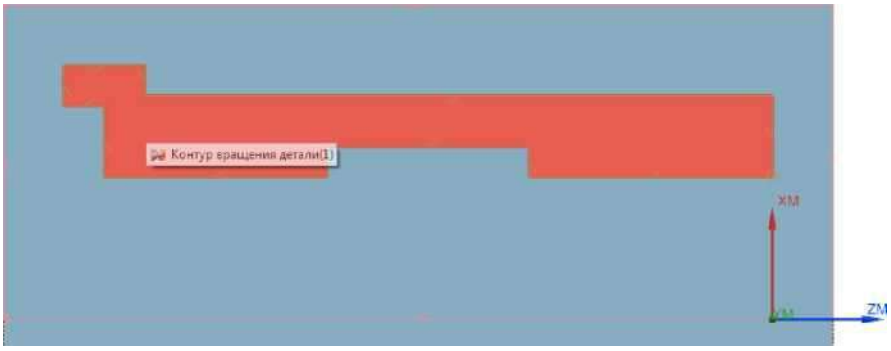
Рис. 4.7. Выбор нулевых точек станка и детали



а) б)

Рис. 4.8. Задание модели детали и заготовки

Переходя в TURNING_WORKPIECE_MAIN отображается листовое тело детали и заготовки (относится непосредственно к токарной обработке). Для проверки правильности задания достататочно скрыть твердые телы (комбинайией клавиш Ctrl+W, а после этого скрыть (нажать минус) «Твердые тела»). При этом отображабтся 2 контура - контур вращения детали и контур вращения заготовки (рис. 4.9). И как видно из рис. 4.9 оси детали также расположены верно.



Переходим к настройкам во вкладке AVOIDANCE_MAIN (геометрию безопасности). При этом, не отображая твердые тела, в плоскости XZ задаем точки подвода и возврата после обработки (Перемещение в начальную точку, перемещение в конечную точку). Для этого в «перемещение в начальную точку» задаем тип перемещения «По прямой», и задаем начальную точки, в «перемещениях в конечную точку» задаем также тип перемещения по прямой, а положение точки «Как у начальной». Получаем настройки, как показано на рисунке 4.10.

Дальше необходимо перейти в «Вид инструментов» и удалить созданные по умолчанию в первой и третьей позиции инструменты.

Создаем в соответствии с последовательностью обработки и выбранным инструментом (табл. 4.3) геометрию инструментов. В TURRET задаем имя магазина 1, указывая на то, что это первая

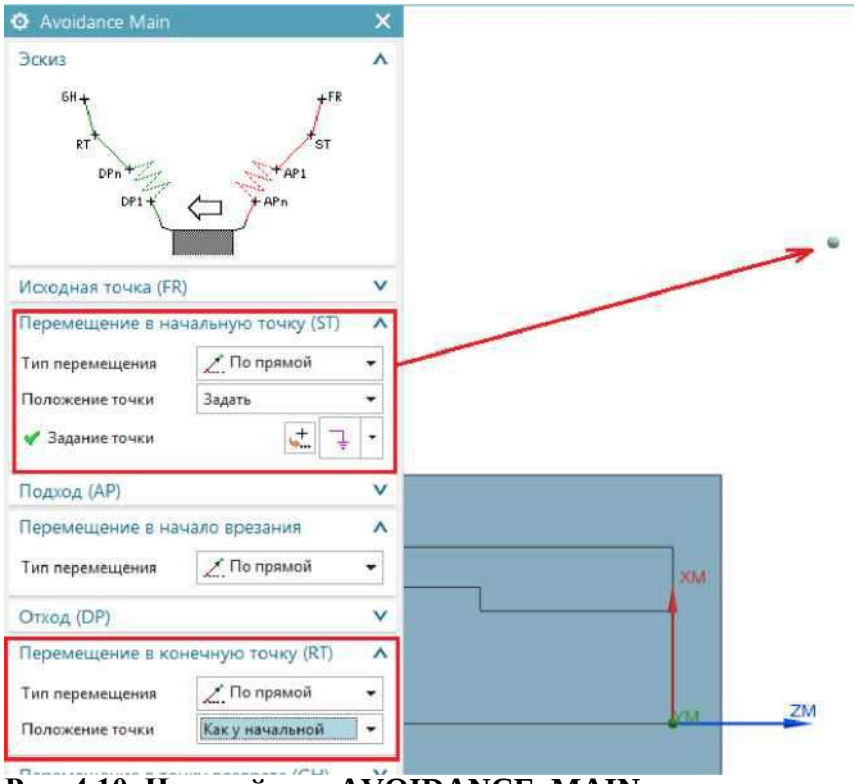


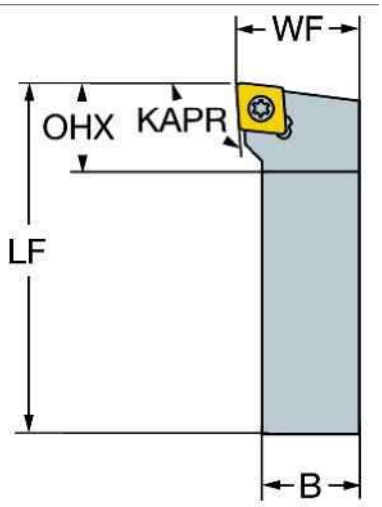
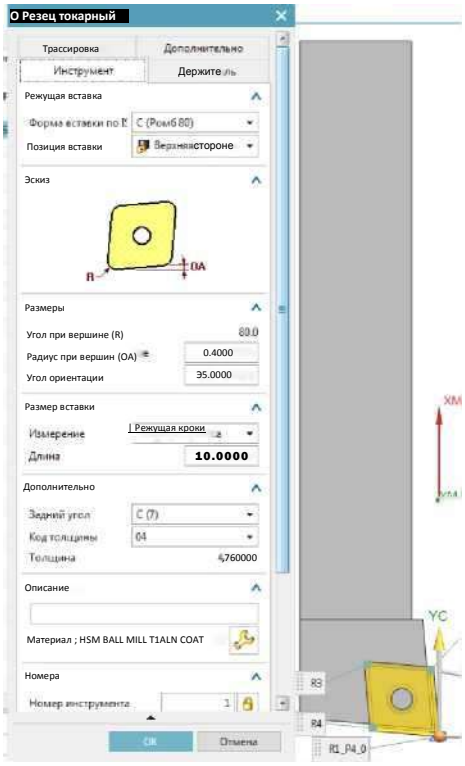
Рис. 4.10. Настройки в AVOIDANCE_MAIN

револьверная головка. Далее переходим к созданию инструмента.

1. **Проходной резец** (SCLCR 1616H 09- державка; CCGX 09 T3 04-AL H10 - пластина) в STATION_01 (табл. 4.4).

1. **Проходной резец** (SCLCR 1616H 09- державка; CCGX 09 T3 04-AL H10 - пластина) в STATION_01 (табл. 4.4).

Табл. 4.4. Резец проходной

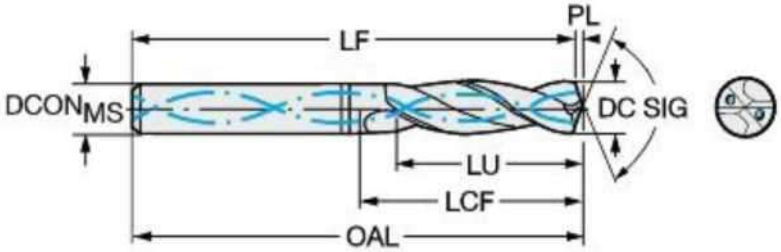
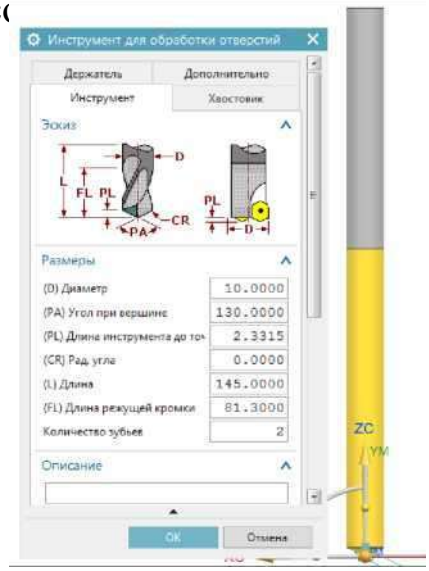
Изображение из к	Инструмент, созданный в NX
	

WF = 20 мм;
OHX = 16.8 мм;
LF = 100 мм;
B = 16 мм;
KAPR = 95°

2. **Сверло 010** (860.1-1000-080A1-NM H10F - сверло) в STATION_02 (табл. 4.5).

1. **Проходной резец** (SCLCR 1616H 09- державка; CCGX 09 T3 04-AL H10 - пластина) в STATION_01 (табл. 4.4).

Табл. 4.5. Сверло 010

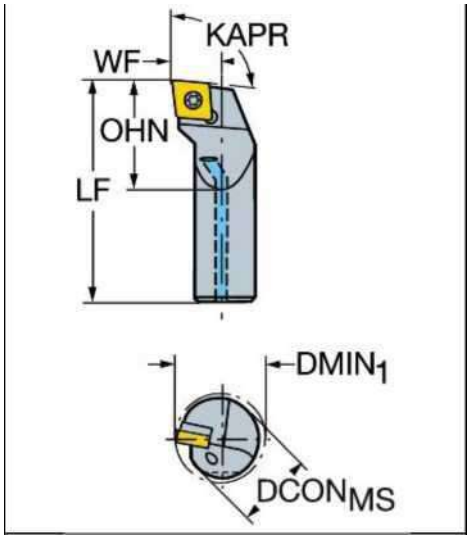
Изображение из	Инструмент, в NX со
	

OAL = 145 мм;
LCF = 100 мм;
LU = 81.3 мм;
DC = DCON = 10 мм.

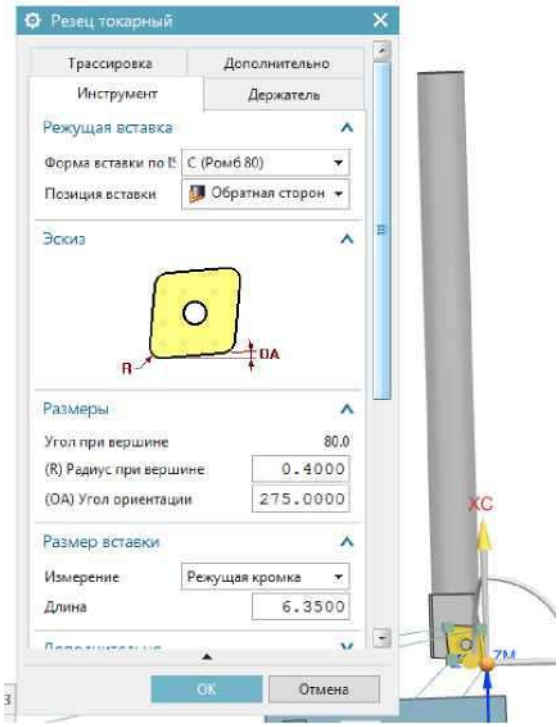
3. **Расточной резец** (A08H-SCLCR 06-R - расточная оправка; CCGX 06 02 04-AL H10 - пластина) в STATION_03 (табл. 4.6).

Табл. 4.6. Резец расточной

Изображение из каталога Инструмент, созданный в NX



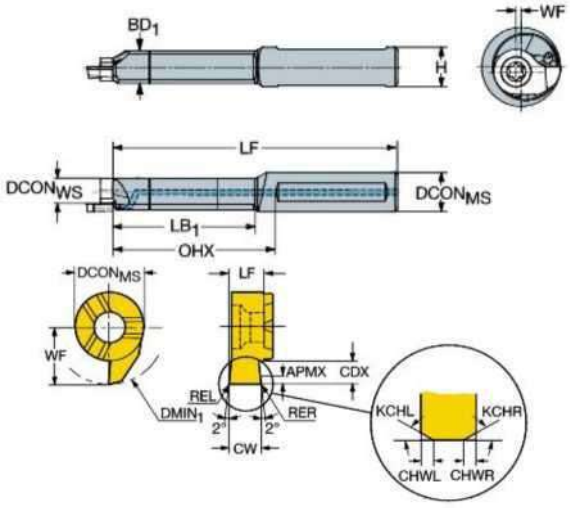
KAPR = 95°; WF = 5 мм; OHN = 12 мм; LF = 100 мм; DCON = 8 мм;



4. **Расточной канавочный резец** (MB-09G318-00-14R 1025 пластина; MB-E16R-42-09 - держатель) в STATION_04 (табл. 4.7).

Табл. 4.7. Расточной канавочный резец

Изображение из



Размеры по каталогу фирмы Sandvik Coromant

Инструмент, созданный в NX

ительно

Инструмент **Держател!**

Режущая вставка

)ма вставки **| Стандартж**

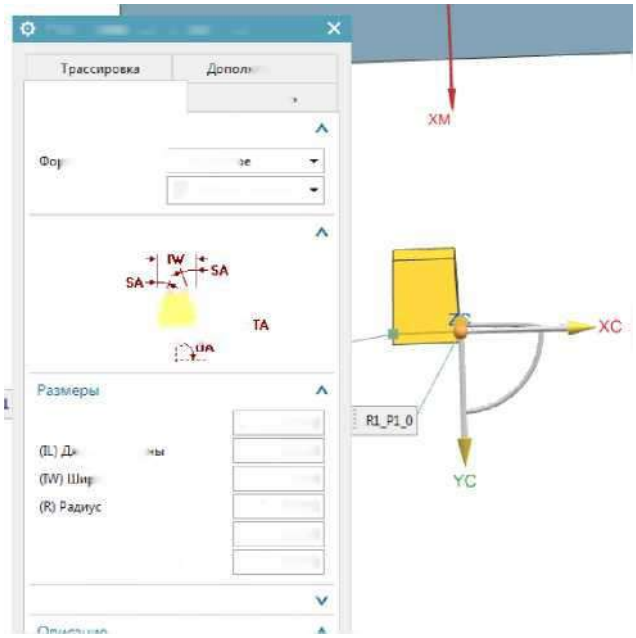
Позиция вставки **^ Верхняя сторона**

Эскиз

*Л**

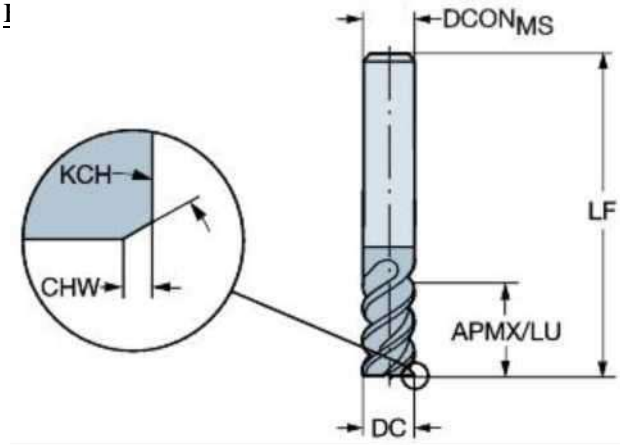
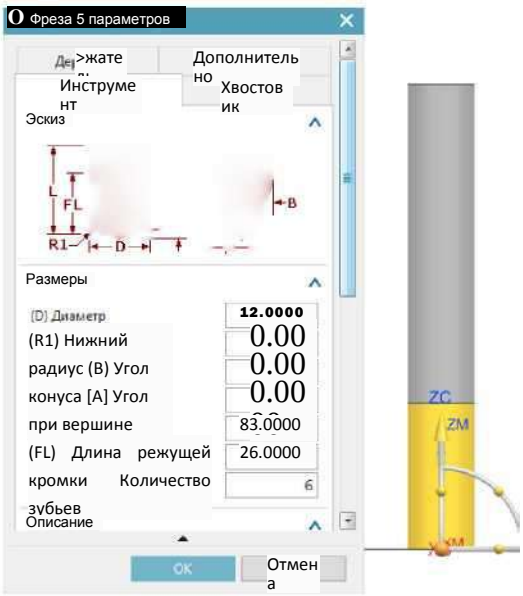
СОА] Угол ориентации	270.0000
шна пласти)	4.0000
жна пластины	3.1800
(SA) Боковой угол (TA)	0.0000
Угол при вершине	0.0000

Дополнительно



5. **Фреза концевая** (R215.36-12050-AC26L 1620 - фреза концевая) в STATION_05 (табл. 4.8).

Табл. 4.8 Фреза концевая

Изображение из	Инструмент, созданный в NX
	

DCON = DC = 12 мм LF = 83 мм LU = 26 мм

Таким образом, в порядке использования инструмента в технологическом процессе в соответствии с размерами по каталогу создан режущий инструмент в инструментальном магазине в позициях STATIONOl - STATION05 (рис. 4.11).

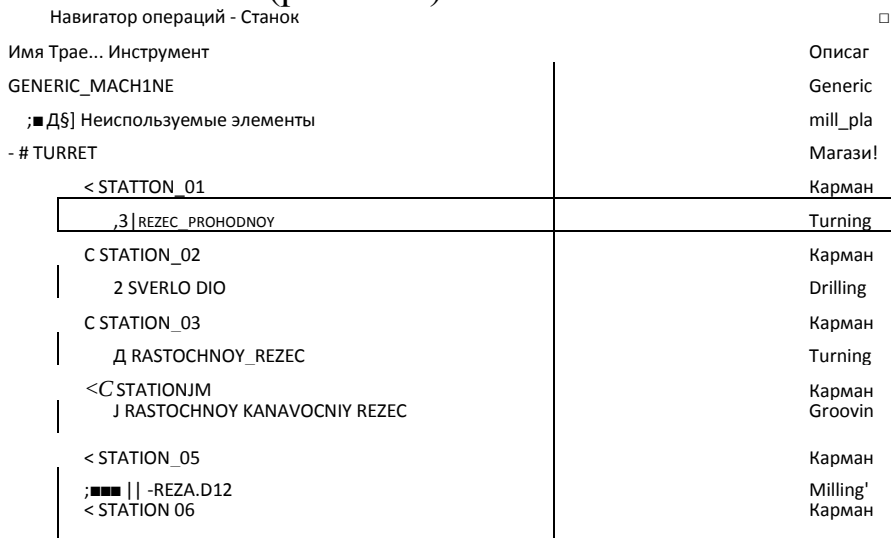


Рис. 4.11. Инструментальный магазин

3. Создание переходов по обработке детали

В порядке, указанном в технологическом процессе (табл. 4.2) переходим к формированию обработки детали. При этом используем

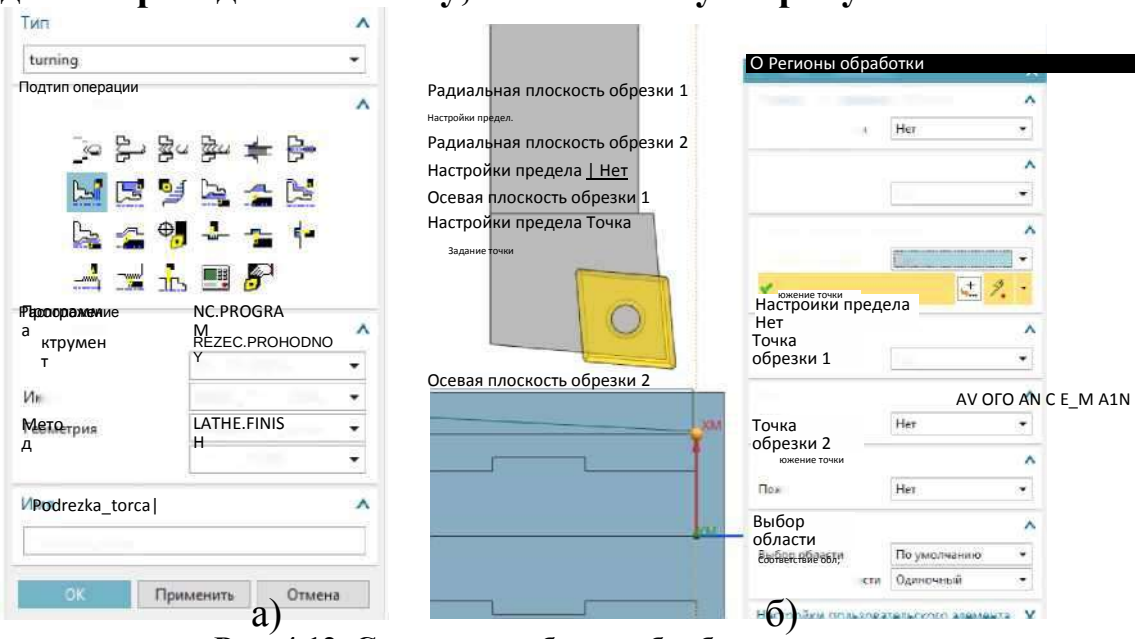
рекомендации, приведенные в разделе 3.1. Здесь же отображаем введенные настройки с результатом (траекторией).

Рис. 4.13. Задание настроек траектории (подрезка торца)

3.1 Переход 1: Подрезать торец, срезая припуск 3 мм.

Инструмент: Резец в STATION_01.

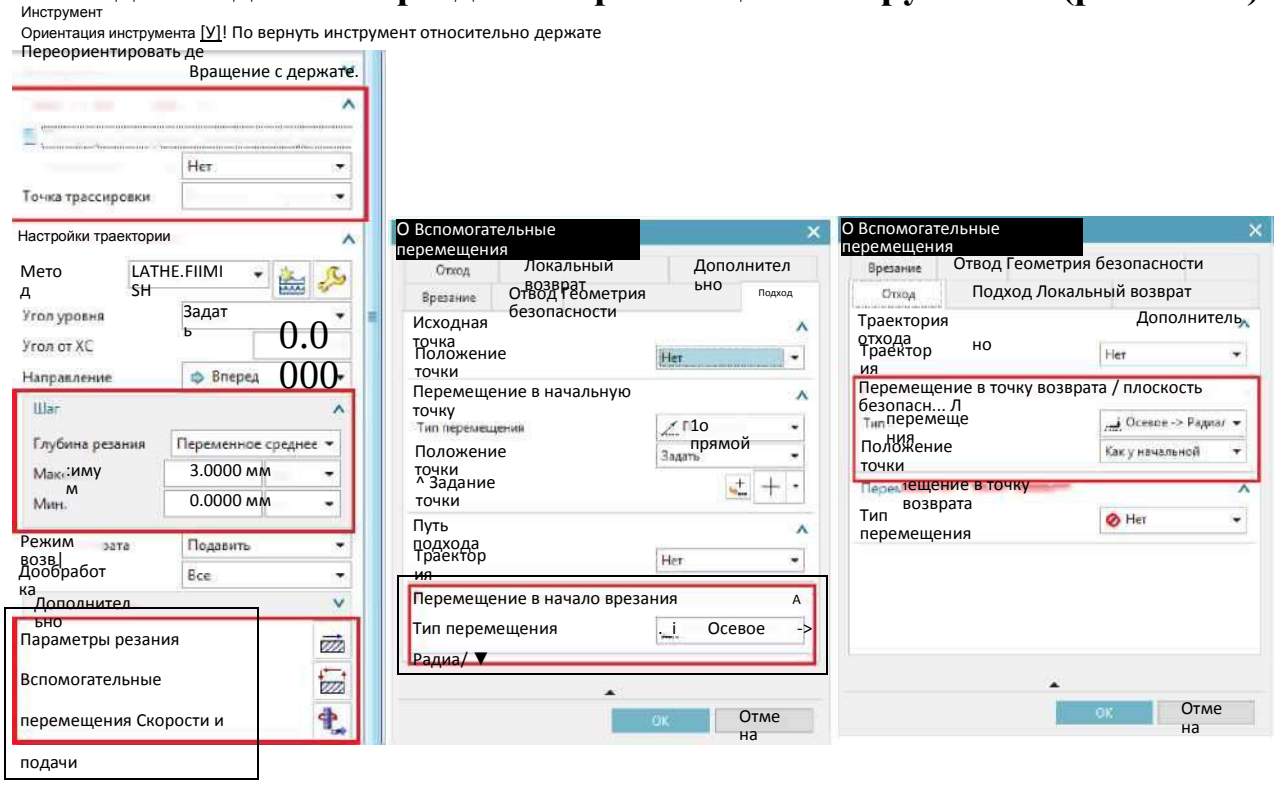
Создаем переход по шаблону, показанному на рисунке 4.12 а.



а) б)

Рис. 4.12. Создание шаблона обработки

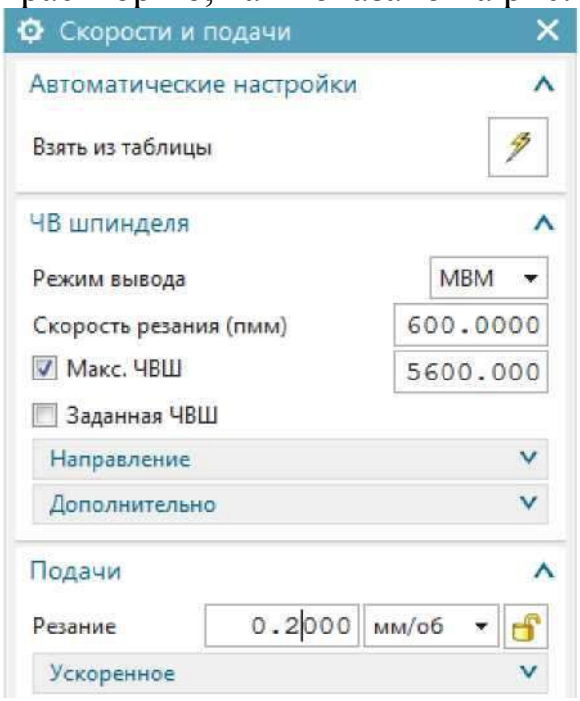
Задаем регион обработки, ограничивая область резания осевой плоскостью (рис. 4.12 б). Как отсюда видно, инструмент нужно повернуть относительно держателя (повернуть зеркально), что и необходимо сделать в разделе «Ориентация инструмента» (рис. 4.13а).



Глубину резания в соответствии с режимами резания оставляем, как она идет по умолчанию - 3 мм (рис. 4.13а). В параметрах резания оставляем настройки по умолчанию. Следующим шагом переходим к настройкам вспомогательных перемещений. Здесь изменяем подход и отход (рис. 4.13 б, в).

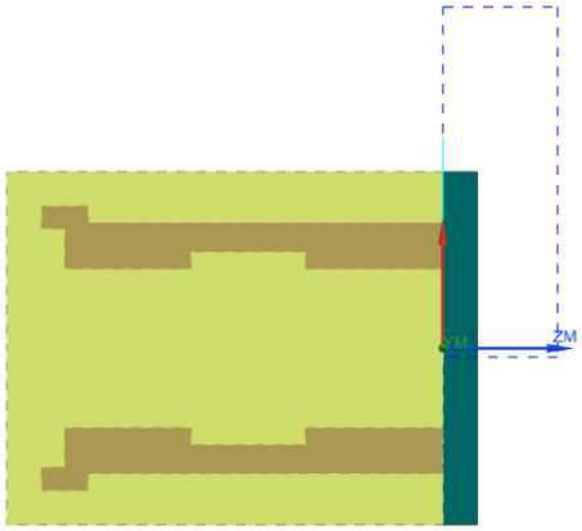
В окне «Скорости и подачи» задаем режимы резания в соответствии с таблицей 4.3 и ограничения по оборотам шпинделя в соответствии с характеристиками станка (задаем частоту вращения на 20% ниже, чем по паспорту станка) (табл. 4.1) как показано на рис. 4.14 а.

После этого осуществляем генерацию траектории. Получаем траекторию, как показано на рис. 4.14 б.



а)

Рис. 4.13. Задание настроек траектории (подрезка торца)



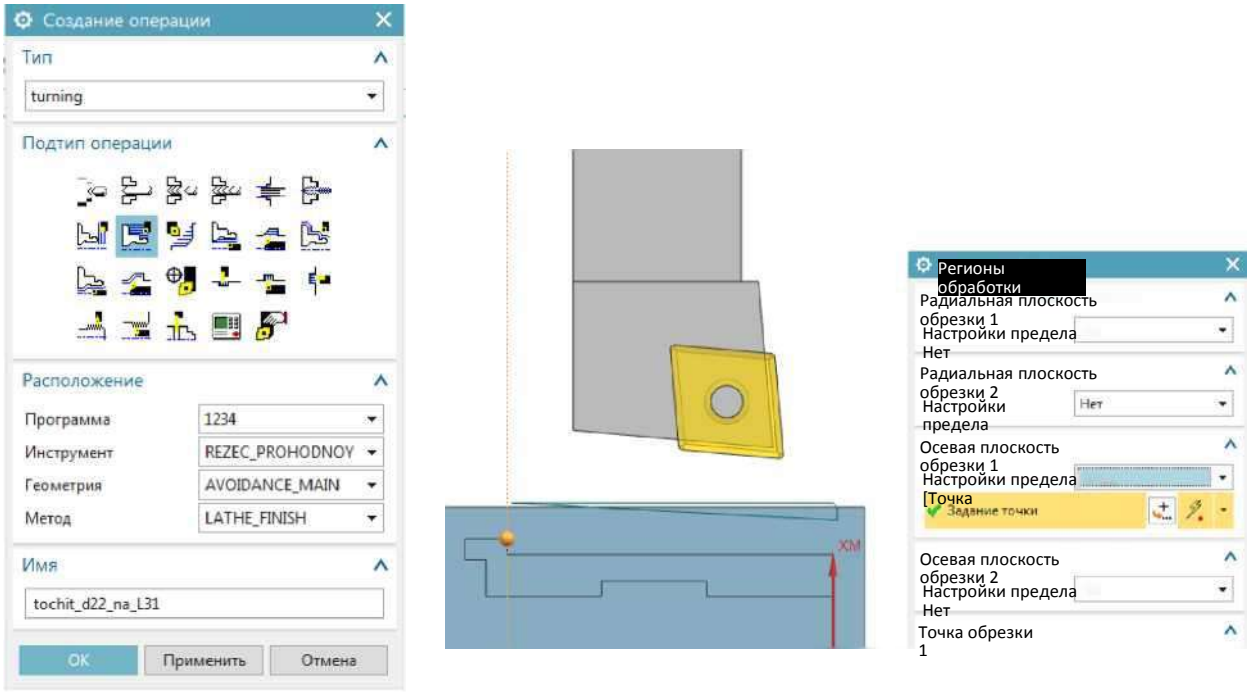
б)

Рис. 4.14. Режимы резания и сгенерированная траектория

3.2 Переход 2: Точить 022h14(.$_{o}$,52) на длину 31js14(±0,25).

Инструмент: Резец в STATION_o1.

Создаем переход по шаблону, показанному на рисунке 4.15 а. Задаем регион обработки, ограничивая область резания осевой плоскостью (рис. 4.15 б), в радиальном направлении уже имеется ограничение самой обрабатываемой поверхностью. Как отсюда видно, инструмент нужно повернуть относительно держателя (повернуть зеркально), что и необходимо сделать в разделе «Ориентация инструмента» (рис. 4.16 а).



б)

Рис. 4.15. Создание шаблона обработки (наружное точение 022)

Далее в общем окне настроек изменяем Шаг - Глубина резания на 3 мм (рис. 4.16 а) в соответствии с режимами резания. В параметрах резания оставляем настройки по умолчанию. Следующим шагом переходим к настройкам вспомогательных перемещений. Здесь изменяем подход и отход (рис. 4.16 б, в).

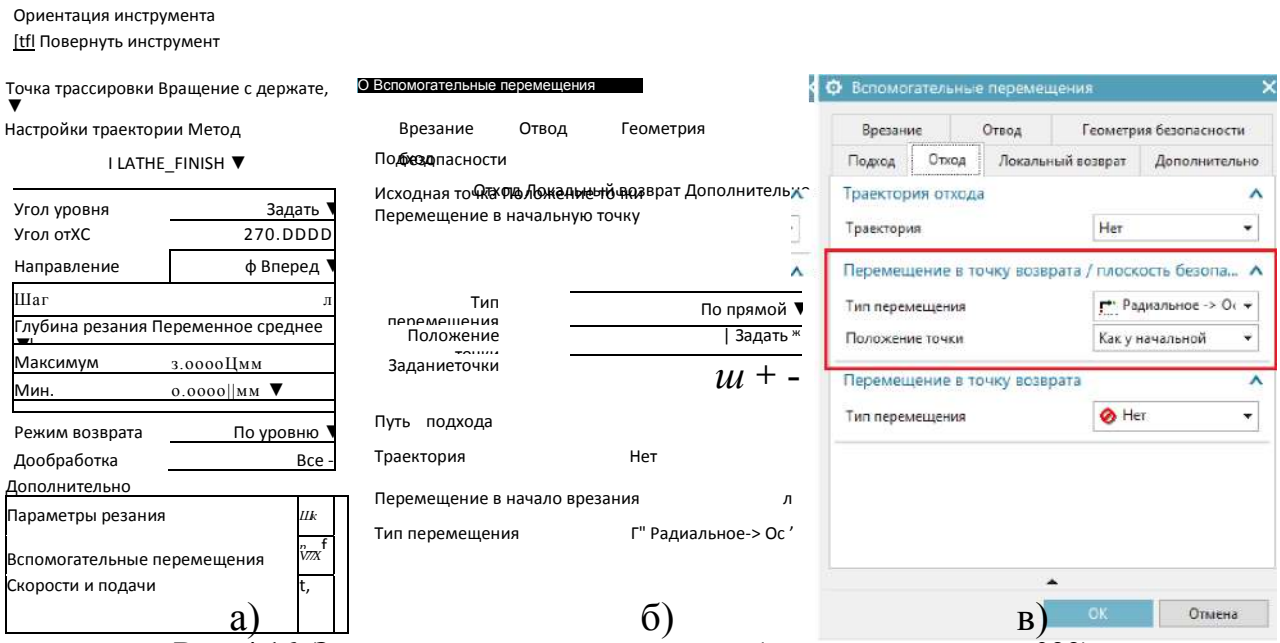


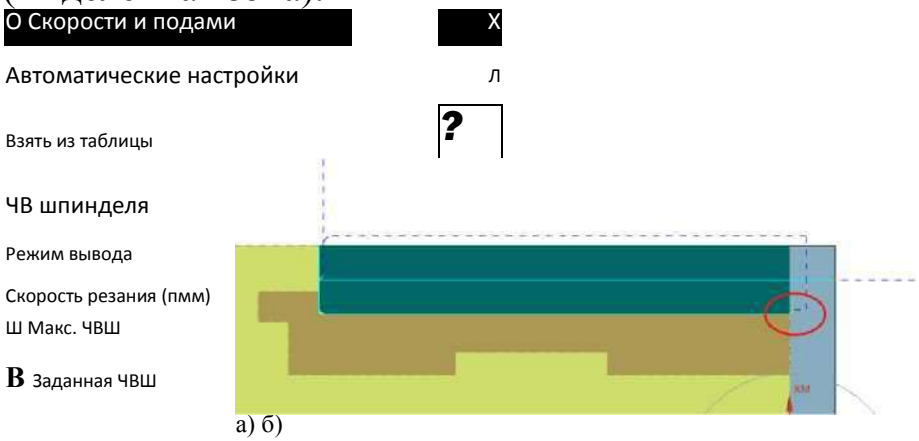
Рис. 4.16. Задание настроек траектории (наружное точение 022)

Рис. 4.13. Задание настроек траектории (подрезка торца)

относительно держате

Переориентироватьде Нет ▼

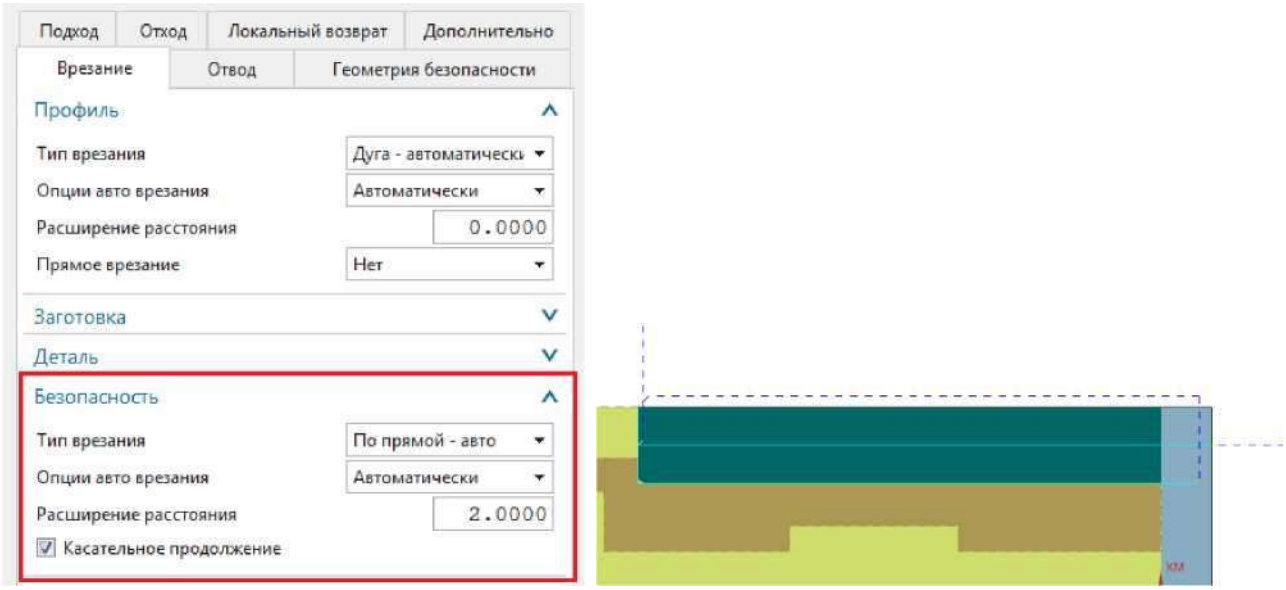
В окне «Скорости и подачи» задаем режимы резания в соответствии с таблицей 4.3, так же, как и при подрезке торца, как показано на рис. 3.17 а. После этого осуществляем генерацию траектории. Получаем траекторию, как показано на рис. 4.17 б. Как видно из представленной траектории на последнем проходе наблюдается очень маленькая длина отрезка врезания (выделенная зона).



а) б)

Рис. 4.17. Режимы резания и сгенерированная траектория (предварительная)

В связи с этим переходим к настройкам во вспомогательные перемещения в раздел врезание и задаем настройки, как показано на рисунке 4.18 а, т.е. расширяем безопасное расстояние. Получаем



а) б)

скорректированную траекторию при генерации (рис. 4.18 б).

3.3 Переход 3: Сверлить отверстие 010H14 на глубину 40±1.

Инструмент: Сверло в STATION_02.

Т.к. соотношение длины отверстия L к его диаметру D равно 4, применяем стратегию сверления с ломкой стружки (рис. 3.33). Создаем переход по шаблону, показанному на рисунке 4.19.

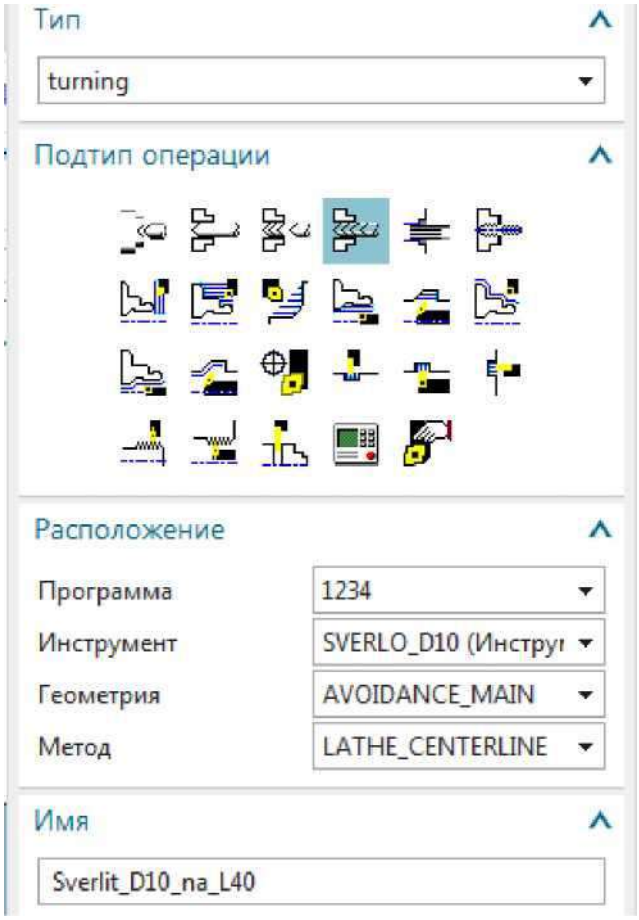


Рис.4.19. Создание шаблона обработки (Сверление 010)

После этого переходим к настройкам в основном окне. Здесь в первую очередь задаем параметры удаления стружки, а именно «Постоянное приращение» (2D = 20 мм), расстояние отвода задаем 3 мм (рис. 4.20).

В настройках «Начальная точка и глубина» в качестве начальной позиции задаем точку на торце детали, а конечную позицию определяем глубиной (в соответствии с описанием перехода). Задаем параметр глубины расстояние - 40 мм по цилиндрической части инструмента (рис. 4.20).

Рис. 4.18. Настройка безопасного врезания и окончательная траектория

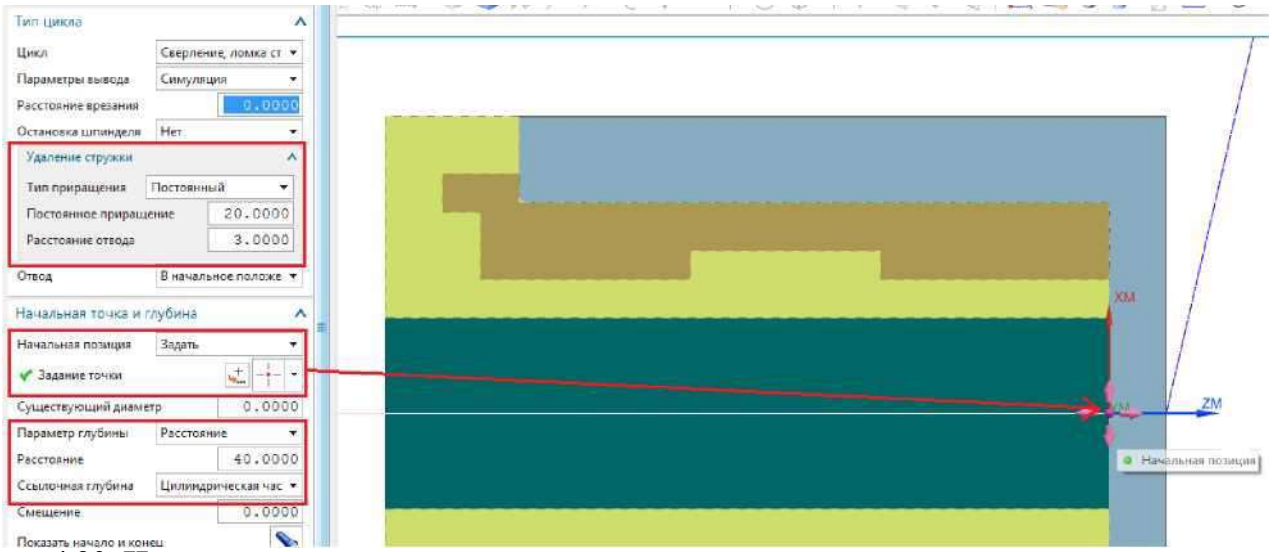
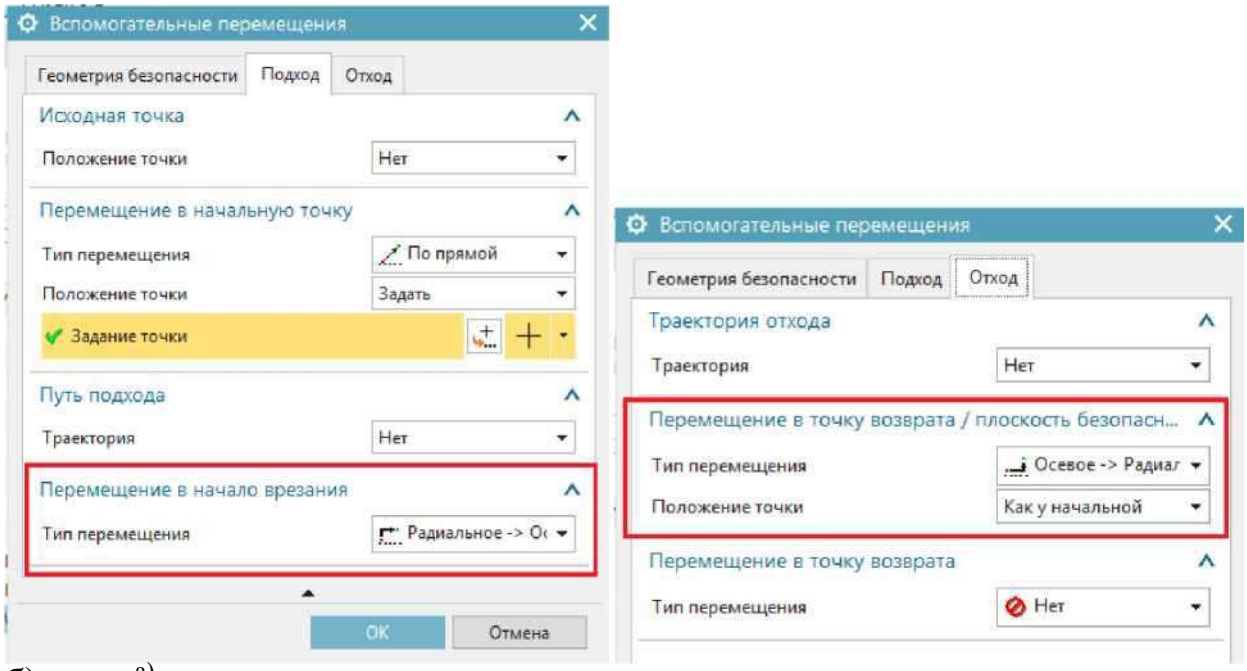
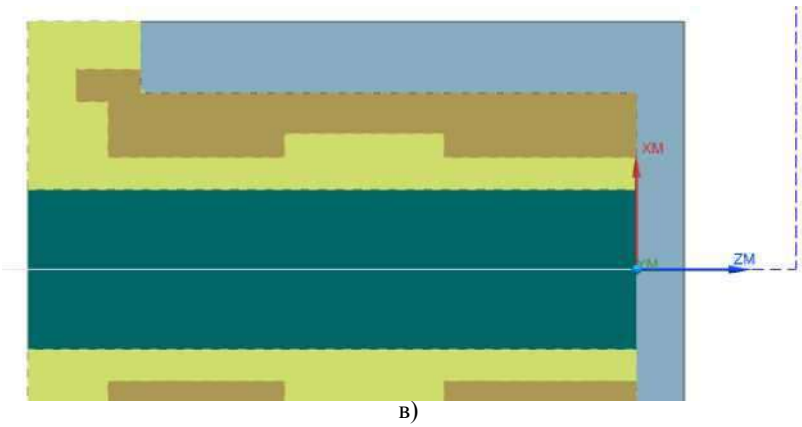


Рис. 4.20. Настройка траектории при сверлении

Во вспомогательных перемещения задаем настройки подхода и отхода, как показано на рисунке 4.21 а и б. После этого генерируем траекторию (рис. 4.21 в).



а) б)



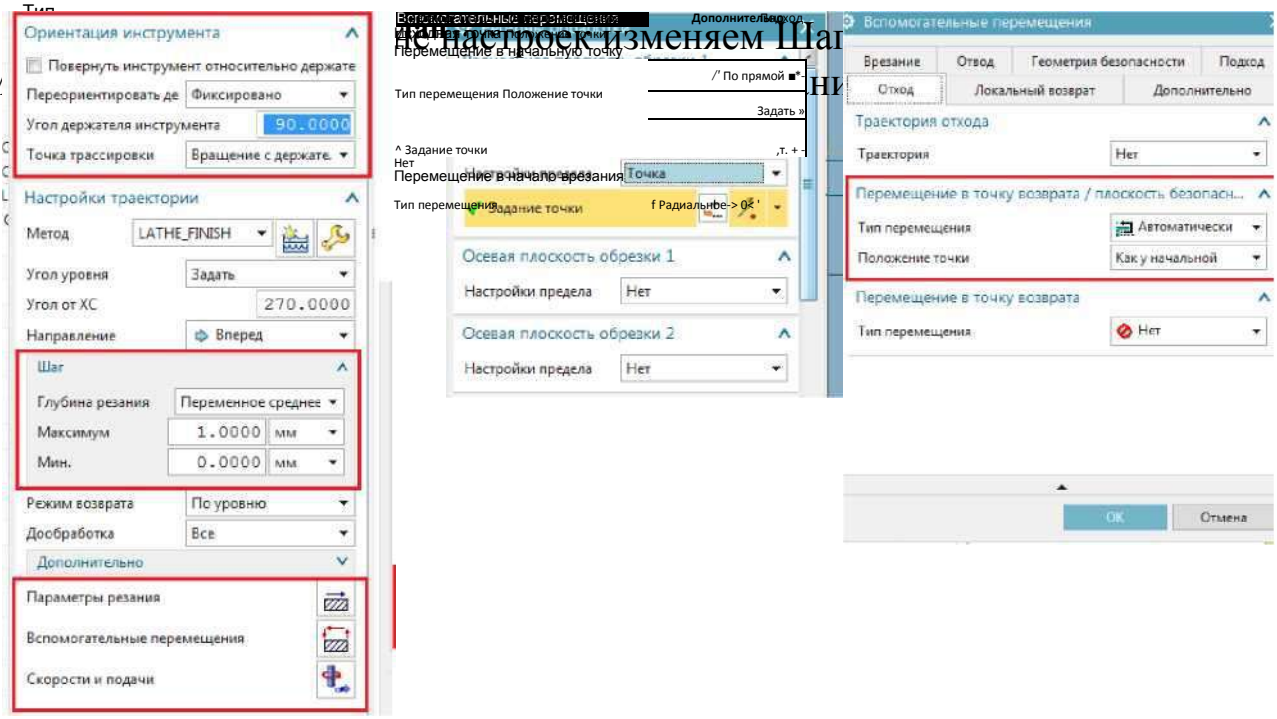
в)

Рис. 4.21. Настройка вспомогательных перемещений и генерация
траектория (сверление)

3.4 Переход 4: Расточить 014И12($+^{0,18}$) на проход.

Инструмент: Резец в STATION_03.

Создаем переход по шаблону, показанному на рисунке 4.22 а. Задаем регион обработки, ограничивая область резания радиальной плоскостью (рис. 4.22 б). Как видно, инструмент нужно переориентировать на 90°, что и необходимо сделать в разделе «Ориентация инструмента» (рис. 4.23 а).

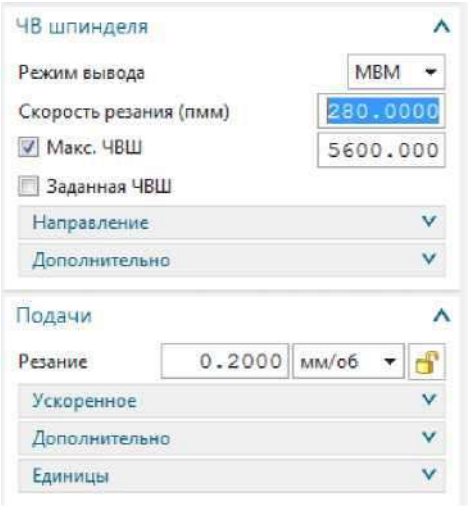


а) б) в)

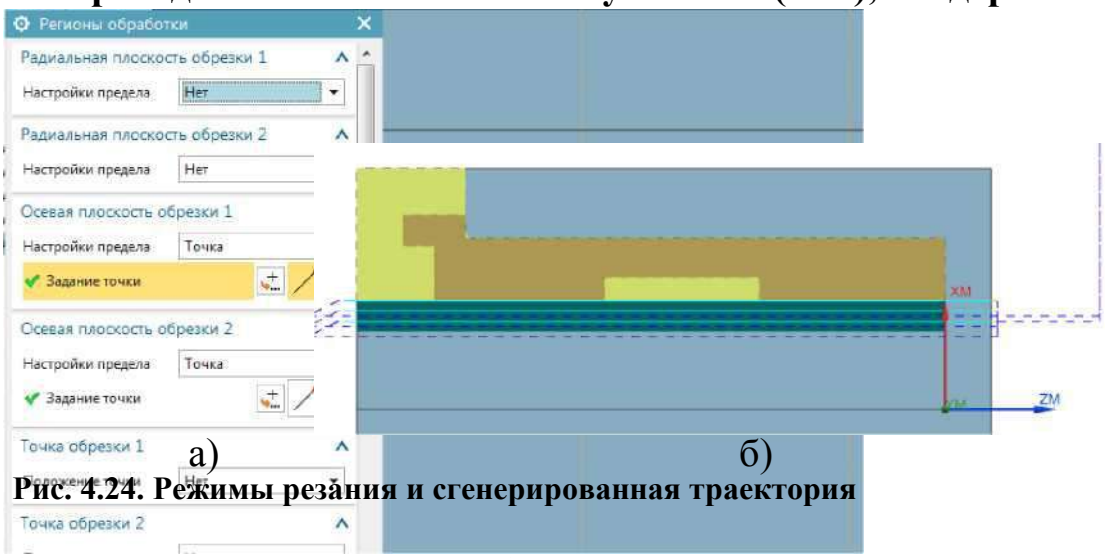
Рис. 4.23. Задание настроек траектории (растачивание 014)

В параметрах резания оставляем настройки по умолчанию. Следующим шагом переходим к настройкам вспомогательных перемещений. Здесь изменяем подход и отход (рис. 4.23 б, в).

В окне «Скорости и подачи» задаем режимы резания в соответствии с таблицей 4.3, как показано на рис. 4.24 а. После этого осуществляем генерацию траектории. Получаем траекторию, как показано на рис. 4.24 б.



3.5 Переход 5: Расточить канавку 017И14($+^{0,43}$), выдерживая размеры



а) б)

Рис. 4.24. Режимы резания и сгенерированная траектория

а) б)

Рис. 4.25. Создание шаблона обработки (растачивание канавки)

10js16(±0,45) и 12js15(±0,35).

Инструмент: Резец в STATION_04.

Создаем переход по шаблону, показанному на рисунке 4.25 а. Задаем регион обработки, ограничивая область резания двумя осевыми плоскостями (по граням канавки) (рис. 4.25 б), нужным образом ориентируем инструмент в разделе «Ориентация инструмента» (рис. 4.26 а).

Далее в общем окне настроек изменяем стратегию обработки (рис. 4.26 а), и как было сказано, ориентацию инструмента. Следующим шагом переходим к настройкам вспомогательных перемещений. Здесь изменяем подход и отход, аналогично настройкам, приведенным на рис. 4.23 б, в.

Д1

Расположение Л

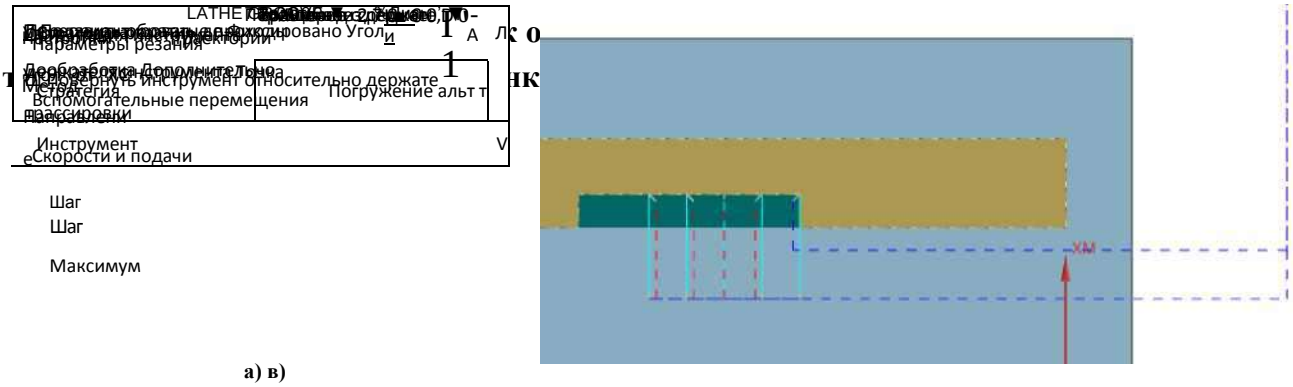
Программа 11234 ▼

Инструмент RASTOCHNOY_KANA

Геометрия AV OID AN C E_M AIN
Метод LATHE.GROOVE ▼ |

Имя Л

rastochit kanavku
1 ----------



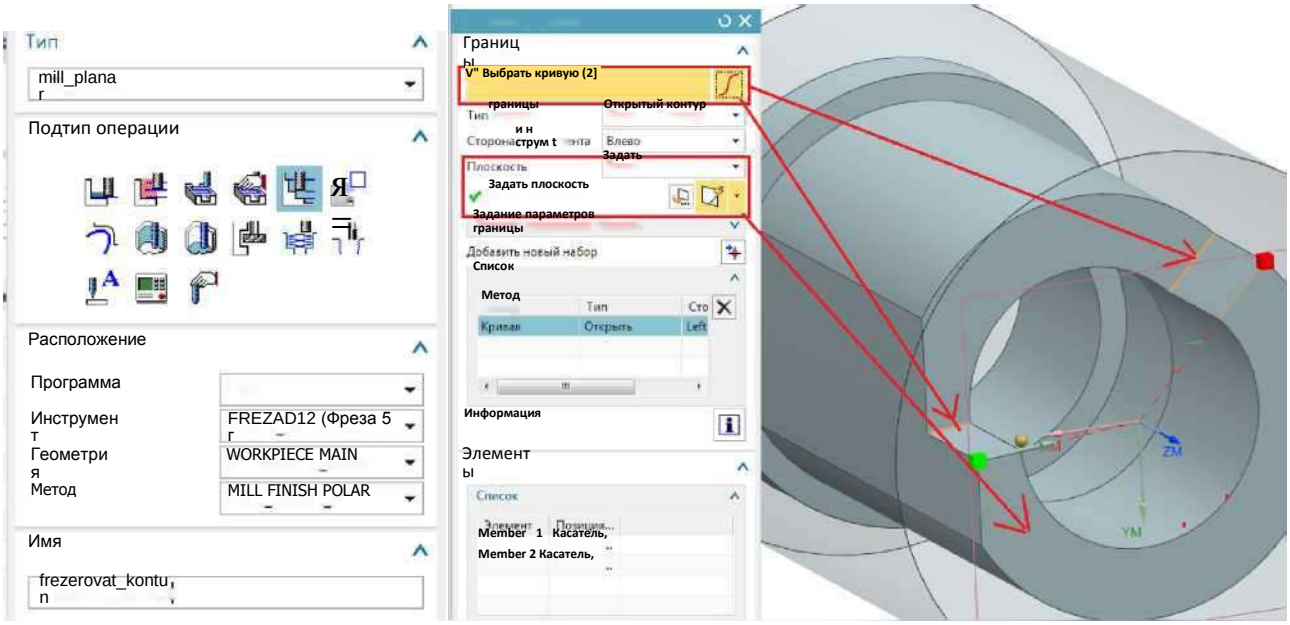
а) в)

Рис. 4.26. Задание настроек траектории, режимов резания и траектория (Растачивание канавки)

3.6 Переход 6: Фрезеровать контур, выдерживая размер 7js16(±0,45) и углы 120° и 5°.

Инструмент: Резец в STATION_05.

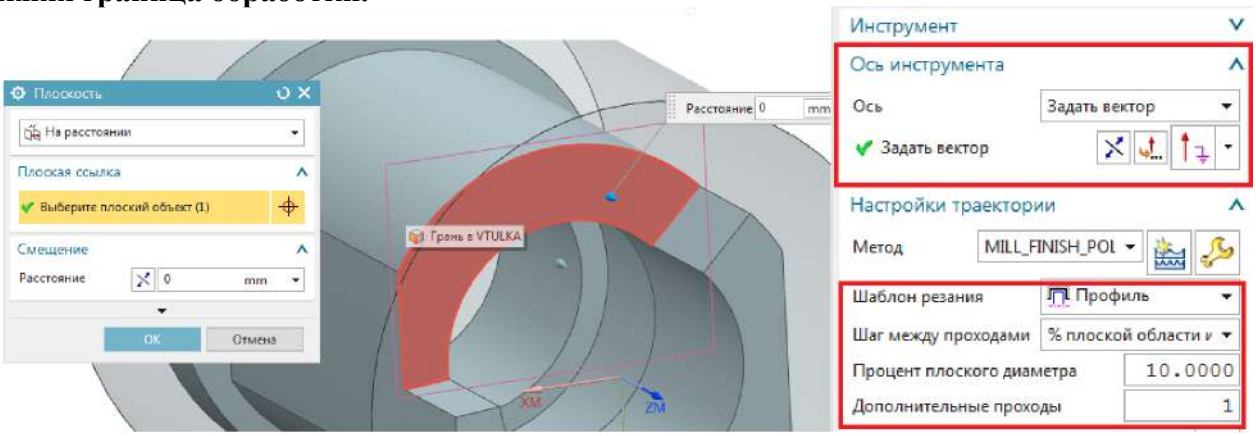
Создаем переход по шаблону, показанному на рисунке 4.27 а. Задаем границы детали, где в качестве плоскости показываем торец детали - верхняя граница обработки и в качестве границ выбираем 2 кривые, как покамзано на рис. 4.27 б, которые проецируются на заданную плоскость. Тип границы при этом - открытая, сторона инструмента - влево.



а) б)

Рис. 4.27. Создание шаблона обработки и границ детали

В качестве дна кармана выбирается нижняя обрабатываемая грань (рис. 4.28 а) - нижняя граница обработки.



а) б)

Рис. 4.28. Выбор дна кармана и настройка траектории

После этого в общих настройках указываем направление оси инструмента (перпендикулярно дну кармана), а также задаем дополнительный проход (чистовой) в 10% от диаметра инструмента. Шаблон резания - профиль.

После чего переходим к настройкам уровней резания (глубины резания) и задаем настройки в соответствии с выбранными режимами резания (рис. 4.29 а). Задаем режимы резания (скорость резания и подача минутная), неизвестные параметры получаем расчетом (рис. 4.29 б). После задания всех параметров осуществляем генерацию траектории (рис. 4.29
в).

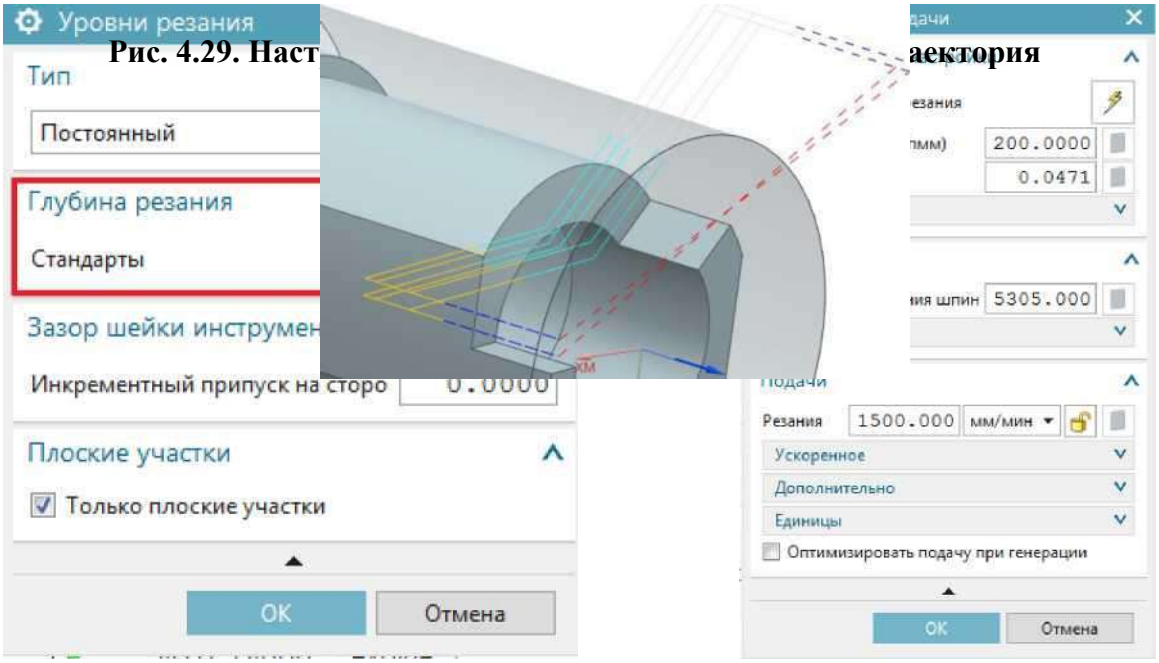


Рис. 4.29. Наст

а) б)

3.7 Переход 7: Фрезеровать 2 лыски в размер 19h12($_{-021}$).

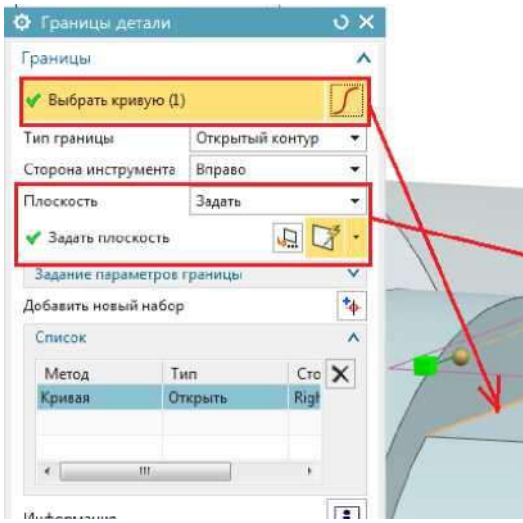
Инструмент: Резец в STATION_05.

Создаем переход по шаблону, показанному на рисунке 4.30 а. Задаем границы детали, где в качестве плоскости показываем плоскость касательную к диаметру - верхняя граница обработки и в качестве границ выбираем кривую, как показано на рис. 4.30 б, которая проецируются на заданную плоскость. Тип границы при этом - открытая, сторона инструмента - вправо.

В качестве дна кармана выбирается нижняя обрабатываемая грань (плоскость лыски) - нижняя граница обработки. После этого в общих настройках указываем направление оси инструмента (перпендикулярно дну кармана), а также задаем дополнительные проходы в 70% от диаметра

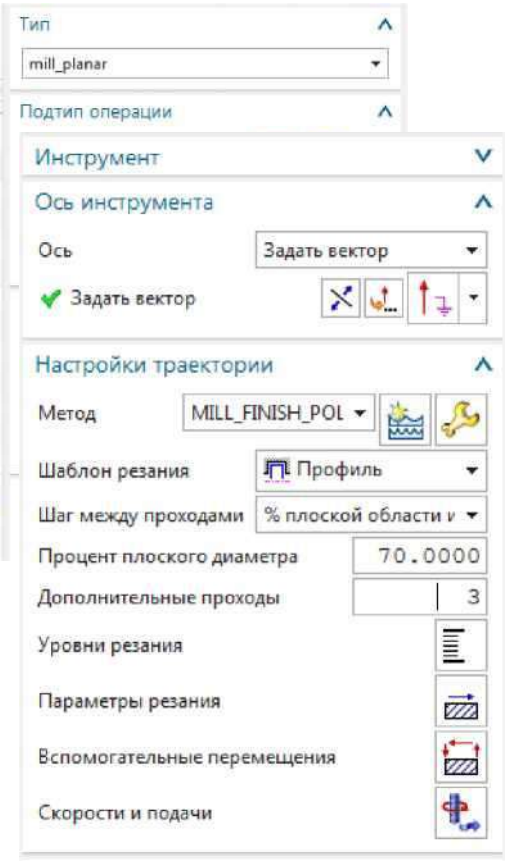
инструмента, 3 дополнительных прохода (получено по расчету). Шаблон

резания - профиль. Глубину резания задаем аналогично настройкам, приведенным на рис. 4.29 а. Вводим режимы резания, аналогично представленному на рис. 4.29 б.



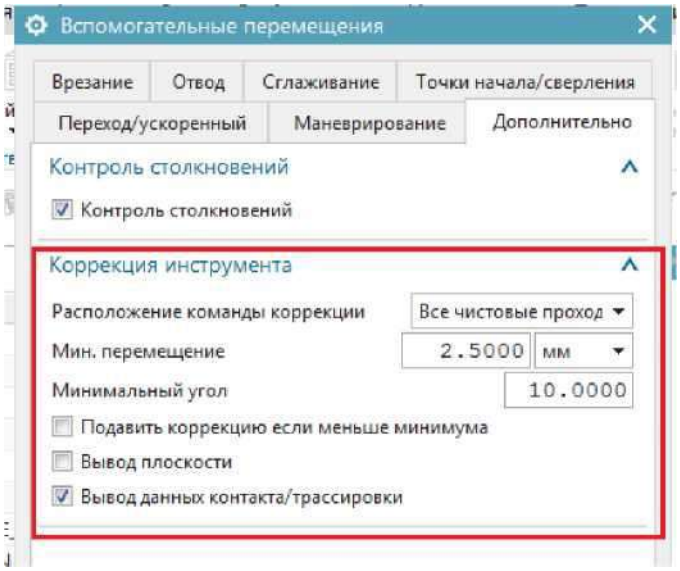
а) б)

Рис. 4.30. Создание шаблона обработки и границ детали (фрезе лыски)



а)

Во вспомогательных перемещениях задаем коррекцию инструмента во вкладке дополнительно (рис. 4.31 б). После этого генерируем траекторию. Получаем траекторию, как показано на рис. 4.32.



б)

Рис. 4.31. Настройка траектории при фрезеровании лыски

Т.к. вторая лыска симметрична первой, относительно оси детали, можно осуществить преобразование траектории. Для этого встаем на созданную траекторию в виде геометрии (рис. 4.33) нажимаем правой кнопкой мыши и выбираем «Объект» - «Отражение» (рис. 4.33 а). В открывшемся окне в качестве плоскости отражения выбираем плоскость YoZ (рис. 4.33 б) и задаем необходимые настройки, после чего сохраняем. Таким образом создается зеркальная траектория.

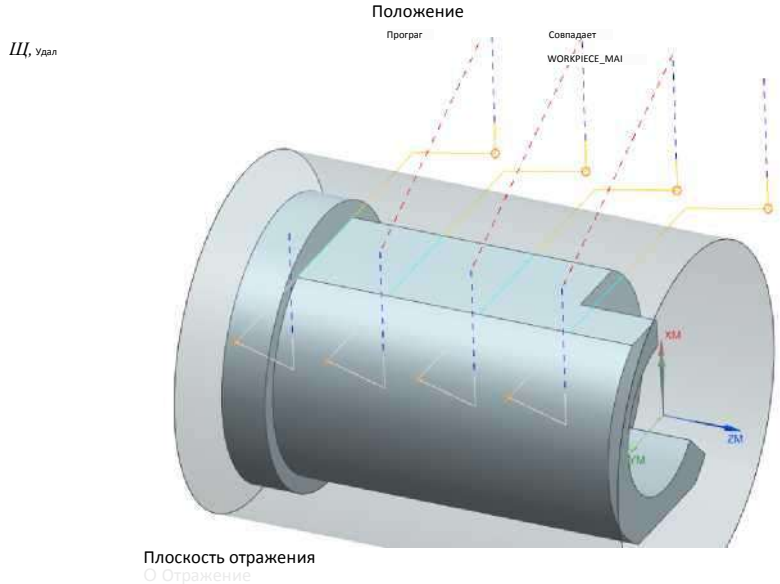
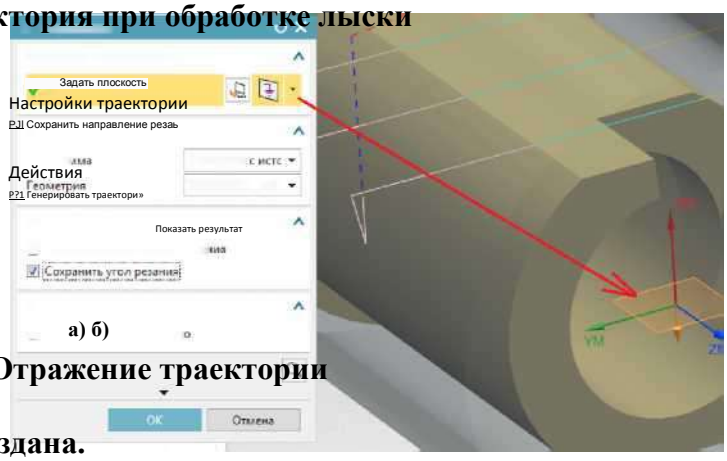


Рис. 4.32. Траектория при обработке лыски



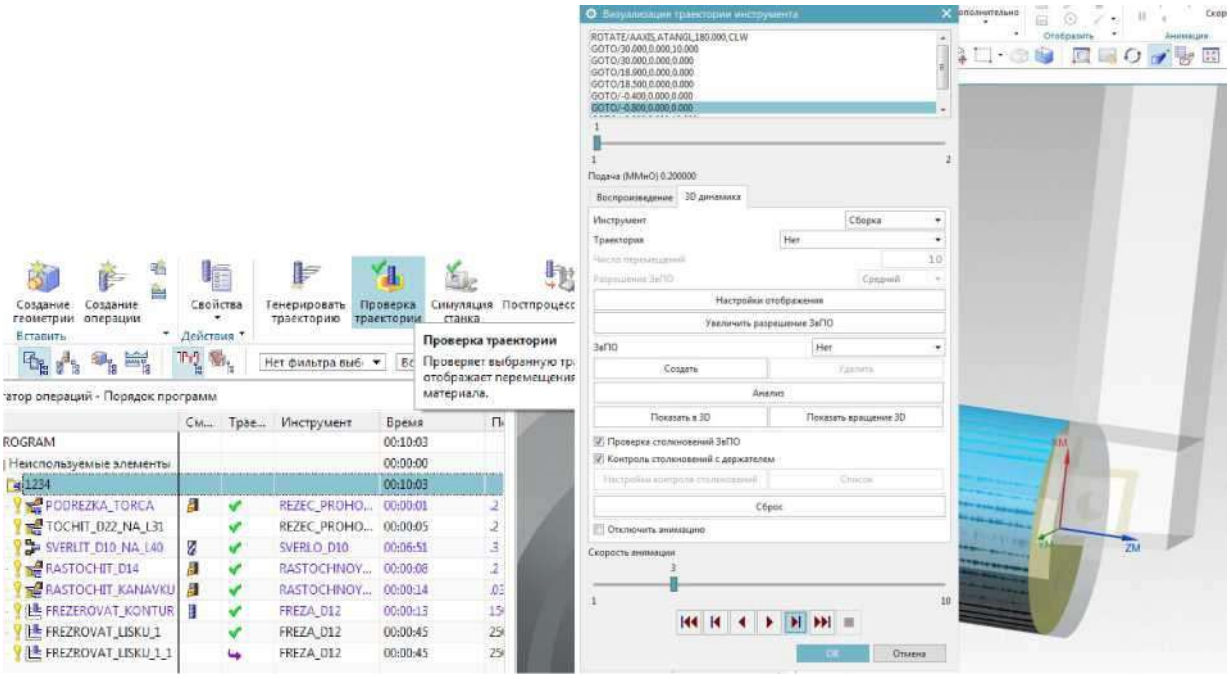
а) б)

Рис. 4.33. Отражение траектории

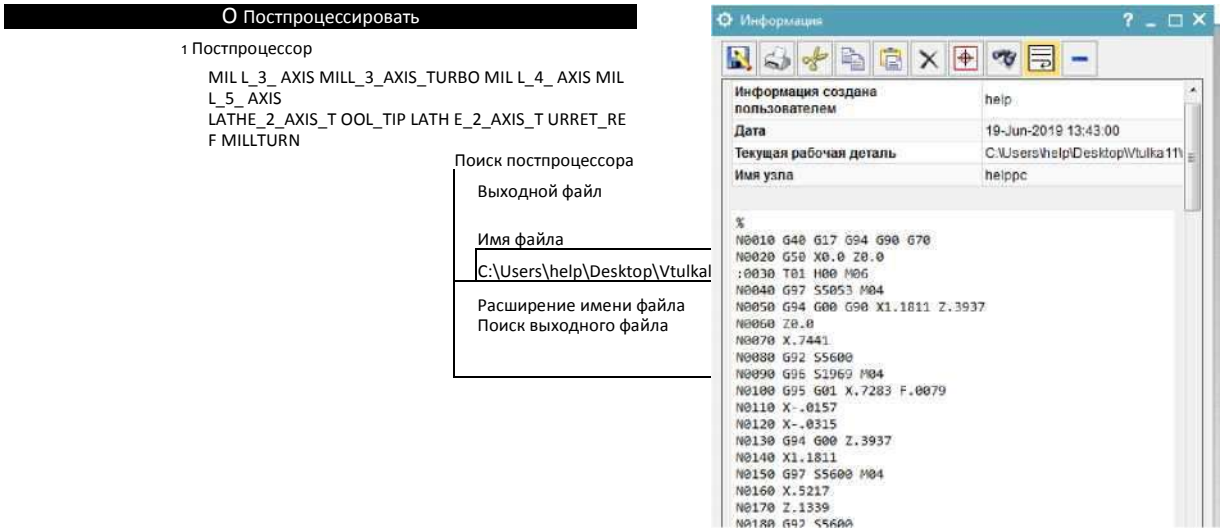
Таким образом вся обработка создана.

4. Проверка траекторий. Постпроцессирование.

После создания всех переходов переходим в вид программ. Проверяем, чтобы последовательность переходов была правильной. Далее осуществляем генерацию всех траекторий для проверки корректности управляющей программы. Для этого встаем на заголовок программы (по умолчанию «1234») и выбираем проверку траектории (рис. 4.34 а), после чего пошагово ее воспроизводим (рис. 4.34 б).



После этого осуществляем постпроцессирование (вывод программы). при этом выбираем папку, в которую будет сохранена прогамма и ее имя и выбираем сам постпроцессор (рис. 4.35 а). После постпроцессирования выводиться сама программа (рис. 4.35 б).



а) б)

Рис. 4.35. Постпроцессирование и вывод программы

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

Практическая (лабораторная) работа по программированию станков с ЧПУ является частью выпускной квалификационной работы (ВКР) и выполняется на основе курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения».

Объем работы: Количество переходов для написания управляющей программы согласовывается с руководителем курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения» и преподавателем практических работа по программированию и как правило количество переходов выбирается в интервале от 3-х до 6-ти в зависимости от сложности.

Требования к оформлению.

Отчет оформляется на листах формата А4 в приложении Microsoft Word 14 шрифтом с 1,5 интервалом. Оформление материалов работы должно быть выполнено с учетом требований стандарта предприятия «СК-СТ01-У-373-16—П. Общие требования к оформлению
пояснительных записок и чертежей дипломных и курсовых проектов» (см. на сайте www.nntu.ru).

Отчет в обязательном порядке должен содержать титульный лист (Приложение), содержание, основную часть, выводы по работе, список используемой литературы.

Основная часть отчета по практической работе по программированию должна содержать:

1. Исходные данные для разработки управляющей программы (заполняется аналогично примеру, приведенному в главе 4). Данный пункт должен содержать следующую информацию:

1.1 Материал детали;

1.2 Объем выпуска;

1.3 Чертеж детали и заготовки (согласно заданию на выпускную квалификационную работу (ВКР);

1.4 3D модель детали и заготовки;

1.5 Информация по применяемому оборудованию (технические характеристики станка);

Данный пункт рекомендуется оформить в виде таблицы 5.1.

Табл. 5.1. Информация по применяемому оборудованию _____

Наименование оборудования: _____

_____*Дается изображение общего вида станка*_____

Параметр	Значение
_____ Технические характеристики оборудования (станка)	

1.6 Технологический процесс обработки детали (фрагмент ТП на который разрабатывается управляющая программа);

Данный пункт рекомендуется оформить в виде таблицы 5.2. Табл. 5.2. Технологический процесс обработки детали

Этап обработки	Опер-ия, установ	Переход	Точность (IT) и Шероховатость (Ra)

1.7 Информация по режущему инструменту и режимам резания; Данный пункт рекомендуется оформить в виде таблицы 5.3.

Табл. 5.3. Информация по применяемому режущему инструменту и режимам резания

Переход	Артикул инструмента	Режимы ■ эезания		
		t, мм	SotS,™) мм/об (мм/мин)	V, м/мин

2. Создание проекта обработки (аналогично примеру в главе 4).

3. Создание переходов по обработке детали.

Данный пункт формируется исходя из примера, приведенного в главе 4, а также рекомендаций приведенных в главе 3 Подробно расписывается процесс создания траектории для каждого перехода.

4. Проверка траекторий. Постпроцессирование.

Данный пункт формируется исходя из примера, приведенного в главе 4, а в конце пункта приводиться текст управляющей программы.

Оценка выполненной работы:

Оценка (зачет) по работе выставляются с учетом полноты выполненной работы и ответов на вопросы по работе.

Материалы расчетной работы могут быть выполнены в электронном виде с представлением бумажной копии и электронного носителя (CD- RW).

Приводятся данные о текстовых и графических программных средствах, использованных при оформлении материалов расчетной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены вопросы, связанные с основами создания управляющих программ для станков с ЧПУ. Рассмотрены методы создания управляющих программ, среди которых метод разработки с использованием CAM-систем является одним из наиболее распространенных в современном производстве. С использованием CAM- систем можно вести разработку управляющей программы для обработки деталей любой сложности на этапе технологической подготовки производства.

Проведен обзор имеющихся CAM-систем и их применение, как в учебном процессе, так и на предприятиях. Одной из наиболее распространенных систем является система NX обладающая широким функционалом и включающая большое количество модулей решающих широкий круг задач современного производства. В связи с этим рассмотрен интерфейс системы NX12.0, её основные модули и возможности для программирования станков с ЧПУ. Рассмотрены примеры разработки типовых операций на станках токарной и фрезерной групп.

Рассмотрен пример создания проекта по разработке управляющей программы для токарно-фрезерного станка. Приведены исходные данные, примеры создания режущего инструмента различных групп, а также создание и настройка отдельных операций. Представлены требования к оформлению отчета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Информационно-аналитический электронный журнал «Планета CAM» [Электронный ресурс]. URL: http://planetacam.ru (дата обращения: 20.06.2019) .
2. SINUMERIK Operate. SinuTrain Учебное пособие по токарной обработке с ShopTurn (2010) [Электронный ресурс]. URL: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/450/43908450/att 81121/v1/TUST 0510 ru ru-RU.pdf (дата обращения: 20.06.2019).
3. SINUMERIK Operate. SinuTrain Учебное пособие по фрезерной обработке с ShopMill (2009) [Электронный ресурс]. URL: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/295/41131295/att 80704/v 1/TUSM 1209 ru ru-RU.pdf (дата обращения: 20.06.2019).
4. ГОСТ 20999-83 Устройства числового программного управления
для металлообрабатывающего оборудования. Кодирование информации управляющих программ.
5. G-code [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/G-code (дата обращения: 20.06.2019).
6. Пайвин А.С., Чикова О.А. Основы программирования станков с ЧПУ [Текст]: Учебное пособие «Основы программирования станков с ЧПУ» для студентов направления подготовки: Технология и предпринимательство (для ООП «050100.62 - Педагогическое образование») внутривузовский компонент / Урал.гос. пед. ун-т. - Екатеринбург, 2015. - 102с.
7. ГОСТ 23597-79 Станки металлорежущие с числовым программным управлением. Обозначение осей координат и направлений движений. Общие положения.
8. Обзор российского рынка CAM за 2016 год. Ловыгин А. [Электронный ресурс]. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article num=19045 (дата обращения: 20.06.2019) .
9. Autodesk CAM [Электронный ресурс]. URL: http://inventorhsm.ru/ (дата обращения: 20.06.2019).
10. ADEM [Электронный ресурс]. URL: https://adem.ru/forstudy/materials/ (дата обращения: 20.06.2019).
11. Обзор NX CAM [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/NX CAM (дата обращения: 20.06.2019).
12. Параграф 8. Программирование ЧПУ. Коррекция на радиус. [Электронный ресурс]. URL:

http://postprocessor.su/radius compensation.html _____ (дата обращения: 20.06.2019) .

13. Ведмидь П.А., Сулинов А.В. В26 Программирование обработки в NX CAM. - М.: ДМК Пресс, 2014. - 304 с.: ил. ISBN 978-597060-143-3

14. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, В.А. Шкаберин. - 2-е изд., стер. - М. : ФЛИНТА, 2014. - 355 с.

15. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие / В.П. Должиков; Томский политехнический университет. - 2-е изд., перераб. и доп. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. - 143 с

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ А.Упоров

Методические указания по самостоятельной работе студентов по дисциплине

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Специальность

15.02.16 Технология машиностроения

программа подготовки специалистов среднего звена

Одобрена на заседании кафедры

Эксплуатация горного оборудования
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Симисинов Д.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 01.12.2022
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

Горно-механический
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)

Екатеринбург

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы: получить навыки программирования токарного станка с устройством числового программного управления (УЧПУ) «Fanuc», разработать расчетно-технологическую карту и составить управляющую программу (УП) для обработки вала на токарном станке.

Необходимое оборудование, инструменты и приборы: чертеж детали, инструкция по программированию EMCO WinNC FANUC 21 TB, компьютер.

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ИНСТРУКЦИИ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

2.1. Структура программы

Управляющая программа представляет собой последовательность простейших команд, таких как линейное и круговое перемещения инструмента в заданные координаты, включение – отключение вращения шпинделя, изменение частоты вращения шпинделя, подачи и др. Управляющая программа является последовательностью программных кадров, сохраненных в системе управления. При выполнении обработки детали эти кадры считываются и проверяются компьютером в запрограммированном порядке. Соответствующие управляющие сигналы поступают на станок.

Управляющая программа ЧПУ состоит из:

- номера программы;
- кадров управляющей программы;
- слов;
- адресов;
- числовых комбинаций (для адресов осей частично со знаком).

2.2. Назначение и адреса УЧПУ «Fanuc»

УЧПУ «Fanuc» - устройство типа CNC, предназначенное для оперативного управления станками с ЧПУ. Программа набирается на ЭВМ, подключенной к станку с ЧПУ, и хранится на жестком диске ЭВМ. В каждом кадре управляющей программы может быть использована только одна функция (слово).

2.3. Применяемые адреса функций:

O – номер программы от 1 до 9499 для программ обработки и подпрограмм;
N – номер кадра от 1 до 9999;
G – подготовительная функция;
X, Z – координаты точки в системе отчета станка;
F – скорость подачи, шаг резьбы;
S – скорость вращения шпинделя, скорость резания;
T – вызов инструмента и коррекции на него;
M – вспомогательная функция;
; – конец блока (кадра, программы).

2.4. Система координат токарного станка

На токарном станке EMCO Consept Turn 55 используется двух координатная система перемещений (рис. 1): продольная – ось заготовки (координата **Z**) и поперечная (координата **X**). Для удобства пользователя значение по координате **X** задается диаметром. Это дает возможность сравнивать истинный размер непосредственно с размерами на чертеже.

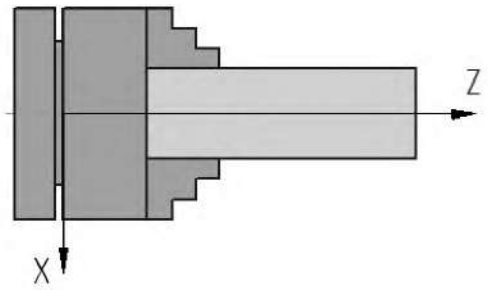


Рис.1. Система координат токарного станка

2.5. Применяемые подготовительные функции

G00 – ускоренное перемещение;
G01 – линейная интерполяция;
G02 – круговая интерполяция по часовой стрелке;
G03 – круговая интерполяция против часовой стрелки;
G94 – подача в мм/мин;
G95 – подача в мм/об.

2.6. Размерные перемещения

Размерные перемещения исходно задаются в абсолютной системе отчета. Дискретность перемещений – **0,001** мм по обеим осям.

2.7. Программирование перемещений по дуге окружности

Формат

N… G02 (G03) X… Z… R… F…

X, Z – конечная точка дуги;

R – радиус дуги;

F – скорость подачи.

Инструмент перемещается в конечную точку вдоль установленной дуги с запрограммированной скоростью подачи. На рис. 2 показано перемещение инструмента по дуге окружности против часовой стрелки (по **G03**).

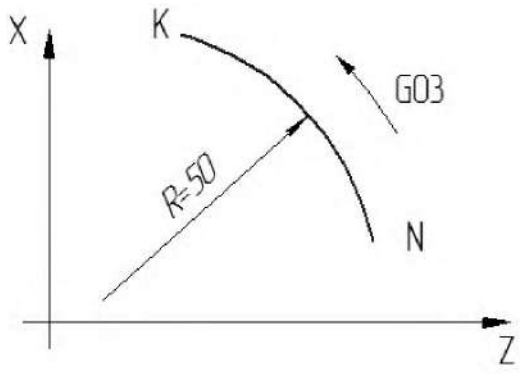


Рис. 2. Определение направления перемещения по дуге окружности

Примечание:

• ввод **R** с положительным знаком дает дугу < 180˚, с отрицательный знаком дает дугу > 180˚ (рис. 3).

• полная окружность не может быть запрограммирована при помощи R.

• направление вращения для функций **G02, G03** всегда определяется над осью вращения (т.е. в первой четверти декартовой системы координат), независимо от того, как установлен инструмент на станке (над или под осью вращения).

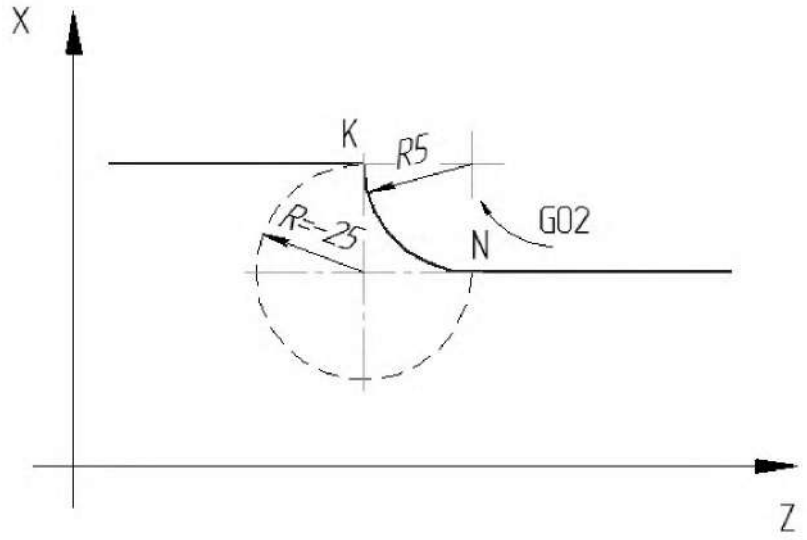


Рис. 3. К определению направления перемещения по дуге окружности

2.8. Программирование частоты вращения шпинделя

Привод станка обеспечивает бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя в пределах диапазона. Первый диапазон: 120…2000 об/мин, второй диапазон: 280…4000 об/мин. Частота вращения задаётся прямым кодом.

Например, n = 600 об/мин – ***«S600»***.

2.9. Программирование подачи

Подача по умолчанию задаётся в мм/об с дискретностью 0,01 мм/об.

Например: S_o = 0,1 мм/об – ***«F0,1»***.

Кроме этого есть возможность задавать подачу в мм/мин, используя подготовительную функцию **G94**.

Например: S_o = 100 мм/мин – ***«G94 …… F100»***.

2.10. Значение вспомогательных функций:

M02 - конец программы;
M03 - вращение шпинделя по часовой стрелке;
M04 - вращение шпинделя против часовой стрелки;
M05 - останов шпинделя;
M30 - конец управляющей программы.

Значение других вспомогательных функций можно найти в

инструкции по программированию EMCO WinNC FANUC 21 TB.

3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

РТК представляет собой траекторию перемещения инструмента при обработке детали (рис. 4), а также координаты опорных точек перемещения (рис. 5), используемый режущий инструмент и режимы резания. Перед составлением РТК необходимо определить последовательность обработки детали с назначением припусков на обработку. После этого нанести на чертеж детали траекторию перемещения режущего инструмента и определить координаты опорных точек, выбрать режимы резания (частоту вращения детали и подачу) и занести данные в таблицу РТК.

Если при обработке детали на станке с ЧПУ используется только один режущий инструмент, то его можно не вносить в таблицу.

Расчетно-технологическая карта (РТК) служит исходным документом:

- технологу-программисту для расчета управляющей программы;
- оператору станка с ЧПУ для настройки станка на обработку детали;
- конструктору (в виде технических условий) на проектирование зажимной оснастки и специального режущего инструмента.

3.1. Пример оформления расчетно-технологической карты

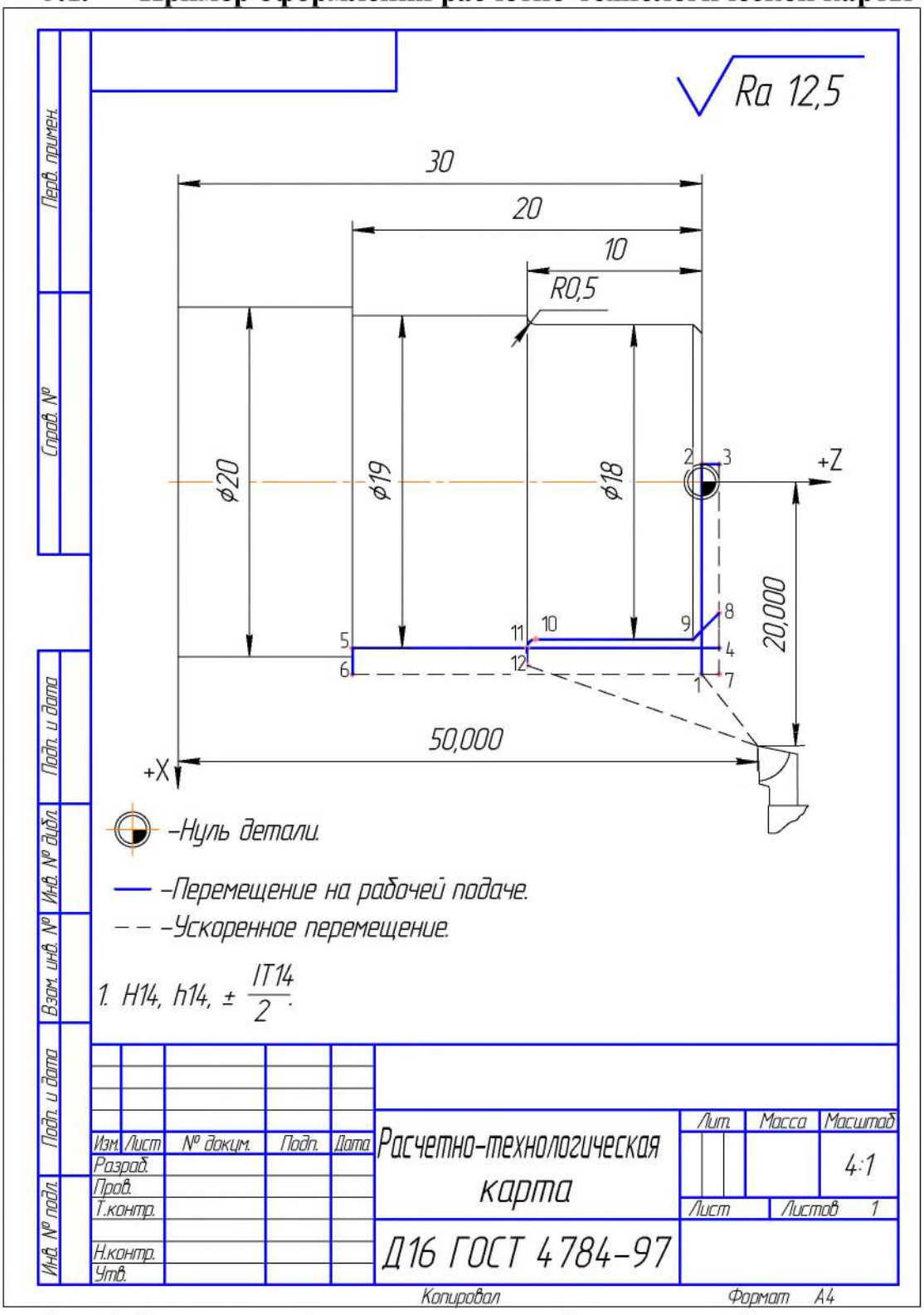


Рис. 4. Операционный эскиз, совмещенный с траекторией движения инструмента

3.1.2. Таблица координат точек и режимов резания.

№ точки	Координаты точки, мм		S, мм/об.	n, об/мин.
	X	Z		
1	22	0		2000
2	-2	0	0,12	
3	-2	1		
4	19	1		1600
5	19	-20	0,1	
6	22	-20		
7	22	1		
8	15	1		1700
9	18	-0,5	0,05	
10	18	-9,5		
11	19	-10		
12	21	-10		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Лист

Копировал | Формат А4

Рис. 5. Таблица координат точек и режимов резания

4. УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА

Кадр УП	Комментарии
O0001 (VAL);	Номер программы (название)
N5 G00 X40 Z50;	Ускоренное перемещение в точку смены инструмента
N10 T0202 (FINISHING TOOL SVJC (08));	Смена инструмента, включение корректора на инструмент
N15 M3 S2000;	Вращение шпинделя против часовой стрелки с частотой вращения 2000 об/мин.
N20 G00 X22 Z0;	Ускоренное перемещение в точку 1
N25 G01 X-2 F0.12;	Перемещение в точку 2 с подачей 0,12 мм/об.
N30 Z1;	Перемещение в точку 3
N35 G00 X19 S1600;	Ускоренное перемещение в точку 4, смена частоты вращения шпинделя на 1600 об/мин
N40 G01 Z-20 F0.1;	Перемещение в точку 5 с подачей 0,1 мм/об.
N45 X22;	Перемещение в точку 6
N50 G00 Z1;	Ускоренное перемещение в точку 7
N55 X15;	Ускоренное перемещение в точку 8
N60 G01 X18 Z-0.5 S1700 F0.05;	Перемещение в точку 9 с подачей 0,05 мм/мин. и частотой вращения шпинделя на 1700 об/мин
N65 Z-9.5;	Перемещение в точку 10.
N70 G02 X19 Z-10 R0.5;	Круговое перемещение радиусом 1 мм по часовой стрелке в точку 11.
N75 G01 X21 Z-10;	Перемещение в точку 12.
N85 M30;	Конец управляющей программы

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с инструкцией по программированию «EMCO WinNC FANUC 21 TB».
2. Определить последовательность обработки полученной детали;
3. Составить расчетно-технологическую карту;
4. Назначить режимы резания на каждый переход;
5. Составить управляющую программу для токарного станка с

ЧПУ EMCO Consept Turn 55 в коде ISO- 7bit в соответствии с РТК и инструкцией по программированию.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

6. Операционный эскиз детали с последовательностью ее обработки;
7. Назначение режимов резания;
8. Расчетно-технологическая карта.
9. Управляющая программа в коде ISO-7bit.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

10. Как задается номер инструмента?
11. Что задают подготовительные функции “G02” и “G03”?
12. Как задать обработку дуги <180°?
13. Как задается подача?
14. Для чего используются команды “M03”, “M04”, “M30”?

8. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

15. Описание программного обеспечения EMCO WinNC Fanuc 21–TB Ref.No. EN 1802 Edition H2003–7.
16. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие / В.П. Должиков. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – 112 с.: ил.
17. Программирование обработки на станках с ЧПУ: справочник / Р.И. Гжиров, П.П. Серебреницкий. – Л.: Машиностроение, 1990. – 591 с.: ил.

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров
.09.2022

Т. П. Глинникова

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ По дисциплине

«Технологический процесс и технологическая документация по сборке узлов и изделий»

Для студентов специальности 15.02.16 Технология машиностроения

Екатеринбург
2022

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ МАШИН

1.1. Машина как объект сборочного производства

Объектами производства машиностроительной промышленности являются различные машины.

Машина — это изделие, осуществляющее целесообразные движения для преобразования энергии или производства работ.

Предметы труда в процессе их производства на машиностроитель- ном предприятии называются изделиями.

Изделие — это предмет или набор предметов производства, подле- жавших изготовлению на предприятии.

Стандартами установлены следующие виды изделий.

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Узел (сборочная единица) — это часть изделия, которая собирается отдельно и в дальнейшем участвует в процессе сборки как одно целое. Применительно к сборке узел — это сборочная единица, которая может собираться отдельно от других составных частей изделия (или изделия в целом) и выполнять определенную функцию в изделиях одного назначения только совместно с другими составными частями.

Агрегат — это сборочная единица, обладающая полной взаимозаменяемостью, возможностью сборки отдельно от других составных частей изделия (или изделия в целом) и способностью выполнять определенную функцию в изделии или самостоятельно.

Объектами производства машиностроительных предприятий, кроме машин и их частей, могут быть КОМПЛЕКСЫ и КОМПЛЕКТЫ изделий.

Комплекс — это два и более специфицированных (состоящих из двух и более составных частей) изделия, не соединенные на предприятии- изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например: автоматическая линия, цех — автомат, станок с ЧПУ с управляющими панелями и т.п.

Комплект — это два и более двух изделий, не соединенных на пред- приятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, которые имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Например: комплекты запасных частей, инструмента и принадлежностей, измерительной аппаратуры, упаковочной тары и т.п.

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей делят на следующие категории:

НЕСПЕЦИФИЦИРОВАНЫЕ (детали) — не имеющие составных частей;

СПЕЦИФИЦИРОВАННЫЕ (сб. единицы, комплексы, комплекты), состоящие из двух и более составных частей.

Заключительным этапом в изготовлении изделия является сборка.

Сборка— это процесс образования разъёмных или неразъёмных соединений составных частей или изделия в целом. Сборку разделяют на узловую сборку и общую сборку.

Узловая сборка — это сборка, объектом которой является составная часть изделия.

Общая сборка — это сборка, объектом которой является изделие в целом.

Изготовление современных машин требует четкой организации технологического процесса сборки при тщательной технологической подготовке производства.

Элементы производственного и технологического процесса

Производственный процесс — это совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий.

Технологический процесс — это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

Применительно к условиям машиностроительного производства, технологический процесс — это часть производственного процесса, включающая в себя последовательное изменение размеров, формы, внешнего вида или внутренних свойств предмета производства и их контроль.

Технологический процесс сборки как узловой, так и общей делят на отдельные операции.

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Применительно к сборке операцию можно характеризовать как законченную часть технологического процесса, выполняемую над данным изделием или его сборочной единицей одним или несколькими рабочими на одном рабочем месте.

Сборочную операцию делят на переходы.

Технологический переход — законченная часть технологической операции сборки, характеризуемая постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых при сборке.

Установ — часть технологической операции сборки, выполняемая при неизменном закреплении собираемой сборочной единицы.

Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно за- крепленной собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Рабочий ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно предмета труда, сопровождаемого изменением формы, размеров, свойств предмета труда.

Вспомогательный ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента, относи- тельно предмета труда, не сопровождаемого изменением формы, размеров, свойств предмета труда, но необходимого для подготовки рабочего хода.

Вспомогательный переход — это законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров, и особых свойств предмета труда, но необходимы для выполнения технологического пере- хода.

Приём — это законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

Содержание работ, связанных с выполнением сборочных операций зависит от типа сборочного производства.

Тип сборочного производства (единичное, серийное, массовое) оказывает большое влияние на технологию и организацию процесса сборки в машиностроении.

Единичное и мелкосерийное сборочное производство характеризуется:

обширной номенклатурой изделий;

отсутствием установившейся технологии сборки;

широким использованием универсального оборудования и инструментов;

наличием высококвалифицированных рабочих; большим объёмом пригоночных работ.

В крупносерийном производстве объём работ по сборке расчленяется на составные части, выделяется узловая и общая сборка. Значительно уменьшается объём пригоночных работ. Изделия собирают сериями, повторяющимися через определенные промежутки времени.

В массовом производстве сборка одноименных изделий ведется не прерывно. Имеется четкое разделение на узловую и общую сборку. За каждым рабочим местом закреплены определенные сборочные операции. Время выполнения одной сборочной операции согласовывают с общим темпом сборки. Разрабатываются подробнейшие узловые техпроцессы и техпроцесс общей сборки. Оборудование располагается по потоку в соответствии с технологией сборки. Пригоночные работы, как правило, отсутствуют. Квалификация рабочих ниже, чем в единичном и серийном производстве.

В структуру сборочной операции в общем случае входят: подача деталей; их ориентация относительно друг друга или какой-либо одной детали; соединение; закрепление; снятие собранного узла и, наконец, контроль (возможно и наоборот — контроль, а потом снятие узла или подача его на следующую позицию сборки).

В составе технологического процесса сборки изделия в общем виде выделяют следующие основные виды работ:

подготовительные работы (деконсервирование, сортирование по размерам, укладка в соответствующую тару);

пригоночные; собственно сборочные; регулировочные; контрольные;

заправочные работы (смазка, консервирование и т.д.); демонтажные.

Как видно из данного перечня, в технологическом процессе сборки изделия имеются технологические сборочные и вспомогательные работы. К первым относят те работы, которые имеют непосредственное отношение к сборке и выполняются в сборочном цехе (собственно сборочные, регулировочные, контрольные, заправочные, демонтажные). К вспомогательным работам относят подготовительные и пригоночные работы.

Деление сборочного техпроцесса на операции требует такой организации переходов, чтобы по оперативному времени они были бы равны или кратны между собой, а при массовой поточной сборке равнялись бы или были кратны такту сборки.

2. ТОЧНОСТЬ СБОРКИ И МЕТОДЫ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

2.1.Точность сборки и надежность машин

Точность сборки — один из важнейших технико-экономических показателей качества машин. Параметры, характеризующие точность как машины в целом, так и её конструктивных и сборочных элементов, устанавливаются, исходя из служебного назначения изделия.

Точность сборки — степень совпадения материальных осей, контактирующих поверхностей или иных элементов сопрягающихся деталей с положением их условных прототипов, определяемым соответствующими размерами на чертеже или техническими требованиями.

К основным показателям точности сборки относят: точность относительного движения исполнительных поверхностей; точности их геометрических форм и расстояний между этими поверхностями; точность их относительных поворотов.

Точность машины является функцией точности составляющих её частей — деталей, узлов и их соединений.

Величиной противоположной точности сборки является погрешность сборки.

Погрешность сборки вызывается:

погрешностями размеров, формы и взаимного расположения поверхностей сопрягаемых деталей;

некачественной обработкой сопрягаемых поверхностей, что ведёт к снижению жесткости стыков и нарушению герметичности;

неточной установкой и фиксацией сборочных единиц в процессе сборки;

некачественной пригонкой и регулировкой сопрягаемых сборочных единиц изделия;

нарушениями условий и режимов выполнения сборочных операций; геометрическими неточностями сборочного оборудования; приспособлений и инструментов;

неточной настройкой оборудования;

деформациями деталей под действием остаточных напряжений в их материале.

Если погрешность сборки превышает заданную величину, то это приводит к снижению качества сборки, а значит и качества изделия в целом.

Сопряжения деталей, образуемые в процессе сборки изделия, могут быть неподвижными или подвижными. Степень подвижности (неподвижности) сопряжения деталей зависит от величин зазоров (натягов), получаемых при сборке, или, иначе, от величин отклонений размеров сопрягаемых деталей. Таким образом, точность сборки закладывается конструктором при разработке изделия, а обеспечивается технологиями получения дета лей и сборки.

От точности сборки зависит качество машины. Под качеством пони мается совокупность свойств изделия, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенным потребностям в соответствии с его назначением.

Качество машины характеризуется определенной системой показателей, учитывающих её назначение и регламентируемых стандартами. При этом степень совершенства машины, выражающая ее мощность, КПД, производительностью и экономичностью, степенью автоматизации, точностью работы и другими показателями, определяет общий технический уровень машины.

Для общей оценки качества машины большое значение имеет её работоспособность, под которой понимается такое состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах установленных нормативно-технической документацией. Одной из основных характеристик машин является их надежность.

Надежность — это свойство изделия сохранять во времени свою работоспособность. Главным показателем надежности является наработка до отказа.

Наработка до отказа — это время работы изделия до отказа, выраженное в часах.

Срок службы (ресурс) — это время работы изделия до предельного регламентируемого износа.

Безотказность — это свойство изделия непрерывно сохранять работоспобность в течение некоторого периода времени или некоторой наработки. Это предполагает самостоятельную непрерывную работу изделия без вмешательств и для поддержания работоспособности (т.е. без регулировки и ремонта).

Долговечность — это свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, т.е. в течение всего периода эксплуатации при установленной системе, технического, обслуживания и ремонтов.

Таким образом, надежность изделия — это обобщенное свойств, которое включает в себя понятия безотказности и долговечности.

2.2. Методы сборки

Взаимосвязь деталей и сопряжений изделия определяется на основе выявления и анализа размерных цепей. Эта работа выполняется на стадии проектирования изделия или его составных частей. Перенос этой работы на период технологической подготовки производства нерационален. В процессе размерного анализа может возникнуть необходимость внесения изменений в конструкцию изделия, а это сопряжено с затратами. Поэтому, чем раньше эти изделия будут сделаны, тем меньше будут затраты. Технолог встречается с необходимостью расчета размерных цепей в период отработки конструкции изделия на технологичность, в размерном

анализе при проектировании технологии сборки в связи с выявлением неуказанных на чертежах зазоров, при определении размеров компенсирующего звена.

Основные задачи размерного анализа следующие.

Расчет номинальных размеров и допусков сборочных единиц изделия.

Изыскание наиболее рационального метода достижения требуемой точности изделия или его составных частей.

Изучение взаимосвязи сборочных единиц изделия.

Разработка последовательности комплектации.

Правильное выполнение размерного анализа на основе различных методов решения размерных цепей позволяет обеспечить заданную точность изделия и его составных частей.

Необходимая точность сопряжений и в целом изделия может быть обеспечена методами полной и неполной взаимозаменяемости. Метод неполной взаимозаменяемости реализуют:

а) групповым подбором; б) регулированием;

в) пригонкой.

Метод полной взаимозаменяемости – применяют в крупносерийном и массовом производстве. При сборке этим методом происходит лишь соединение сопрягаемых деталей, изготовленных с размерами и допусками, установленными по конструктивным соображениям. Детали для сборки этим методом изготавливают с малыми допусками (стоимость операций механической обработки деталей относительно высокая), поэтому точность сборки (замыкающего звена) обеспечивается автоматически.

Метод неполной взаимозаменяемости – применяют в серийном и единичном производстве. Он характеризуется изготовлением деталей с большими допусками, вследствие чего точность сборки (замыкающего звена) обеспечивается не у всех собираемых изделий. Дополнительные затраты, связанные с исправлением бракованных изделий, компенсируют экономией, получаемой при изготовлении деталей с большими допусками. Групповой подбор применяют в тех случаях, когда конструктивные допуски меньше технологических. Допуски сопрягаемых деталей делят на группы с соблюдением заданного конструктором среднего зазора или натяга. Сортировку деталей осуществляют в механических цехах, где их изготавливают, а затем доставляют их на сборку. Недостатком является необходимость создания увеличенного запаса деталей на сборке.

Регулирование применяемости в серийном производстве. На размеры сопрягаемых деталей назначают большие технологические допуски, а точность соединения достигается введением в размерную цепь дополнительного звена — компенсатора. Преимуществами являются возможность изготовления сопрягаемых деталей с большими допусками, простота сборки, высокая точность, возможность регулирования не только при сборке, но и в эксплуатации.

Пригонка заключается в том, что необходимая точность сопряжения достигается индивидуальной пригонкой одной детали по другой. Пригонку применяют в единичном и мелкосерийном производстве.

3.ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

3.1. Основы проектирования техпроцесса сборки

При проектировании сборочных процессов учитывают ряд требований, обусловленных конструкцией изделия, технологическими особенностями производства и его организацией. К этим требованиям относятся:

1. Объём выпуска изделий. Вид сборочного процесса в значительной степени определяется объёмом выпуска изделий. Например, уровень механизации и автоматизации сборочного процесса, виды применяемого инструмента и приспособлений лимитируются типом производства (единичное, серийное, массовое).

2. Максимальное обеспечение требований конструкции. Удовлетворение этому условию в основном зависит от технологичности самого изделия в сборке. Технологичной считается такая конструкция, которая обеспечивает сборку наиболее прогрессивными в данных производственных условиях методами, в более короткое время и с наименьшей стоимостью. При определении технологичности изделия рассматривают следующие вопросы:

а) обеспечение сборки без пригоночных работ (или при минимальном объёме этих работ);

б) доступность в использовании рабочих и измерительных инструментов;

в) возможность независимой сборки составных частей изделия;

г) наличие наиболее короткой кинематической цепи;

д) рациональные присоединительные связи;

е) наименьшее количество деталей и их видов;

ж) высокий уровень взаимозаменяемости;

з) стандартизация, унификация, нормализация сборочных единиц;

и) наличие удобных сборочных баз;

к) исключение разборок при регулировании.

3. Обеспечение запроектированной точности основных параметров изделия. Точность собранного изделия зависит от точности замыкающих звеньев размерных цепей. Понятия конструктивной и технологической точности не совпадают. Точность конструкции выявляется на основе расчета размерных цепей. Технологическая точность характеризуется производственными погрешностями при механической обработке и сборке. Технологическая точность сборки должна удовлетворять запроектированной точности выходных параметров изделия.

4. Уровень механизации и автоматизации сборки. Уровень механизации и автоматизации может существенно изменить структуру сборки, и даже последовательность выполнения отдельных ее операций.

5. Дифференциация процесса сборки, специализация участков и рабочих мест. Под дифференциацией процесса сборки понимают его расчленение на операции, переходы и приемы. Возможность осуществления дифференциации в основном зависит от конструкции изделия, уровня технологии и организации производства на данном предприятии. При дифференциации процесса сборки появляется

возможность для специализации участков и рабочих мест Обычно с помощью дифференциации процесса сборки добиваются равенства (или кратности) объёмов работ, выполняемых на разных операциях, т.е. добиваются синхронности операций.

6. Параллельность процессов сборки. Под этим принципом понимают одновременное выполнение отдельных составляющих технологического процесса сборки (операций, переходов и др.). Возможность такой работы обусловлена конструкцией изделия и, следовательно, степенью расчленения его на самостоятельные сборочные единицы (узлы, подузлы и т.д.), которые могут собираться одновременно и независимо друг от друга.

7. Приемлемость процессов сборки. Это значит построить процесс сборки так, чтобы собираемое изделие проходило кратчайший путь при выполнении всех сборочных операций.

8. Непрерывность технологического процесса сборки. Под этим требованием понимают такую организацию сборки, при которой устраняются (либо значительно уменьшаются) перерывы в производстве данного изделия. Устранение межоперационных перерывов лучше всего обеспечивает разработка конструкции изделия, в которое входят узлы и детали, получаемые наиболее прогрессивными методами. Перерывы на отдельных операциях сокращают за счет перекрытия вспомогательного времени основным. Наибольшей непрерывностью обладает автоматическое производство.

9. Ритмичность технологического процесса сборки. При осуществлении этого требования стремятся в равные промежутки времени выпускать одинаковое количество, продукции. Через определенный ритмом промежуток времени полностью повторяют весь процесс сборки по всем операциям.

10. Устойчивость и надежность технологического процесса сборки. Это требование характеризуется способностью процесса сборки сохранять во времени точность признаков качества изделий. В ряде случаев устойчивого процесса сборки получить не удается или устойчивый процесс дает точность признаков качества изделия ниже заданной. В этом случае применяют способы компенсации погрешностей, например, регулировку,

3.2. Исходные данные для проектирования техпроцесса сборки

Основой для проектирования техпроцесса сборки изделия являются:

1) сборочные чертежи и чертежи общих видов сборочных единиц и изделия;

2) технические условия на приемку и испытания изделия;

3) производственная программа выпуска изделия предприятием, программы сборочных цехов;

4) спецификация сборочных единиц и деталей. На сборочных чертежах должно быть столько проекций и разрезов, сколько необходимо для полного понимания конструкции сборочной единицы и изделия в целом.

На чертежах общих видов сборочных единиц должны быть указаны размеры, определяющие сборочные размерные цепи (взаимное расположение деталей), а также технические требования, относящиеся к сборке изделия.

Производственная программа сборки должна содержать наименование изделий и их сборочных единиц, их годовой выпуск, массу каждой сборочной единицы и изделия в целом.

В спецификациях должно быть указано наименование поступающих на сборку сборочных единиц и деталей, их номера, количество на одно изделие, цех-изготовитель.

3.3. Разработка технологического процесса сборки

Разработка технологического процесса сборки изделия ведется в три этапа:

I — разработка технологической схемы сборки узла;

II — разработка маршрутного технологического процесса сборки узла;

III — сборка и разборка опытного образца изделия.

Технологическая схема сборки — это графическое отображение состава и последовательности сборки деталей в узлы. Она является первичным документом, дающим представление о процессе сборки.

Технологическая схема сборки:

1) отражает полную структуру, и порядок комплектования изделия во времени;

2) служит первым этапом проектирования линий сборки (планировки участков сборки);

3) позволяет из множества вариантов сборки выбрать оптимальный вариант;

4) способствует отработке изделия на технологичность;

5) значительно упрощает проектирование всего технологического процесса сборки.

Разработка технологической схемы сборки начинается с определения базовой детали (или узла) и деления изделия на узлы, подузлы и детали.

Базовым называют основной элемент (деталь, узел), с которого начинают сборку.

Различают подузлы первого, второго и других, более высоких порядков. Подузел первого порядка входит непосредственно в состав узла. Он состоит из деталей или из одного или нескольких подузлов второго порядка и деталей. Подузел второго порядка входит в состав подузла первого порядка. Он расчленяется на детали или на подузды третьего порядка и детали и т.д. Подузел наивысшего порядка расчленяется только на детали.

На технологической схеме сборки (рис. 1) каждый элемент изделия обозначают прямоугольником, поделенным на три части.

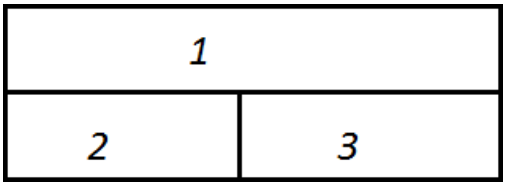


Рис. 1. Обозначение элементов изделия на технологической схеме сборки

В верхней части прямоугольника (1) указывают наименование элемента; в левой нижней части (2) — индекс элемента, а в правой нижней (3) — количество элементов. Индексацию деталей производят в соответствии с номерами, присвоенными им на сборочных чертежах. Узлы обозначают буквами "сб", что означает "сборка". Каждому узлу присваивают номер его базового элемента (индекс). Например, "сб. 3" — узел с базовой деталью № 3. Порядок узла указывают соответствующим цифровым индексом, который помещают перед буквенным обозначением "сб.". Например, "1 сб. 5" означает подгруппу 1-го порядка с базовой деталью № 5.

При построении технологической схемы сборки руководствуются следующим. Процесс сборки изделия и каждого из его узлов изображают участком прямой линии, которая начинается с изображения базового элемента (детали или узла) и заканчивается изображением узла или изделия.

Над линией в порядке последовательности присоединяют прямоугольники, обозначающие все детали, а под ней изображают узлы, непосредственно входящие в изделие.

На схеме указывают также необходимые технологические примечания, например: "установить по шаблону", "приварить", "запрессовать", "сверлить в сборе", "смазать" и т.д.

Например, технологическая схема сборки для узла (рис. 2) представлена на рис. 3 (см. с. 14).

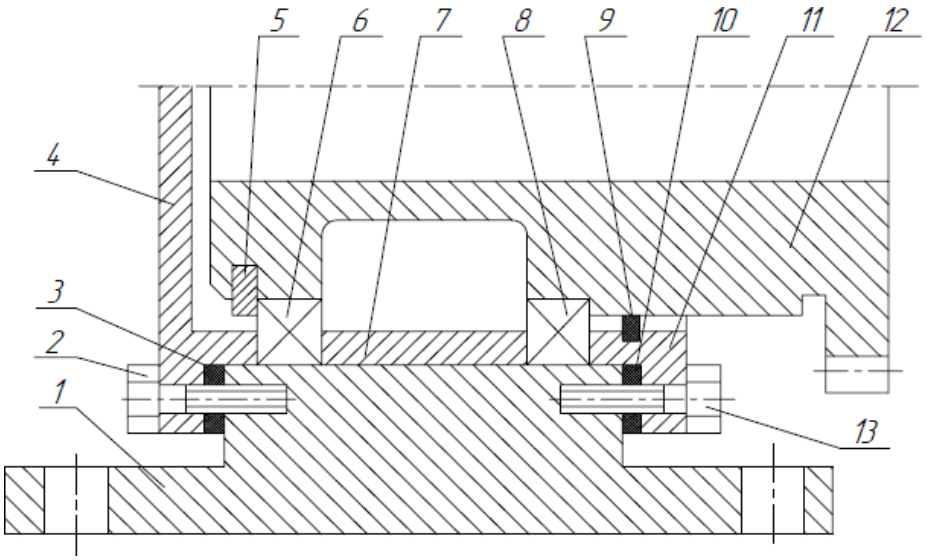


Рис.2 Эскиз узла в сборе

В узле вал-шестерня 12 вращается в шарикоподшипниках 6, 8 и от осевого перемещения фиксируется разрезной шайбой 5 и распорной втулкой 7. В собранном виде вал-шестерня закрепляется в корпусе 1 с помощью крышек 4 и 11. Кольцо 9 и прокладки 3, 10 препятствуют утечке смазки.

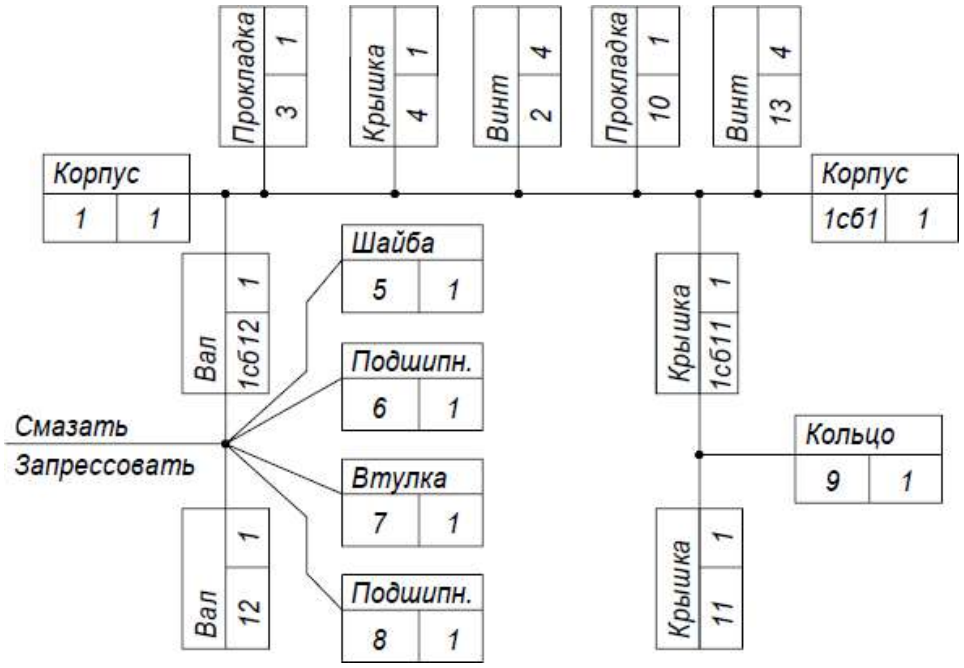


Рис.3 Технологическая схема сборки узла

Маршрутный технологический процесс сборки — таблица, в которой в упрощенном виде, без указания переходов и режимов работы, установлено содержанке операций, причём с таким расчетом, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась по возможности однородная по своему характеру к технологически законченная работа. В процессе сборки и разборки опытного образца изделия определяется правильность разработанной технологической схемы сборки и маршрутного технологического процесса сборки. При этом устраняют замеченные ошибки, вносят изменения в последовательность сборки, дополняют технологические примечания и т.д.

Нормирование техпроцесса сборки осуществляется так же, как и нормирование операций механической обработки. Для нормирования сборочных работ используют общемашиностроительные, отраслевые и заводские нормативы времени, установленные для производств различных типов.

Маршрутный техпроцесс сборки оформляется по ГОСТ 3.1105-74, операционные карты — по ГОСТ 3.1407-74, карты технического контроля — по ГОСТ 3,1502-74, титульный лист альбома техпроцесса сборки — по ГОСТ 3.1104-74.

Альбом техпроцесса сборки оформляют следующим образом. После титульного листа идут маршрутные карты, за маршрутными картами помещают в технологической последовательности операционные карты (слесарных, слесарно-сборочных, электромонтажных работ), а в конце помещают карты технического контроля с необходимыми эскизами собираемых на данной операции сборочных единиц.

Операционные карты в альбоме включают в себя:

а) эскиз собираемой на данной операции сборочной единицы;

б) собственно операционные карты;

в) комплектовочную карту (если она необходима).

Таблица 1

Маршрутный технологический процесс
сборки узла

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование и инструмент
05	Сборка вала (I сб. 12)	1. Закрепить вал (дет. 12) в приспособление 2. Смазать и запрессовать подшипник (дет. 8) 3. Протереть и установить втулку (дет. 7) 4. Смазать и запрессовать подшипник (дет. 6) 5. Установить шайбу (дет. 5)	Приспособление для закрепления вала Пресс гидравлический Оправка для установки шайбы
10	Сборка крышки (1 сб. 11)	1, Установить крышку (дет. 11) в приспособление 2. Установить кольцо (дет. 9)	Приспособление для закрепления крышки Оправка для установки кольца
15	Общая сборка узла (1сб. 1)	1. Закрепить корпус (дет. 1) 2. Установить прокладку (дет. 3) 3. Протереть и установить крышку (дет. 4) 4. Закрепить кошку винтами (дет. 2) 5. Установить вал (1 сб.12) 6. Установить прокладку (дет. 10) 7. Установить крышку (1 сб. 11) 8. Закрепить крышку винтами (дет. 13)	Приспособление для закрепления корпуса Пневматическое устройство для закручивания винтов Пневматическое устройство для закручивания винтов
20К	Контрольная	Проверить легкость вращения вала (дет. 12)	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить и практически освоить методику разработки технологического процесса сборки.
2. Составить технологическую схему сборки.
3. Разработать маршрутный технологический процесс сборки

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Ознакомиться с настоящими методическими указаниями. По выданному сборочному чертежу изделия с техническими требованиями, его спецификации и (или) по натурному образцу, выданным преподавателем, следует разобраться в его назначении, устройстве, составе и принципе работы. В случае натурного образца изделия: произвести его разборку-сборку и составить упрощенный эскиз сборочной единицы с перечнем его составных частей (детали, сборочные единицы).

Для мелкосерийного производства технологический процесс (маршрут) сборки разделяем на технологические операции, составной частью которых являются технологические переходы. Разработка технологического процесса сборки включает 2 этапа:

1 этап – составление технологической схемы сборки;

2 этап – разработка маршрута сборки.

Последовательность и содержание указанных этапов разработки технологического процесса сборки приведена на примере сборки узла (рис. 2**.**) и схеме сборки (рис.3).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен быть оформлен в общепринятой на кафедре форме и содержать название и цель работы, краткие теоретические сведения, эскиз собираемого изделия с перечнем входящих в него элементов и техническими требованиями, описание принципа его работы, схему и маршрутный технологический процесс сборки.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что в машиностроении называют изделием, деталью, сборочнойединицей, комплексом, комплектом?
2. Что такое сборка?
3. Какие организационные формы сборки Вы знаете? Охарактеризуйте их.
4. На основании каких исходных данных проектируют технологический процесс сборки?
5. Дайте определение терминам: технологический процесс сборки,техно-

логическая операция сборки, переход сборочного процесса, прием сборочного процесса.

6. Изложите последовательность, в которой разрабатывают технологический процесс сборки.
7. Изложите основные принципы разбиения изделия на сборочныеединицы и составления технологических схем общей и узловых сборок.
8. Каковы правила разработки схем сборки?
9. Что такое сборочные единицы 1-го, 2-го и т.д. порядка?
10. Какова роль схем сборки при разработке технологического процесса сборки?
11. Какими методами достигается требуемая точность сборки? Охарактеризуйте их.
12. Как осуществляется расчленение сборочной операции дляцелей нормирования?
13. Чем объясняется высокая трудоемкость сборочных операций посравнению с операциями механообработки заготовок деталей? Каковы пути её снижения?
14. Как определяется норма времени на слесарные и сборочныеоперации?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

РАСЧЕТ НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА ТИПОВУЮ СЛЕСАРНУЮ И СБОРОЧНУЮ ОПЕРАЦИЮ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобрести практические навыки в нормировании слесарных и сборочных операций.

В зависимости от назначения слесарные работы могут подразделяться на слесарно-заготовительные (правка, разметка...), слесарно-инструментальные (доводка, шабрение...), слесарно-сборочные (присоединительные, регулировочные...).

Техническая норма времени на слесарные работы устанавливается на основе нормативов аналитически-расчетным методом.

При расчетах нормы штучного времени на слесарные работы в условиях мелкосерийного и единичного производства исходит из расчленения операции на два укрупненных комплекса: комплекс приема на деталь и комплекс приемов, связанных с операцией. Суммарное время на выполнение этих двух комплексов составляет оперативное время (tоп), которое не подразделяется на основное (tо) и вспомогательное (tв).

Время на обслуживание(tобс) и время на отдых (tотл) определяются в процентах от оперативного времени (tоп).

Для сборочных операций норма штучного времени (tшт) включают время оперативное, время на отдых, время на обслуживание , время подготовительно-заключительное (tпз), которые рассчитываются в процентах от времени оперативного .

При наличии несоответствия условий выполнения операции условием нормативным необходимо корректировать нормативную величину затрат времени с помощью нормативных коэффициентов уточнения.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить выполняемые в операции переходы и приемы.
2. На каждый переход выбрать нормативное значение оперативного времени (tоп), откорректировать при необходимости по нормативам.
3. Рассчитать суммарное значение оперативного времени (Σ tоп)
4. Рассчитать время на обслуживание (tобс)
5. Рассчитать время на отдых (tотл)
6. Рассчитать время подготовительно-заключительное (tпз)
7. Рассчитать время штучное (tшт)
8. Заполнить бланк О.К.

Исходные данные

1. Сборочные чертежи, спецификации.
2. Схема сборки.
3. Спроектированная операция.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1.Как называется совокупность методов и приемов по выявлению резервов рабочего времени и установлению необходимой меры труда?
2. Как называется регламентированное время выполнения определенного объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями определенной квалификации?
3. Укажите условное обозначение времени, затрачиваемого на подготовку рабочего и средств производства к выполнению операции и приведение рабочего места в исходное состояние после выполнения операции:
4. Укажите условное время, равное сумме основного и вспомогательного времени:
5. Укажите особенности нормирования слесарных работ

ЛИТЕРАТУРА

1. Маталин А.А.Технология машиностроения: Учебник. 2-е изд., испр. –С.-Пб.: Издательство «Лань», 2008. – 512с.: ил. – (Учебники для вузов).

2. Мосталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения:Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 228 с.

3. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. /В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, Брагинский. – 6-е изд. Перераб. и доп. – Л.: Машиностроение,

Ленингр. отделение, 1982. – Ч.1, Ч.2.

4. Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений: Учеб. пособие./ В.И. Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Поль- ского. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 288 с. (Высшее образо- вание).

5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машинострое- ние, 1986. – 496 с.: ил.

6. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова. – М.: Машинострое- ние. 1988. – 736 с.: ил.

6. Балабанов А.Н.Технологичность конструкций машин. – М.: Машино- строение, 1987. – 336 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Варианты сборочных чертежей механизмов и узлов для разработки технологических схем и маршрута сборки

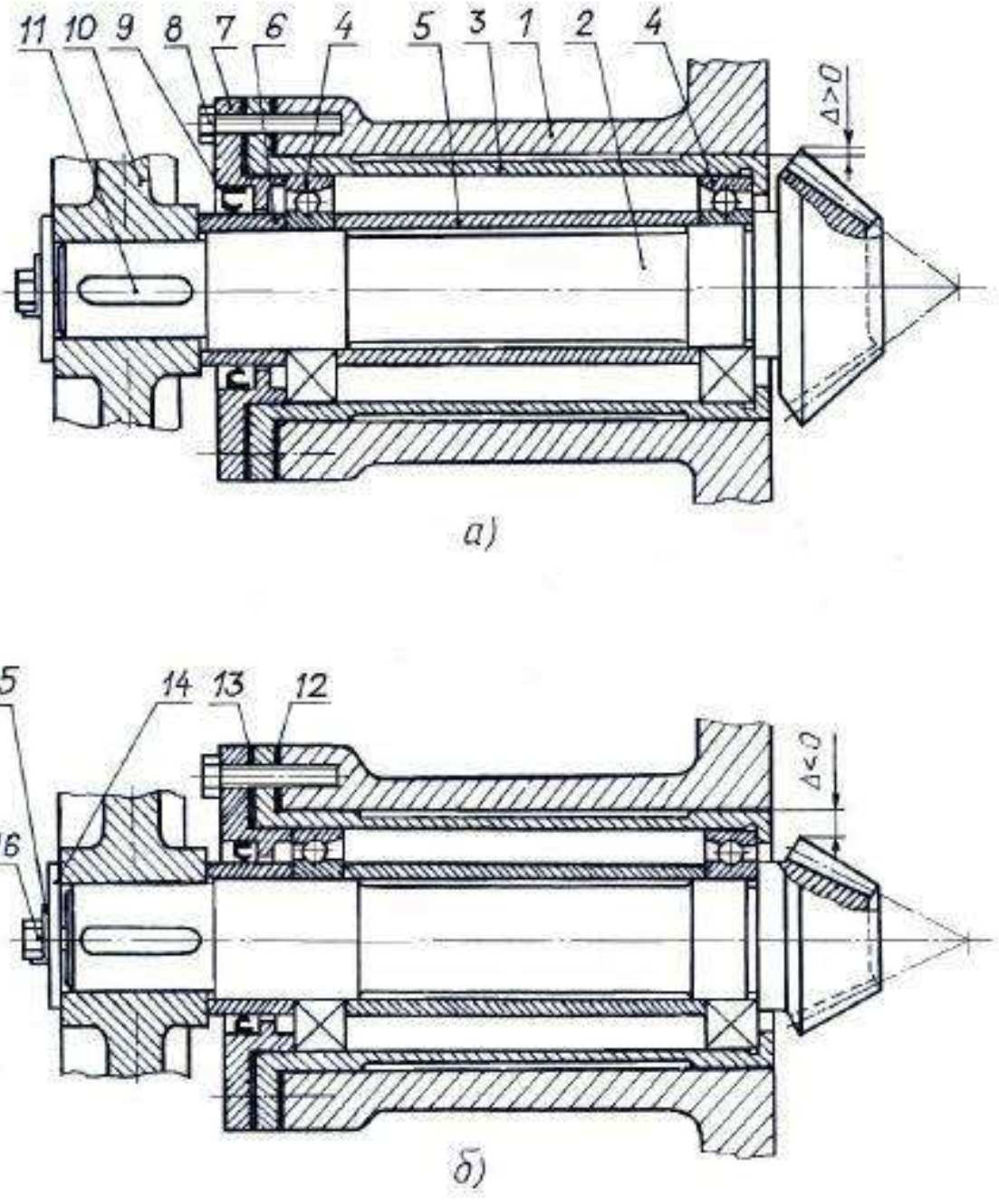


Рис. П.3.1, *а, б.* Ведущий вал-шестерня:

Вариант *а)* – без монтажного зазора Δ; Вариант *б)* – с монтажным зазором Δ: 1 – корпус; 2 – вал-шестерня; 3 – стакан; 4 – подшипник радиально-упорный (2 шт.);5 – втулка дистанционная; 6 – втулка упорная; 7 – фланец; 8 – болт М8х35 (4 шт.); 9 – манжета уплотнительная; 10 – колесо зубчатое; 11 – шпонка; 12 – прокладка; 13 – набор прокладок; 14 – шайба торцевая; 15 – шайба стопорная (отгибная); 16 – болт М8х25.

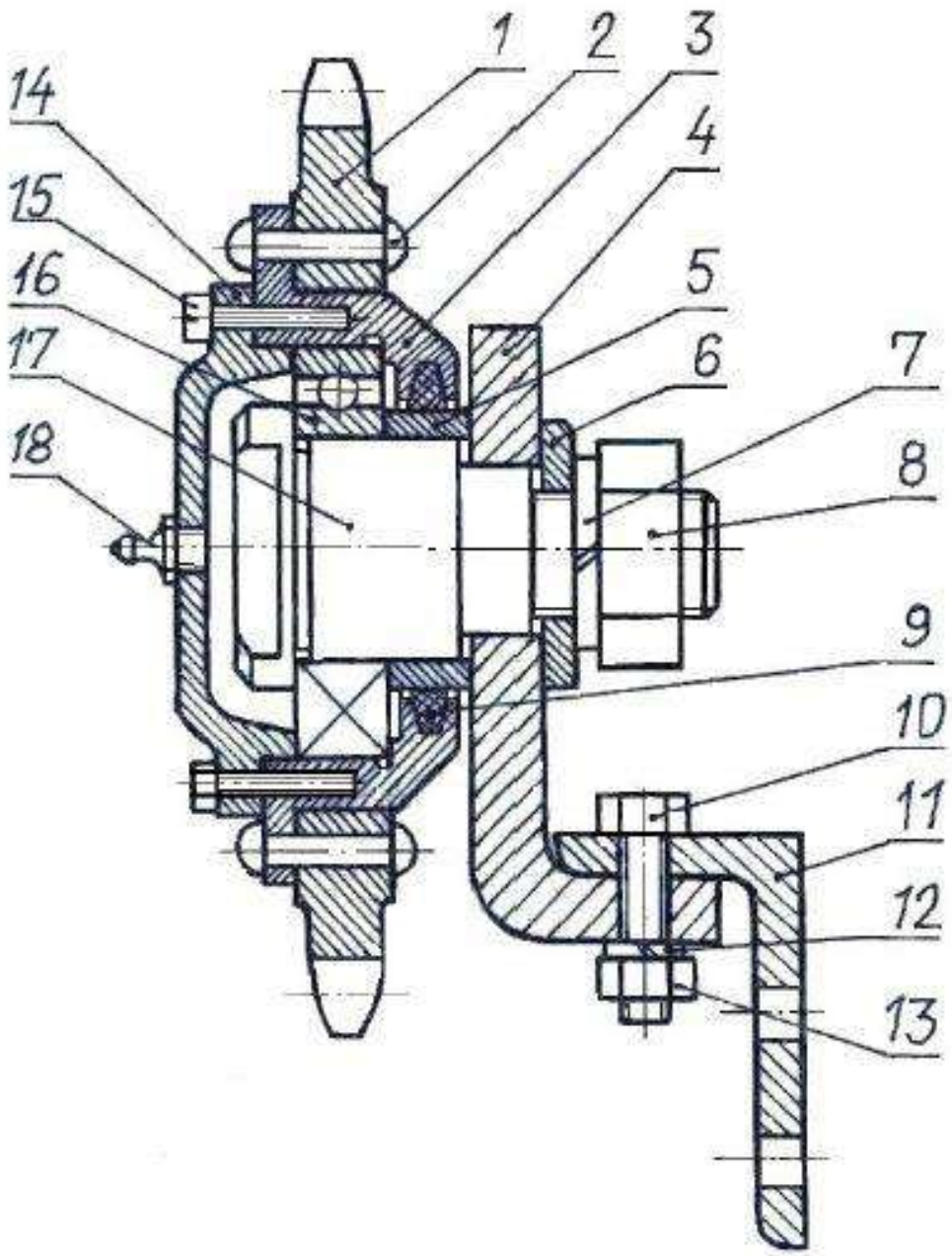


Рис. П.3.2. Звездочка в сборе:

1 – звездочка; 2 – заклепка (6 шт.); 3 – ступица; 4 – кронштейн; 5 – втулка; 6 – шайба; 7 – шайба пружинная; 8 – гайка М20; 9 – уплотнение войлочное; 10 – болт М8х35 (2 шт.); 11 – уголок неравнобокий 40х63; 12 – шайба пружинная (2 шт.); 13 – гайка М8 (2 шт.); крышка глухая; 14 – крышка; 15 – винт М5х30 (6 шт.); 16 – подшипник шариковый радиальный № 205; 17 – ось; 18 – пресс-масленка.

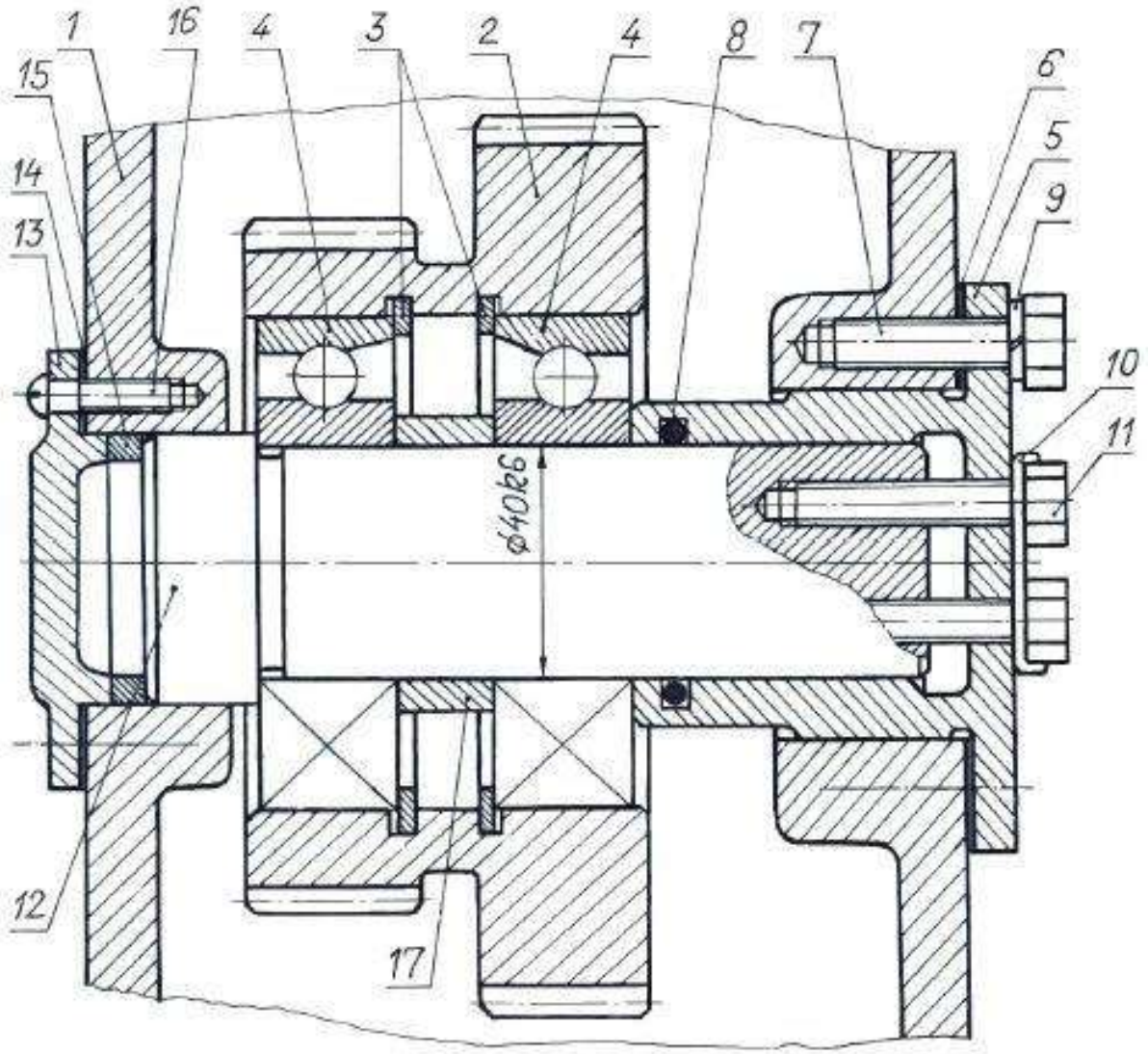


Рис. П.3.3. Ось блока шестерен:

1 – корпус; 2 – блок шестерен; 3 – кольцо пружинное (2 шт.); 4 – подшипник радиально-упорный 1208 (2 шт.); 5 – фланец; 6 – прокладка; 7 – болт М10х40 (4 шт.); 8 – кольцо уплотнительное; 9 – шайба пружинная (4 шт.); 10 – шайба стопорная (отгибная); 11 – болт М8х50; 12 – ось; 13 – вал; 14 – крышка; 15 – кольцо дистанционное; 16 – винт М6х30 (4 шт.); 17 – втулка дистанционная

.

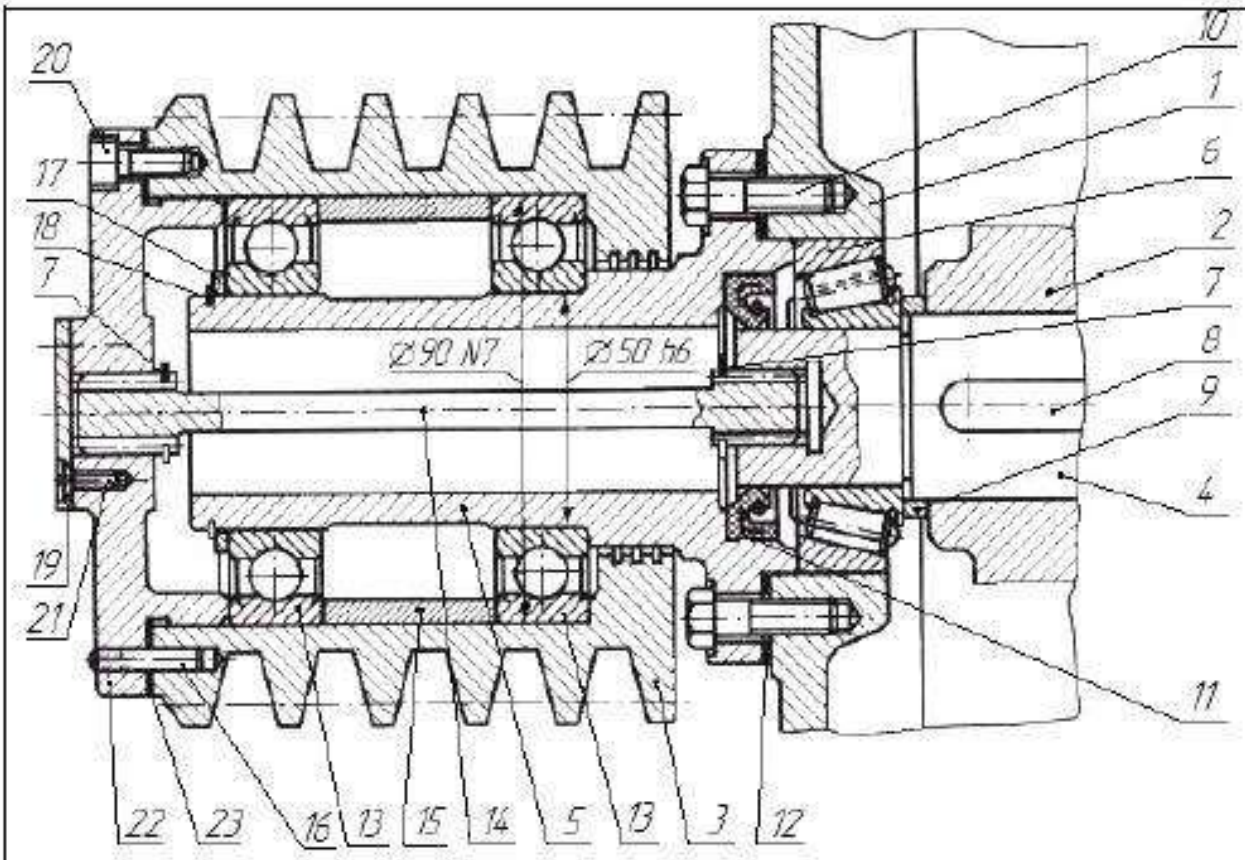


Рис. П.3.4. Разгруженный шкив:

1 – корпус; 2 – колесо зубчатое; 3 – шкив; 4 – вал ведомый; 5 – втулка; 6 – подшипник конический; 7 – кольцо разрезное (2 шт.); 8 – шпонка; 9 – кольцо дистанционное; 10 – болт М8х40 (4 шт.); 11 – манжета; 12 – прокладка; 13 – подшипник шариковый; 14 – вал шлицевой; 15 – втулка дистанционная; 16 – штифт цилиндрический (1 шт.) 17 – кольцо компенсирующее; 18 – кольцо разрезное; 19 – крышка глухая; 20 – винт М6х25 (6 шт.) 21 – винт М5х20 (4 шт.); 22 – крышка сквозная; 23 – прокладка.

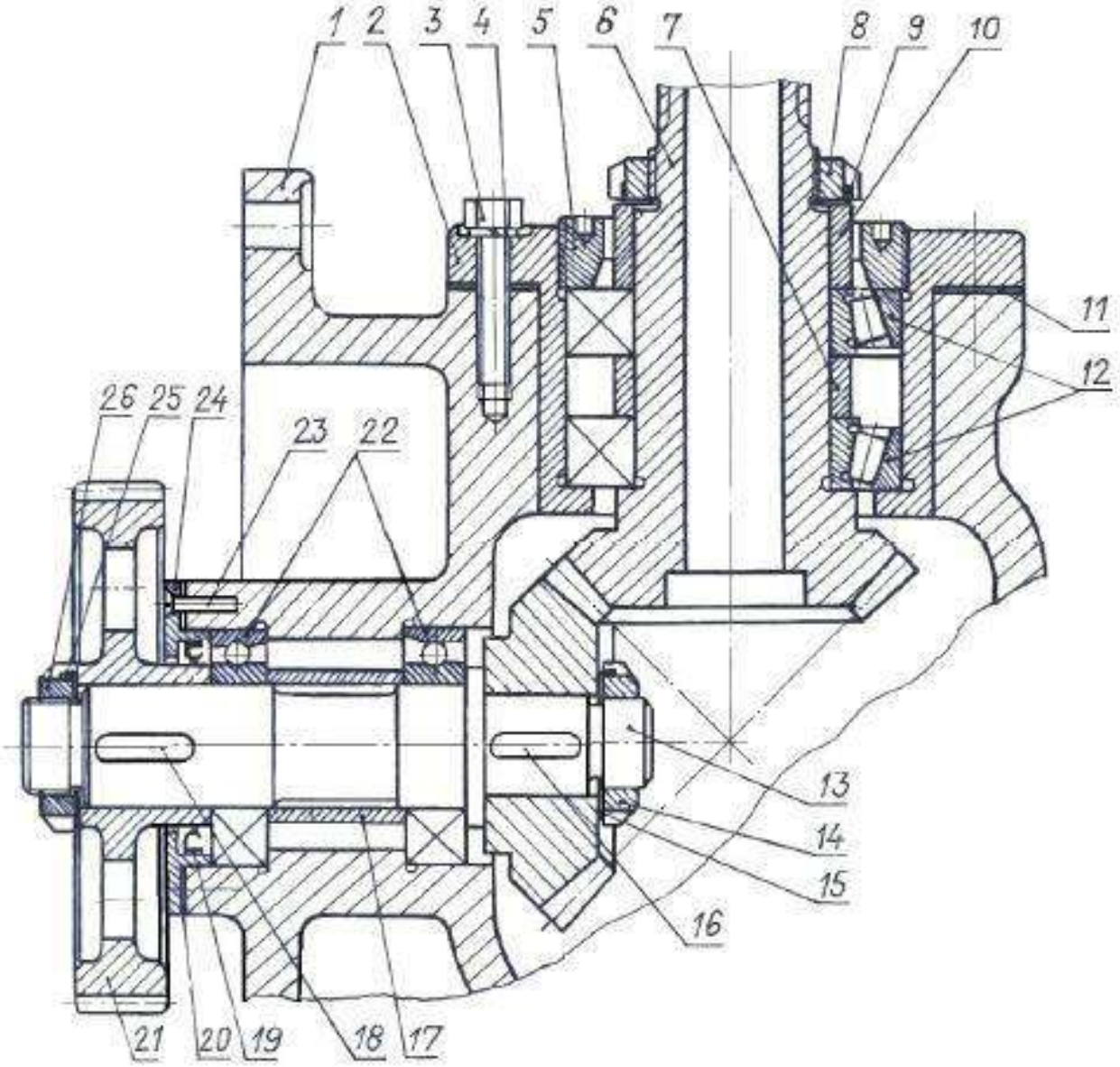


Рис. П.3.5. Конический редуктор:

1 – корпус; 2 – стакан; 3 – Болт М8х40 (4 шт.); 4 – шайба пружинная; 5 – Втулка резьбовая; 6 – вал-шестерня ведущая; 7 – втулка дистанционная; 8 – гайка шлицевая; 9 – шайба корончатая; 10 – втулка нажимная; 11 – прокладка; 12 – подшипник конический (2 шт.); 13 – вал ведомый; 14 – гайка шлицевая; 15 – шайба корончатая; 16 – шпонка; 17 – втулка дистанционная; 18 – шпонка; 19 – манжета; 20 – прокладка; 21 – колесо зубчатое; 22 – подшипник шариковый (2 шт.); 23 – винт М5Х25 (4 шт.); 24 – крышка сквозная; 25 – шайба корончатая; 26 – гайка шлицевая.

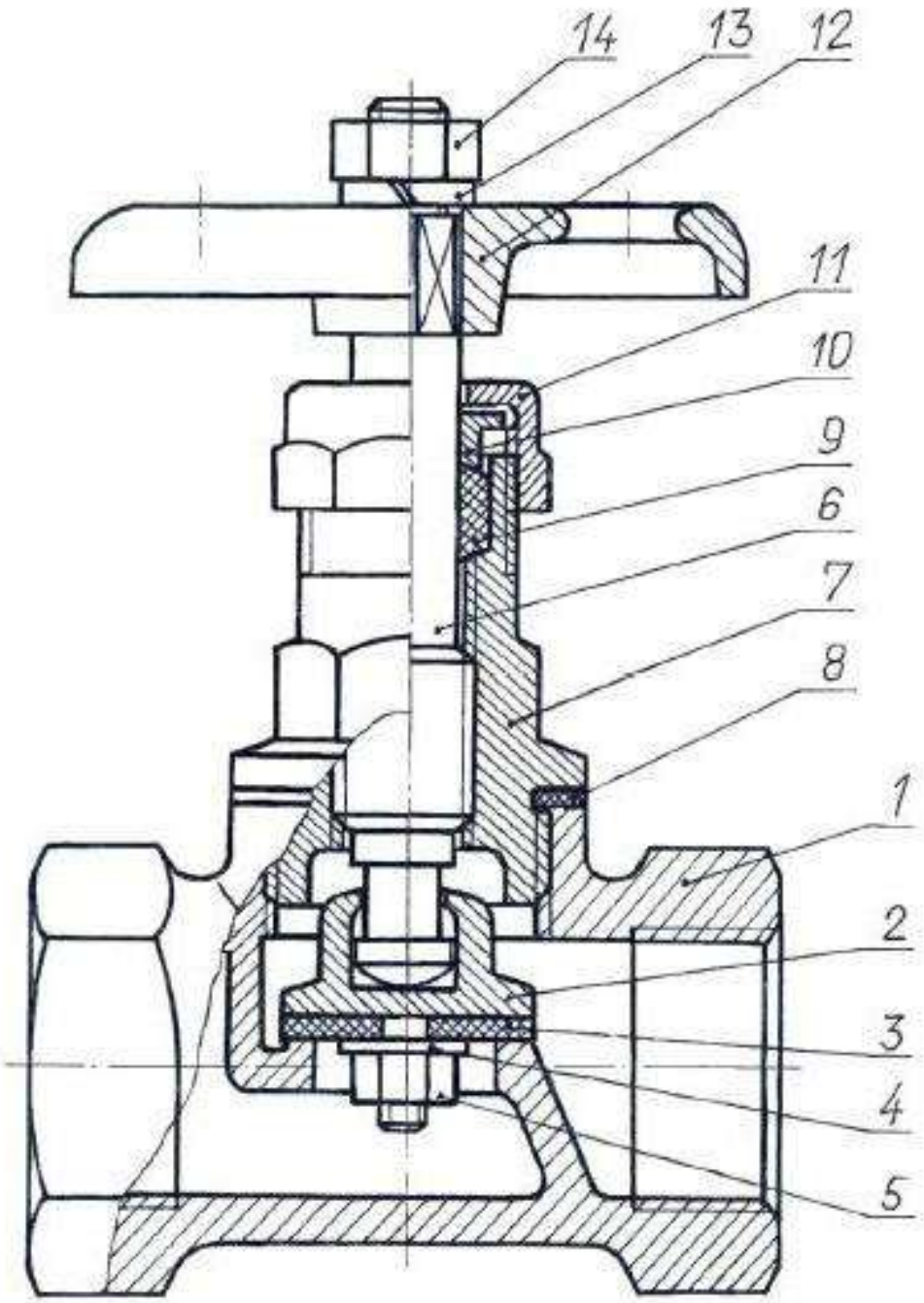


Рис. П.3.6. Вентиль в сборе:

1 – корпус; 2 – клапан; 3 – прокладка клапана; 4 – шайба; 5 – гайка М6; 6 – золотник; 7 – крышка; 8 – прокладка; 9 – уплотнение сальниковое; 10 втулка нажимная; 22 – грундбукса; 12 – рукоятка; 13 – шайба пружинная; 14 – гайка М 10 .

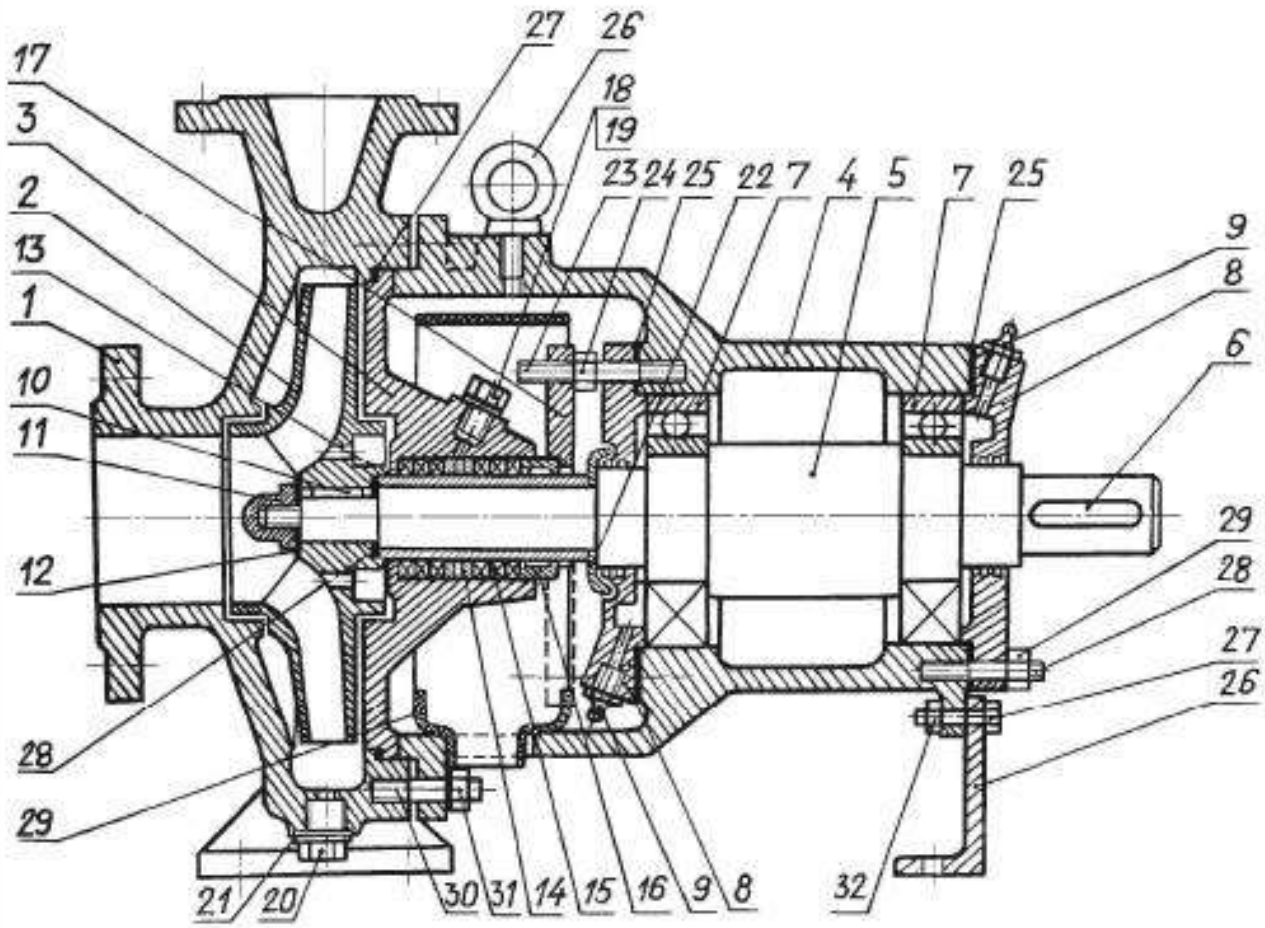


Рис. П.3.7. Насос консольный центробежный марки НК:

1 – корпус насоса; 2 – колесо; 3 – корпус уплотнения; 4 – кронштейн; 5 – вал; 6 – шпонка; 7 – подшипник шариковый (2 шт.); крышка подшипника (2 шт.); 9 пресс-масленка (2 шт.); 10 – шпонка; 11 – гайка колеса; 12 – прокладка; 13 – втулка сальника; 14 – фонарь уплотнения; 15 – кольцо сальниковое (6 шт.); 16 –втулка нажимная; 17 – грундбукса; 18 – пробка М10; 19 – прокладка; 20 – пробка М16; 21 – прокладка; 22 – кольцо защитное; 23 – шпилька М10 (2 шт.); 24 – гайка М10 (2 шт.); 25 – прокладка (2 шт.); 26 – кронштейн; 27 – болт М8х30 (2 шт.); 28 – шпилька М10 (8 шт.); 29 – гайка М 10 (8 шт.); 30 – шпилька М12 (6 шт.); 31 – гака М12 (6 шт.); 32 – гайка М8 (2 шт.).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров
14.09.2022

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических и лабораторных занятий по дисциплине «Технологический процесс и технологическая документация по сборке узлов и изделий»для студентов по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения»

Екатеринбург

2022

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. Изучение устройства приспособлений для запрессовки деталей и методики расчета технологического усилия при сборке и разборке соединений деталей с натягом 4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. Изучение устройства и методики расчета технологической оснастки с пневматическим приводом..... 19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. Изучение устройства и методики расчета технологической оснастки с электрогидравлическим приводом..... 30
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. Изучение устройства и методики расчета универсального винтового механического съемника.....47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. Изучение устройства и методики расчета разборочно-сборочных приспособлений 62
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……. 69

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

Изучение устройства приспособлений для запрессовки деталей и методики расчета технологического усилия при сборке и разборке соединений деталей с натягом

1.1 Цель работы

Целью выполнения данной лабораторной работы является изучение устройства и практическое закрепление методики расчета технологического усилия при сборке и разборке соединений деталей с натягом.

1.2 Теоретическое обоснование

Устройство съемников

Принципиальная схема устройства. В зависимости от формы и размеров спрессовываемой детали устройство и размеры съемников различны.

Рассмотрим принципиальную схему устройства съемников на примере наиболее распространенной конструкции, показанной на рисунке 1.1.

Основными частями съемника служит устройство для создания усилия выпрессовки. В данной конструкции такое устройство − силовой винт 4, ввинченный в гайку, изготовленную в корпусе 3, и устройство для соединения съемника со спрессовываемой деталью − в данном случае это за- хваты 1, соединенные с корпусом 3 тягами 2.

При вращении винта 4, конец которого упирается в неподвижную часть разбираемого соединения, возникает сила *P* (в данном случае *P/2),* которая передается на захваты и через них на спрессовываемую деталь.

Захваты − наиболее ответственная часть съемника. Их конструкция и изготовление должны отвечать следующим требованиям: надежное

соединение со спрессовываемой деталью и отсутствие срыва с нее во время спрессовки, достаточная прочность.

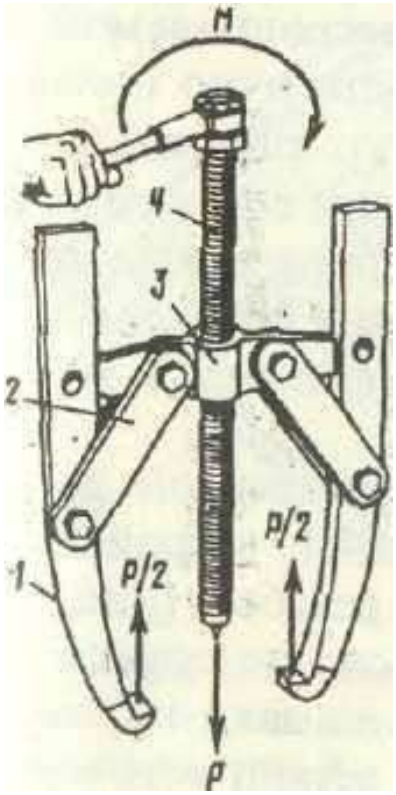


Рисунок 1.1 − Винтовой съемник с лапчатыми захватами: 1 − захват, 2 − тяга; 3 − корпус; 4 − силовой винт

Конструкция захватов зависит от формы спрессовываемой детали. На рисунке 1.2 представлены способы приложения усилия выпрессовки к деталям различной формы. Например, если деталь *I* (рисунок 1.2 а)достаточно большая и не имеет никаких отверстий, то зацепы делают такими, чтобы они захватывали деталь снаружи. Если же в детали есть достаточно большие отверстия (рисунок 1.2 б), то зацепами захватывают деталь через эти отверстия. При наличии на конце спрессовываемой детали резьбы (рисунок 1.2 в) захват навинчивается на эту резьбу.

При относительно малых размерах спрессовываемой детали (рисунок 1.2 г) применяют дополнительные разъемные устройства 3. В том

случае, когда в детали есть отверстия с резьбой (рисунок 1.2 д и ж), захваты ввинчивают в эти отверстия. Если на спрессовываемой детали имеются шпильки (рисунок 1.2 е), то захваты соединяют со шпильками. Если у спрессовываемой детали есть достаточно большое внутреннее отверстие (рисунок 1.2 з), то захваты пропускают через отверстие в спрессовываемой детали.

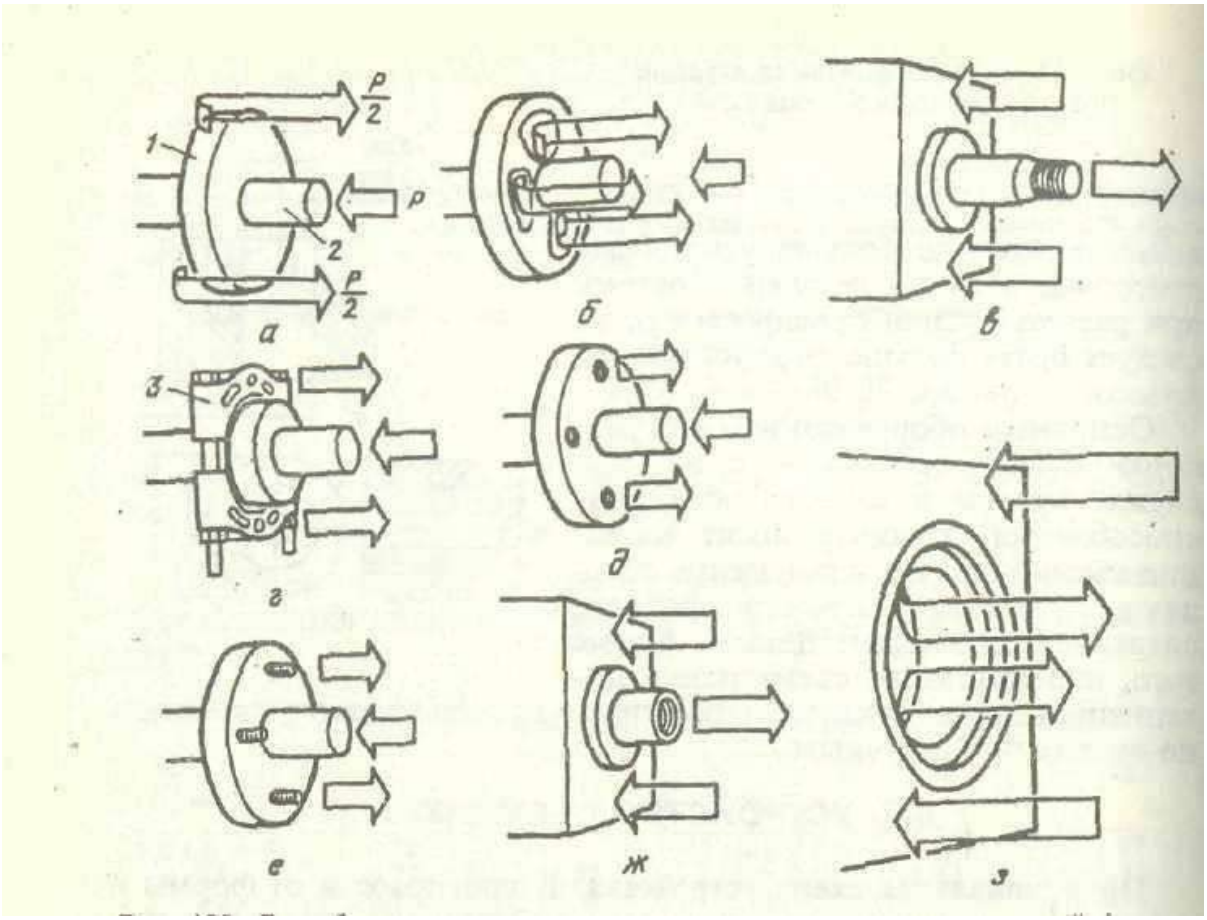


Рисунок 1.2 − Способы приложения усилия выпрессовки к деталям различной формы: а − з − варианты; 1 − спрессовываемая деталь; 2 − деталь, из которой или с которой спрессовывается деталь; 3 − разъемное устройство

По своему устройству захваты (рисунок 1.3) чрезвычайно разнообразны. Их делают простыми, простыми составными, сложными и специального назначения.

Простые захваты. В числе простых захватов чаше всего находят применение лапчатые захваты 1, 2, 3 и 7. Схемы захватов различной формы представлены на рисунке 1.3.

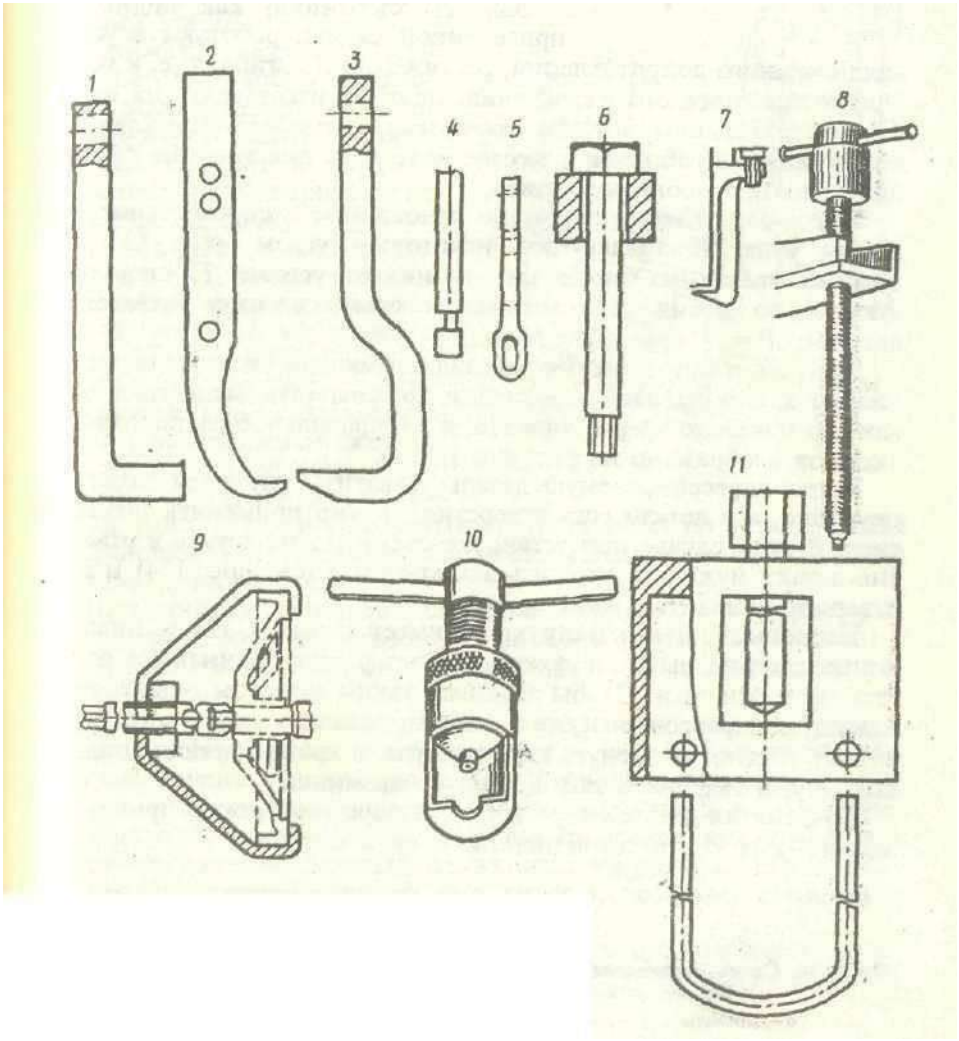


Рисунок 1.3 − Захваты различной формы: 1, 2, 3 и 7 − лапчатые простые; 4 − эксцентриковый; 5, 6 и 8 − захваты-тяги; 9 и 10 − захваты, жестко связанные с корпусом; 11 − захват-вилка

При работе съемника на такой захват действует сила P_1 (рисунок 1.4 а), которая равна усилию распрессовки, деленному на число захватов.

Схемы действия сил на лапчатый захват представлены на рисунке 1.4.

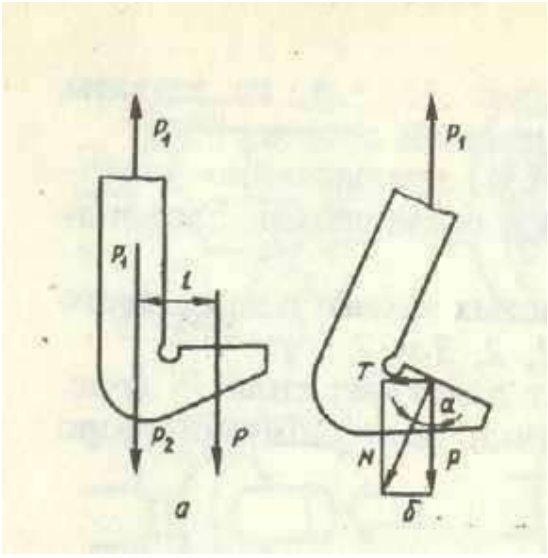


Рисунок 1.4 − Схемы действия сил на лапчатый захват: а и б − варианты

Перенеся силу P_1 в центр тяжести сечения тяги, получим силу P_2, которая будет растягивать захват, и две силы P_1 и P с моментом P_l, изгибающим конец захвата. При этом $P_1 = P$ и $P_1 = P_2$.

Захваты съемника, как видно из приведенной схемы, работают в условиях сложного сопротивления, растяжения и изгиба, т. е. в условиях эксцентричного растяжения, поэтому изготовлять их необходимо с большим запасом прочности, с тем, чтобы исключить деформацию в работе. В качестве материала для захватов применяют низколегированную сталь.

В том случае, если захват по отношению к спрессовываемой детали будет поставлен под некоторым углом (рисунок 1.4 б), помимо указанных выше сил возникает усилие T, способствующее во время спрессовывания срыву концов захватов с деталей: $P = N \cdot \cos\alpha$, $T = N \cdot \sin\alpha$.

Для того чтобы съемник работал нормально, захваты по отношению к спрессовываемой детали должны устанавливаться так, как это показано на

рисунке 1.5 а. Неправильное расположение захватов изображено на рисунке 1.5 б.

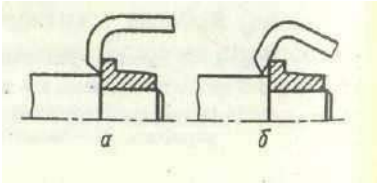


Рисунок 1.5 − Схемы соединения захватов со снимаемой деталью:
а − правильно; б − неправильно

Когда спрессовываемую деталь захватить лапчатым захватом неудобно, а в детали есть отверстия, можно применять захваты-тяги. В этом случае при установке съемника на деталь в отверстия детали нужно пропустить захват-тягу 5 (см. рисунок 1.3) и в ее отверстие вставить чеку.

Несколько иную конструкцию имеет захват 4. На ее нижнем конце сделана выточка, эксцентрично расположенная по отношению к оси тяги. Чтобы зацепить таким захватом деталь, подлежащую спрессовке, нужно вначале вставить тягу в отверстие детали, а затем повернуть тягу так, чтобы кромка детали вошла в выточку, и закрепить тягу в корпусе съемника.

Для снятия деталей с резьбой в отверстиях можно применять захваты-тяги 6 и 8, выполненные в виде винтов.

Однотипные детали спрессовывают захватами, показанными на рисунке под номерами 9 и 10.

Снимать звездочки цепных передач удобно с помощью захвата-вилки 11, которую нужно вставить в специальные отверстия корпуса съемника,когда корпус будет надет на звездочку.

Простые составные захваты. К таким захватам относятся; раздвижной лапчатый (рисунок 1.6 а); захват с шайбой (рисунок 1.6 б), надеваемой на шпильку, ввинченную в спрессовываемую деталь; неподвижные (жестко соединены с корпусом). Последние состоят из двух

половинок (рисунок 1.6 в и г), охватывающих снимаемую деталь. После постановки этих захватов на место половинки фиксируются кольцом 2 или вилкой 4.

В съемниках применены сменные захваты 5, 6 и 7 (рисунок 1.6 д), которые по мере надобности могут вставляться в стойки 9 или удлинитель 8, если он при необходимости соединен со стойкой пальцем.

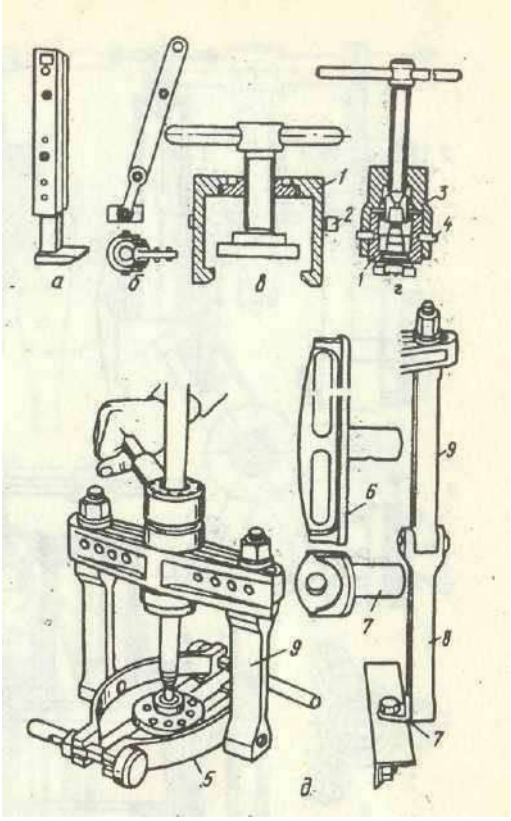


Рисунок 1.6 − Простые составные захваты: а − раздвижной лапчатый; б − захват с шайбой; в и г − составные неподвижные; д − со сменными захватами; 1 − захват; 2 − кольцо; 3 − корпус; 4 − вилка; 5 − 7 − сменные захваты; 8 − удлинитель; 9 − стойка

Сложные захваты. Чтобы устранить срывы лапчатых захватов с деталей во время спрессовки, надо использовать различные приспособления. У одних захваты соединены с корпусом системой тяг так, что чем больше сила распрессовки, тем сильнее захват прижимается к снимаемой детали.

Спрессовывать детали, удерживаемые за цилиндрическую боковую поверхность, можно захватами, которые прижимаются к детали конусом.

Основы расчета технологического усилия при сборке и разборке соединений с натягом

В соединениях деталей, находящихся в сборочных единицах автомобилей, часто применяют посадки с натягом, например для установки всевозможных втулок, пальцев, шестерен, венцов шестерен и др.

Рассмотрим методику расчета технологического усилия при сборке (разборке) прессовых соединений и крутящего момента при сборке (разборке) резьбовых соединений.

Усилие запрессовки. На усилие запрессовки влияют материал, из которого сделаны детали, наличие смазки на их поверхностях, чистота обработки соединяемых деталей, размер конуса концевой части запрессовываемого вала и т. д.

Технологическое усилие запрессовки при сборке цилиндрических соединений с натягом без применения нагрева и охлаждения определяется по формуле:

$$Pзап = fm \cdot p \cdot \pi \cdot d \cdot l \text{ ,}$$

(1.1)

где $Pзап$ − наибольшее усилие запрессовки, Н;

fm − коэффициент трения при запрессовке;

p − удельное давление на контактной поверхности, Па;

d − номинальный диаметр прессового соединения, м;

l − длина запрессовки, м.

Коэффициент трения при запрессовке fm зависит от материала де- талей, шероховатости сопрягаемых поверхностей, наличия смазки, удельного давления на контактной поверхности и других факторов.

При запрессовывании со смазкой коэффициент трения fm принимают равным: сталь по стали − 0,06 − 0,22; сталь по чугуну − 0,07 − 0,13; сталь − бронза, латунь − 0,05 − 0,10; сталь по алюминиевому сплаву − 0,02−0,06; сталь по пластмассе − 0,54.

Удельное давление на контактной поверхности рассчитывают по формуле:

$$p = \delta \cdot 10^{-6} / d\,(C_1 / E_1 + C_2 / E_2)\,, \qquad (1.2)$$

где p – удельное давление, Па;

δ – расчетный натяг, мкм;

d – номинальный диаметр сопряжения, м;

C_1 и C_2 – безразмерные коэффициенты;

E_1 – модуль упругости материала охватываемой детали, Па;

E_2 – модуль упругости материала охватывающей детали, Па;

Безразмерный коэффициент C_1 определяется по формуле:

$$C_1 = [1 + (d_0 / d)^2] / [1 - (d_0 / d)^2] - \mu_1 . \qquad (1.3)$$

Безразмерный коэффициент C_2 определяется по формуле:

$$C_2 = [1 + (d / D)^2] / [1 - (d / D)^2] + \mu_2 , \qquad (1.4)$$

где d_0 – диаметр отверстия в охватываемой детали (вале), м.

Если охватываемая деталь сплошная, то $d_0 = 0$.

D – наружный диаметр охватывающей детали, м. Если охватывающая деталь корпусная, то $d / D = 0$.

μ_1 и μ_2 – коэффициент Пуассона для охватываемой и охватывающей детали соответственно (для стали – 0,3;для чугуна – 0,25 и для бронзы –0,33).

Величина модулей для различных материалов сопрягаемых деталей приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Значения модулей для различных материалов

Материал детали	Величина модуля упругости, Па
Сталь	$2{,}1 \cdot 10^{11}$
Чугун	$1{,}0 \cdot 10^{11}$
Алюминиевый сплав	$0{,}7 \cdot 10^{11}$
Бронза	$0{,}9 \cdot 10^{11}$

Усилие распрессовки. Во время работы машин в их неподвижных соединениях происходят процессы (окисление металла, старение масла и т. д.), которые в значительной степени затрудняют последующее ихразъединение.

Установлено, что усилие, необходимое для выпрессовки деталей, значительно больше усилия запрессовки этих же деталей. Поэтому при расчетах усилий распрессовки их следует брать больше, чем усилия запрессовки, на 25...30 %.

Наибольшее усилие выпрессовки определяется по аналогичной формуле:

$$Рвып = fв \cdot p \cdot \pi \cdot d \cdot l \,, \tag{1.5}$$

где $fв$ – коэффициент трения при выпрессовке, принимаем больше коэффициента трения при запрессовке. Отсюда имеем:

$$Рвып = к \cdot Рзап \,, \tag{1.6}$$

где κ – коэффициент увеличения усилия, для охватывающей детали из стали κ = 1,15; чугуна – 1,2 – 1,3; алюминиевого сплава – 2 – 3.

Основным оборудованием для разборки и сборки посадок с натягом служат прессы и разного рода приспособления, которые носят название съемников. Их применение обеспечивает высокое качество работы, сохраняет снимаемые детали. Кроме того, использование съемников с механизированным приводом повышает производительность труда по сравнению с ручным.

Схема прессового соединения представлена на рисунке 1.7.

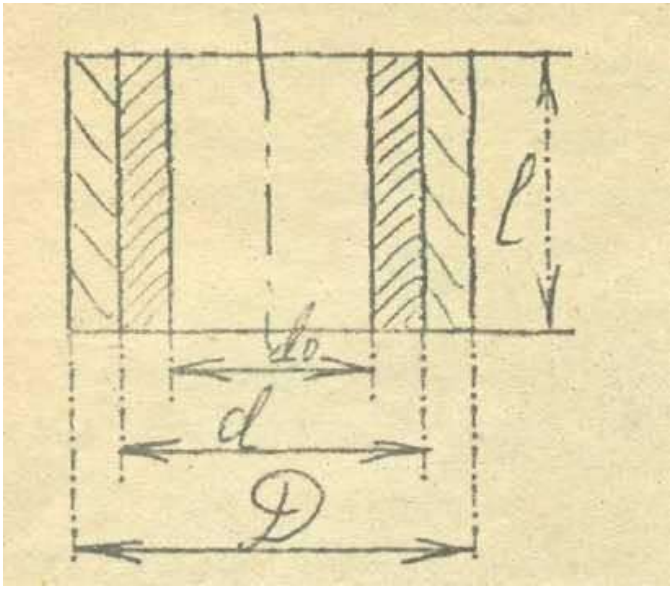


Рисунок 1.7 – Схема прессового соединения:

d_0 – внутренний диаметр охватываемой детали, мм. Для сплошной детали d_0 =0; d – номинальный диаметр прессового соединения, мм;

l – длина запрессовки, мм; D – наружный диаметр охватывающей детали, мм. Если деталь корпусная, то d / D = 0.

1.3 Аппаратура и материалы

При выполнении лабораторной работы 1 требуется следующее материальное обеспечение:

1) комплект съемников для выпрессовки деталей;

2) штангенциркуль;

3) набор слесарного инструмента;

4) калькулятор.

1.4 Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы 1 обязательным является выполнение следующих мер безопасности:

1) запрещается прикасаться к вращающимся деталям двигателей;

2) включение приборов электрического освещения и электропитания производить только с разрешения ведущего преподавателя или учебного мастера;

3) работу выполнять только в присутствии преподавателя или учебного мастера.

Каждое рабочее место должно быть оснащено исправным технологическим оборудованием, инструментом и принадлежностями; технологическими картами и инструкциями; описью поста и краткой инструкцией по технике безопасности, противопожарными средствами и правилами их применения.

На рабочих местах запрещено: работать учащимся, не прошедшим инструктаж; пользоваться открытым огнем; включать приборы и установки без разрешения преподавателя; хранить горюче-смазочные материалы; включать двигатели и приборы, минуя заводские выключатели; пользоваться неисправным инструментом, заводными рукоятками.

Все рабочие места и вентиляторы двигателей должны иметь индивидуальные металлические ограждения и трафареты с надписями «Двигатель не пускать».

Электропровода должны иметь надежную изоляцию. На клеммах и розетках необходимо указать напряжение.

Не допускаются к лабораторным работам приборы с неотрегулированным рабочим давлением воздуха или нарушением герметичности в их соединениях.

1.5 Методика и порядок выполнения работы

Лабораторную работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) изучить устройство приспособлений для разборки и сборки прессовых соединений;

2) измерить диаметр и длину прессового соединения;

3) выполнить расчет технологического усилия запрессовки и выпрессовки деталей;

4) сравнить расчетные величины с техническими показателями съемников;

5) дать краткое описание и выполнить расчет на основании исходных данных, выбранных из таблицы 1.2 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

Таблица 1.2 – Исходные данные и варианты расчетов

№ вариан-та	Диаметр детали и посадка	Длина, мм	Охватываемая деталь		Охватывающая деталь	
			d_0, мм	материал	D, мм	материал
1	50H7/p6	65	30	чугун	110	алюм. сплав
2	125H7/r6	200	80	чугун	корп.	чугун
3	100H8/u8	40	0	сталь	124	сталь
4	35H6/s5	160	0	чугун	50	сталь
5	85H7/r5	90	30	бронза	корп.	чугун
6	70H7/u7	75	0	бронза	80	сталь
7	80H7/p6	65	30	чугун	110	сталь
8	45H7/r6	200	20	чугун	корп.	чугун
9	65H8/u8	40	0	сталь	124	сталь
10	75H6/s5	160	0	чугун	50	чугун
11	120H7/ s6	90	30	бронза	корп.	сталь
12	40H7/u7	75	0	бронза	80	чугун
13	50H7/s6	65	30	чугун	110	алюм. сплав
14	125H7/s5	200	80	чугун	корп.	чугун
15	100H8/s6	40	0	сталь	124	сталь
16	35H6/p6	160	0	чугун	50	сталь
17	85H7/p6	90	30	бронза	корп.	чугун
18	70H7/u8	75	0	бронза	80	сталь
19	50H7/u8	65	30	чугун	110	алюм. сплав
20	125H7/r6	200	80	чугун	корп.	чугун
21	100H8/p6	40	0	сталь	124	сталь
22	35H6/p6	160	0	чугун	50	сталь
23	85H7/s6	90	30	бронза	корп.	чугун
24	70H7/s6	75	0	бронза	80	сталь

1.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе выполняется каждым студентом самостоятельно и должен содержать следующее:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Техническую характеристику, описание назначения, устройства и принципа действия приспособлений для выпрессовки деталей.
4. Технологический расчет усилия запрессовки и выпрессовки деталей, выполненный на основании исходных данных, выбранных из таблицы 1.2 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.
5. Дату выполнения и подпись студента.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Техническая оснастка для ремонта и обслуживания автомобилей» или в виде отдельного документа, выполненного на листах формата А4.

1.7 ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

Для оценки уровня усвоения материала лабораторной работы рекомендуется следующий перечень контрольных вопросов:

1. Назовите основные части съемника.
2. Перечислите способы приложения усилия выпрессовки к деталям различной формы.
3. Дайте классификацию применяемых захватов.
4. Как определить технологическое усилие при запрессовке детали?
5. Как определить технологическое усилие при выпрессовке детали?
6. Как рассчитать удельное давление на контактной поверхности?

Отчет по лабораторной работе представляется студентом к защите на следующем после проведения лабораторной работы занятии. Защита отчета

осуществляется после предварительной проверки и допуска к защите на занятии.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Изучение устройства и методики расчета технологической оснастки с пневматическим приводом

2.1 Цель работы

Целью выполнения данной лабораторной работы является следующее:

1) приобретение студентами знаний устройства и принципа работы технологической оснастки с пневматическим приводом;

2) определение основных параметров пневматического привода технологической оснастки.

2.2 Теоретическое обоснование

Типовая пневматическая схема подключения к сети пневмоцилиндра двустороннего действия приведена на рисунке 2.1 и в [2].

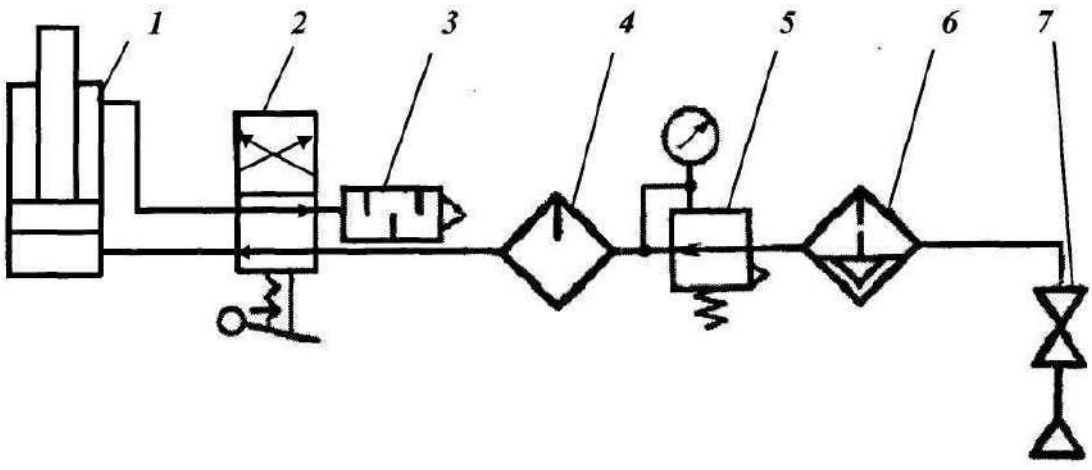


Рисунок 2.1 − Типовая пневматическая схема подключения к сети пневмоцилиндра двустороннего действия: 1 − пневмоцилиндр; 2 − кран управления двухпозиционный четырехлинейный; 3 − пневмоглушитель; 4 − маслораспылитель; 5 − регулятор давления пневматический с манометром; 6 − фильтр- водоотделитель; 7 − вентиль запорный

Расчет и подбор пневмоцилиндра рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1. Определяем расчетный диаметр пневмоцилиндра по требуемой технологической силе на штоке и ее направлению P_T.

$$D_P = k\sqrt{\frac{P_T}{p \cdot \eta}} \quad , \tag{2.1}$$

где D_P − расчетный диаметр пневмоцилиндра, мм;

k − коэффициент, учитывающий направление силы на штоке, для толкающей силы P_{T1} на штоке цилиндра коэффициент k = 1,13, а для тянущей силы P_{T2} на штоке цилиндра коэффициент k = 1,165;

P_T − требуемая технологическая сила на штоке (зажима детали, запрессовки, распрессовки и т. п.), Н;

р − давление сжатого воздуха в сети. МПа, обычно p = 0,4…0,6 МПа;

η − КПД пневмоцилиндра, η = 0,85.

Расчетный диаметр округляем по таблице 2.1 до ближайшего большего стандартного размера D.

Таблица 2.1 − Параметры пневматических цилиндров по ГОСТ 15608-70 [2]

Параметры	Диаметр цилиндра, мм							
	32	50	80	100	125	160	200	250
Диаметр штока, мм	10	16	25	25	32	40	50	63
Ходштока, мм	10… 320	10… 500	10… 100; 180… 800	10… 1000	10… 1250	10… 1600	10… 2000	10… 2500

Сокращенные ряды хода штока L, мм: 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; (56); 63; (70); 80; 100; (110); 125; (140); 160; (180); 200; (220); 250; (280); 320 и т. д.

Пневмоцилиндры двустороннего действия обычно применяются в тех случаях, когда при зажиме и разжиме детали в приспособлении требуется большой рабочий ход штока и большая сила.

2. Определяем действующую силу на штоке пневмоцилиндра при рабочем ходе.

На рисунке 2.2 приведена расчетная схема сил на штоке пневмоцилиндра двустороннего действия в двух позициях: «Обратный ход» и «Прямой ход».

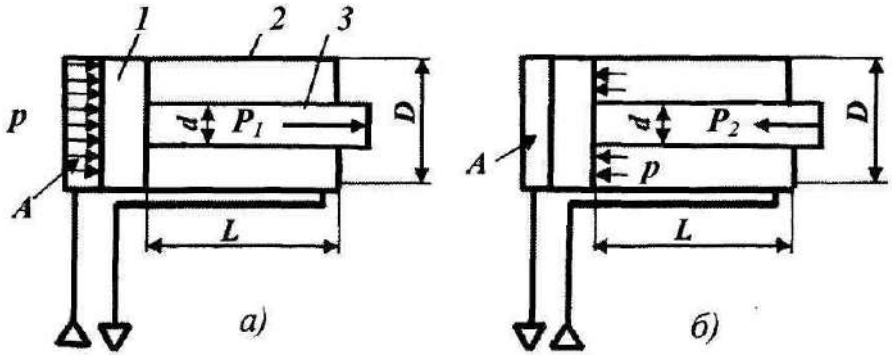


Рисунок 2.2 − К расчету силы на штоке пневмоцилиндра двустороннего действия в положениях рукоятки крана управления: (а) − «Прямой ход» и (б) − «Обратный ход»

При установке рукоятки крана управления 1 в положение «Прямойход» (рисунок 2 б) сжатый воздух поступает в полость А пневмоцилиндра и происходит прямой ход штока 4. При этом осуществляется зажим детали или сборочной единицы в технологической оснастке. Воздух из штоковой полости гильзы 3 выталкивается в атмосферу через выхлопное отверстие.

Толкающую силу на штоке можно определить по формуле:

$$P_1 = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta , \qquad (2.2)$$

где P_1 − толкающая сила на штоке, Н.

D − внутренний диаметр пневмоцилиндра, мм;

p − давление сжатого воздуха в сети, обычно p = 0,4…0,6·МПа;

η − КПД цилиндра, можно принять η = 0,85…0,90.

При переключении крана управления в положение «Обратный ход» (рисунок 2.2б) сжатый воздух поступает в штоковую полость гильзы 3. Под его действием поршень 2 и шток 4 перемещаются влево с тянущей силой P_2. При этом происходит разжим детали или сборочной единицы, а поршень занимает крайнее левое положение. Воздух из полости А выходит в атмосферу через выхлопное отверстие крана управления (рисунок 2.1).

Тянущую силу P_2 на штоке можно определить по формуле:

$$P_2 = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta , \qquad (2.3)$$

где P_2 − тянущая сила на штоке, Н;

d − диаметр штока, мм.

Проверяется правильность выбора пневмоцилиндра. Необходимо, чтобы сила, развиваемая на штоке при рабочем ходе, была не менее требуемой технологической силы: $P_1 \geq P_T$ или $P_2 \geq P_T$.

Пневмоцилиндры на давление до 1 МПа по ГОСТ 15608-70 изготовляют следующих исполнений:

по способу торможения: 1 − без торможения; 2 − с торможением;

по виду крепления (рисунок 2.3): 0 − на удлиненных стяжках, как указано на рисунке 2.3 а; 1 − на лапах (б); 2 − на переднем фланце (в); 3 − на заднем фланце (г); 4 − на проушине (д); 5 − на цапфах (е);

по выполнению конца штока: 1 − с наружной резьбой; 2 − с внутренней резьбой;

по присоединительной резьбе для подвода воздуха: 1 − с метрической

резьбой; 2 − с конической резьбой.

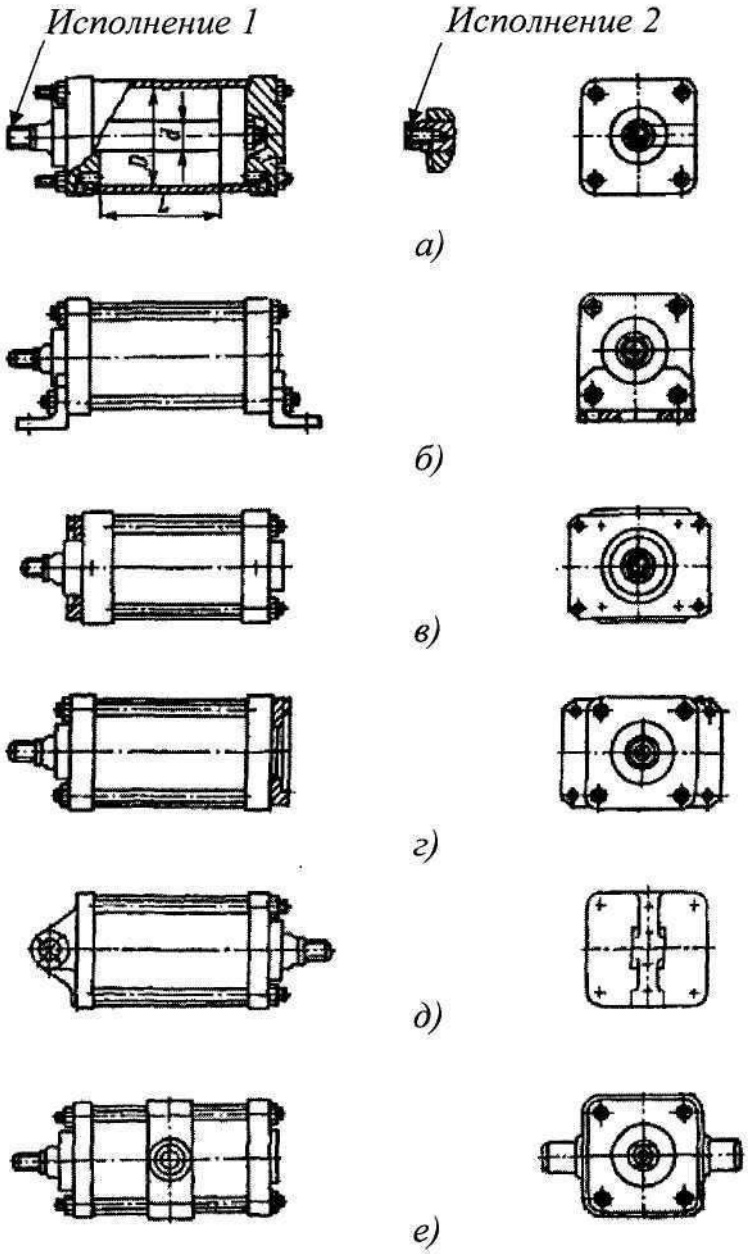


Рисунок 2.3 − Виды крепления пневмоцилиндров : а) − на удлиненных стяжках ; б) − на лапах; в) − на переднем фланце; г) − на заднем фланце; д) − на проушине; е) − на цапфах

3. Расчет условного диаметра и подбор воздухопровода

Условный (внутренний) диаметр воздухопровода определяют исходя из требуемого времени срабатывания привода:

$$d_o = \sqrt{\frac{D^2 \cdot L}{t_c \cdot \upsilon_в}} \ , \qquad (2.4)$$

где d_0 − внутренний диаметр воздухопровода, см;

D и L − диаметр цилиндра и длина хода поршня, см;

t_c − время срабатывания пневмопривода, обычно составляет 0,5...2,5 с;

$\upsilon_в$ − скорость протекания воздуха в воздухопроводе в см/с, которая принимается равной 170...250 см/с.

Для подвода сжатого воздуха к пневмоприводам рекомендуется применять латунные (ГОСТ 494-76) и медные (ГОСТ 617-72) трубки с наружным диаметром 8, 10 и 12 мм и с толщиной стенки 1 мм.

Сортамент и примеры обозначений трубок приведены в [2]. Например, труба тянутая, холоднокатаная (Д), круглая (КР), нормальной точности (Н), полутвердая (П), наружным диаметром 12 мм и толщиной стенки 1 мм, кратной длины (КД) из латуни Л 63 обозначается в конструкторской документации: «Труба Д КР Н П 12х1 КД 1500 Л 63 ГОСТ 494-76».

4. Часовой расход сжатого воздуха

Расход сжатого воздуха W в $м^3$ за час работы пневмопривода с цилиндром двустороннего действия определяется по формуле:

$$W = 0{,}785 \cdot (2\,D^2 - d)^2 \cdot L \cdot n \ , \qquad (2.5)$$

где D − рабочий диаметр цилиндра, м;

d − диаметр штока цилиндра, м;

L − длина рабочего хода штока, м;

$n = 10$ − число рабочих ходов поршня в час, условно принимаем $n = 10$.

Пример. Составить расчетную схему, выполнить расчет и подобрать для приспособления пневмоцилиндр двойного действия с толкающей технологической силой на штоке P_{T1} = 5000 Н и ходом штока L = 150 мм; рассчитать условный диаметр и подобрать воздухопровод; определитьчасовой расход сжатого воздуха.

Решение. 1. Определим расчетный диаметр пневмоцилиндра по толкающей технологической силе P_T:

$$D = 1{,}13\sqrt{\frac{P_{T1}}{p \cdot \eta}} = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{5000}{0{,}5 \cdot 0{,}85}} = 122{,}6 \text{ мм},$$

где P_{T1}. − толкающая технологическая сила (зажима, выпрессовки или запрессовки детали), по заданию P_T = 5000 Н;

p − давление сжатого воздуха в сети. МПа, принимаем p = 0,5 МПа;

η − КПД пневмоцилиндра, принимаем η = 0,85.

Расчетный диаметр цилиндра округляем до стандартного размера D = 125мм.

2. Определим действительную толкающую силу на штоке цилиндра.

По формуле 2.2 определяем толкающую силу на штоке

$$P = 0{,}785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = 0{,}785 \cdot 125^2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}85 = 5213 \text{ Н},$$

где D − принятый стандартный диаметр цилиндра, D = 125 мм;

η − КПД пневмоцилиндра, принимаем η = 0,85.

Так как $P_1 > P_{T1}$, то сила P_1 достаточная для зажима детали.

Принимаем по справочнику [2] стандартный пневмоцилиндр без торможения 1, на удлиненных стяжках 0, с наружной резьбой на конце

штока 1, с метрической присоединительной резьбой 1, диаметром D = 125 мм и длиной хода L = 160 мм:

Пневмоцилиндр 1011 − 125 х 160 ГОСТ 15608 − 70.

3. Рассчитаем условный диаметр воздухопровода.

Определим по формуле 2.4 внутренний диаметр воздухопровода

$$d_{i} = \sqrt{\frac{\overline{D \cdot L}}{t_{c} \cdot U_{в}}} = \sqrt{\frac{\overline{12{,}5^2 \cdot 16{,}0}}{2{,}0 \cdot 2000}} = 0{,}79 \text{см},$$

где D − диаметр цилиндра, D = 12,5 см;

L − длина хода поршня, L = 16 см;

t_c − время срабатывания пневмопривода, обычно оно равно 0,5...2,5 с, принимаем t_c = 2,0 с;

$\upsilon_в$ − скорость протекания сжатого воздуха в воздухопроводе в см/с, принимаем $U_в$ = 2000 см/с.

Принимаем d_i = 8 мм. Для нашего примера подходит труба из меди М3, тянутая, мягкая (М), с наружным диаметром 10 мм и толщиной стенки 1 мм, немерной длины, которая обозначается: «Труба М3 М 10х1 ГОСТ 617–72». Внутренний диаметр ее составляет 8 мм.

4. Часовой расход сжатого воздуха пневмоцилиндром

$$W = 0{,}785 \cdot (2D^2 - d^2) \cdot L \cdot n = 0{,}785 \cdot (2 \cdot 0{,}125^2 - 0{,}032^2) \cdot 0{,}16 \cdot 10 = 0{,}038 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где D − рабочий диаметр цилиндра, D = 0,125 м;

d − диаметр штока цилиндра, d = 0,032 м;

L − длина рабочего хода штока, L = 0,16 м;

n − число рабочих ходов поршня в час, условно принимаем n =10 .

2.1 Аппаратура и материалы

При выполнении лабораторной работы 2 требуется следующее материальное обеспечение:

1) комплект пневматических съемников и приспособлений для выпрессовки деталей;

2) штангенциркуль;

3) набор слесарного инструмента;

4) калькулятор.

2.4 Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы 2 обязательным является выполнение следующих мер безопасности:

1) запрещается прикасаться к вращающимся деталям двигателей;

2) включение приборов электрического освещения и электропитания производить только с разрешения ведущего преподавателя или учебного мастера;

3) работу выполнять только в присутствии преподавателя или учебного мастера.

Каждое рабочее место должно быть оснащено исправным технологическим оборудованием, инструментом и принадлежностями; технологическими картами и инструкциями; описью поста и краткой инструкцией по технике безопасности, противопожарными средствами и правилами их применения.

На рабочих местах запрещено: работать учащимся, не прошедшим инструктаж; пользоваться открытым огнем; включать приборы и установки без разрешения преподавателя; хранить горюче-смазочные материалы; включать двигатели и приборы, минуя заводские выключатели; пользоваться неисправным инструментом, заводными рукоятками.

Все рабочие места и вентиляторы двигателей должны иметь индивидуальные металлические ограждения и трафареты с надписями «Двигатель не пускать».

Электропровода должны иметь надежную изоляцию. На клеммах и розетках необходимо указать напряжение.

Не допускаются к лабораторным работам приборы с неотрегулированным рабочим давлением воздуха или нарушением герметичности в их соединениях.

2.5 Методика и порядок выполнения работы

Лабораторную работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) изучить устройство пневматических приспособлений для разборки и сборки прессовых соединений;

2) измерить диаметр и длину хода поршня пневматического цилиндра приспособления;

3) выполнить расчет пневматического привода согласно предлагаемой методике;

4) сравнить расчетные величины с реальными значениями пневматического привода;

5) дать краткое описание и выполнить расчет на основании исходных данных, выбранных из таблицы 2.2 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

Таблица 2.2 – Исходные данные и варианты расчетов

Вариант	1	2	3	4	5	6
P_{T1}, кН	1,2	3,6	5,5	8,0	9,0	1,2
L, мм	320	70	70	63	120	120
Вариант	7	8	9	10	11	12
P_{T2}, кН	2,45	3,7	5,6	10,0	16,0	23,0
L, мм	63	80	100	95	110	175
Вариант	13	14	15	16	17	18
P_{T1}, кН	20,5	15,0	7,5	5,1	3,2	2,0

Продолжение таблицы 2.2

L, мм	200	220	250	280	320	130
Вариант	19	20	21	22	23	24
P_{T2}, кН	21,2	9,9	5,5	4,9	2,4	1,4
L, мм	76	90	90	100	125	125
Вариант	25	26	27	28	29	30
P_{T1}, кН	5,9	2,5	3,10	4,8	4,9	5,0
L, мм	80	63	110	118	120	150

Примечание. P_{T1} − толкающая сила; L − ход штока; P_{T2} − тянущая сила.

2.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе выполняется каждым студентом самостоятельно и должен содержать следующее:

1. Название лабораторной работы.

2. Цель работы.

3. Техническую характеристику, описание назначения, устройства и принципа действия пневматических приспособлений для выпрессовки деталей.

4. Технологический расчет основных параметров пневматических приводов и устройств, выполненные на основании исходных данных, выбранных из таблицы 2.2 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

5. Дату выполнения и подпись студента.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Техническая оснастка для ремонта и обслуживания автомобилей» или в виде отдельного документа, выполненного на листах формата А4.

2.7 Вопросы для защиты работы

Для оценки уровня усвоения материала лабораторной работы рекомендуется следующий перечень контрольных вопросов:

1. Назовите основные части съемника.

2. Перечислите способы приложения усилия выпрессовки к деталям различной формы.

3. Дайте классификацию применяемых захватов.

4. Как определить технологическое усилие при запрессовке детали?

5. Как определить технологическое усилие при выпрессовке детали?

6. Как рассчитать удельное давление на контактной поверхности?

Отчет по лабораторной работе представляется студентом к защите на следующем после проведения лабораторной работы занятии. Защита отчета осуществляется после предварительной проверки и допуска к защите на занятии.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

Изучение устройства и методики расчета технологической оснастки с электрогидравлическим приводом

3.1 Цель работы

Целью выполнения данной лабораторной работы является следующее:

1) приобретение студентами знаний устройства и принципа работы технологической оснастки с электрогидравлическим приводом;

2) определение основных параметров электрогидравлического привода технологической оснастки.

3.2 Теоретическое обоснование

Электрогидравлический привод технологической оснастки представляет собой установку (рисунок 3.1), состоящую из насосной станции I, гидрораспределителя 5, гидроцилиндра 6 двустороннего действия и соединительных маслопроводов 7.

Насосная станция создает поток рабочей жидкости (масла) высокого давления для привода в движение штока гидроцилиндра и создания на нем необходимого усилия. Насосная станция выполнена в виде отдельного агрегата и включает в себя: гидробак 1 открытого типа, гидронасос 2 с приводом от электродвигателя М, фильтр 3 и предохранительный клапан 4, ограничивающий максимальное давление в напорной магистрали.

Гидрораспределитель 5 управляет реверсом гидроцилиндра 6.

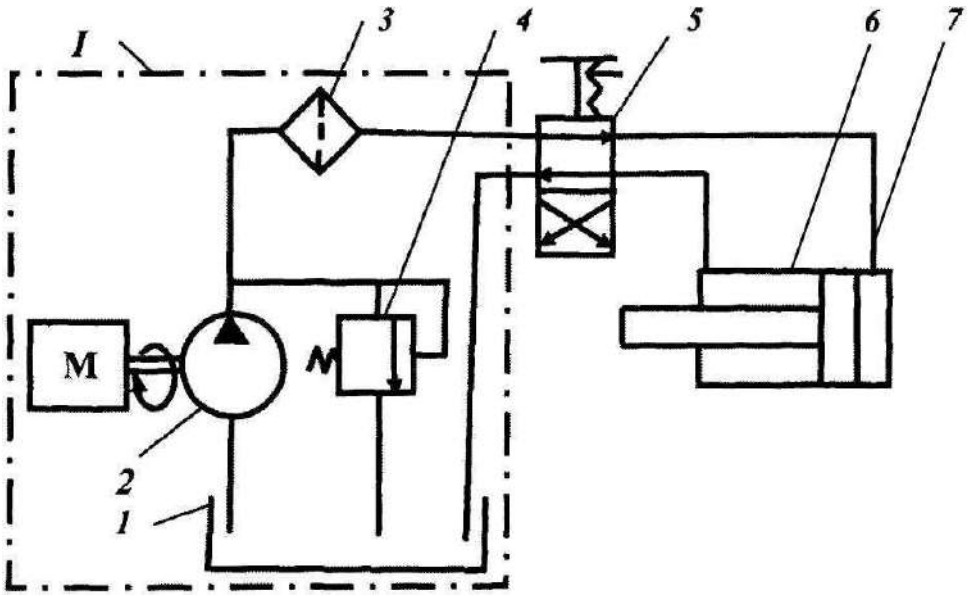


Рисунок 3.1 − Принципиальная схема электрогидравлического привода технологической оснастки с применением гидроцилиндра двустороннего действия

Гидроцилиндр 6 является самостоятельным узлом гидропривода, он предназначен для передачи толкающего или тянущего усилия зажимным устройствам технологической оснастки. Основными деталями гидроцилиндра двустороннего действия (рисунок 3.2 а) являются: корпус 2, крышка 4 в сборе с уплотнительными деталями, поршень 1 в сборе со штоком 3.

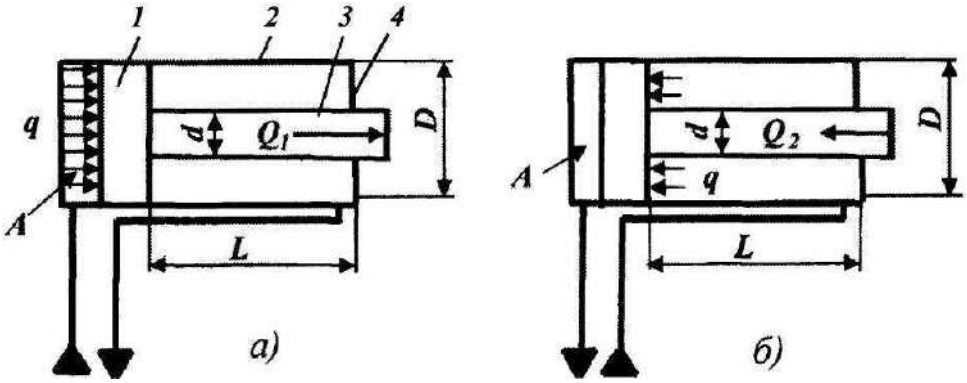


Рисунок 3.2 − Схема к расчету сил на штоке гидроцилиндра двухстороннего действия в двух позициях: а) − «Прямой ход» и б) − «Обратный ход»

Корпус и крышка соединяются на резьбе. Поршень и крышка в сборе имеют резиновые уплотнения для обеспечения герметичности с сопрягаемыми деталями.

При прямом ходе (рисунок 3.2 а) масло под давлением подается в бесштоковую полость, поршень перемещается вправо и на штоке создается толкающая сила Q_1.

При подаче масла под давлением в штоковую полость (как показано на рисунке 3.2б) поршень перемещается влево (в исходное положение), а на штоке возникает тянущая сила Q_2.

Электрогидравлический привод технологической оснастки применяется в тех случаях, когда необходимо создавать значительные технологические усилия на исполнительном механизме при малых размерах привода.

Расчет конструктивных параметров гидроцилиндра рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1. Определим расчетный диаметр гидроцилиндра

$$D_P = k\sqrt{\frac{P_T}{q \cdot \eta}}\ , \qquad (3.1)$$

где $D_Р$ − расчетный диаметр гидроцилиндра, мм;

$P_Т$ − технологическая сила (зажима детали, запрессовки, распрессовки, клепки и т. п.), Н;

q − давление масла в рабочей полости цилиндра, МПа;

η − КПД цилиндра, можно принять η = 0,9…0,95;

k − коэффициент, учитывающий направление силы, действующей на шток, и соотношение диаметра штока и внутреннего диаметра цилиндра.

Для толкающей силы $P_{Т1}$ коэффициент k = 1,13.

Для тянущей силы $P_{Т2}$ принимается коэффициент k = 1,31 при соотношении диаметра штока d и внутреннего диаметра D цилиндра $k_Ш = d/D$ = 0,5 и при рабочем давлении масла в штоковой полости цилиндра q = 6,3 ... 10 МПа. При рабочем давлении q ≥12 МПа и $k_Ш = d/D$ = 0,75 для тянущей силы $P_{Т2}$ принимается коэффициент k = 1,71.

Рабочее давление гидропривода принимается: для лопастных насосов Г12 [1] q = 6,3 МПа и для шестеренчатых насосов типа НШ q =10 МПа.

Характеристики лопастных гидронасосов типа Г12 повышенной долговечности, применяемых в станкостроении для гидрофицированных станков, приведены в таблице 3.1.

Шестеренчатые гидронасосы НШ-10, НШ-32, НШ-46 и др. широко используются в автостроении и в сельскохозяйственном машиностроении и могут быть использованы в гидроприводе технологической оснастки.

В маркировке шестеренчатых насосов числа 10, 32 и 46 обозначают производительность насоса в л/мин.

Таблица 3.1 − Характеристики лопастных гидронасосов типа Г12[1]

Тип насоса	Производи-тельность, л/мин	Рабочее давление, МПа	Частота вращения вала, $мин^{-1}$
Г12-31А	5	6,3	960
Г12-31	8	6,3	960
Г12-32А	12	6,3	960
Г12-32	18	6,3	960
Г12-33А	25	6,3	960
Г12-33	32	6,3	960

Конструкция и основные размеры гидроцилиндров для станочных приспособлений с номинальным давлением 10 МПа стандартизованы [2], [3]: ГОСТ 19897–74 и ГОСТ 19898–74 на гидроцилиндры одностороннего действия со сплошным и полым штоком; ГОСТ 19899–74 на гидроцилиндры двустороннего действия и ГОСТ 19900–74 на укороченные гидроцилиндры двустороннего действия. В таблице 3.2 приведены основные параметры гидроцилиндров двустороннего действия, выпускаемых по нормали машиностроения МН 2255–-61.

В сельскохозяйственном машиностроении выпускаются по ГОСТ 8755–71 гидроцилиндры на номинальное давление 10 МПа с внутренними диаметрами 55, 75. 90, 100 мм и с регулируемым ходом поршня от 40 до 200 мм. Штоки имеют диаметр 30 мм у гидроцилиндров с внутренними диаметрами 55, 75 и 90 мм и диаметр 40 мм у гидроцилиндра с диаметром 100 мм.

Условное обозначение гидроцилиндра исполнения 1 (на рабочее давление 10 МПа) с внутренним диаметром 100 мм: Ц 100-1 ГОСТ 8755–71.

Полученное значение расчетного диаметра цилиндра округляем по таблице 3.2 до ближайшего большего значения *D*.

Таблица 3.2 − Основные параметры гидроцилиндров двустороннего действия с рабочим давлением до 10 МПа в миллиметрах [2]

Диаметр цилиндра	Диаметр штока	Диаметр резьбы на конце штока	Ход штока*
40 50 60 70	20 25 30 35	М14х1,5 М20х1,5 М25х1,5 М30х1,5	60…400 100…500 125…630 160…700
* В указанных пределах брать из ряда: 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 500; 600; 630; 700			
80 90 100 110 125	40 40 50 50 60	М36х1,5 М36х1,5 М42х1,5 М42х1,5 М42х1,5	160…800 200…900 200…1000 250…1100 250…1250
* В указанных пределах брать из ряда: 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 900; 1000; 1100; 1250			

2. Диаметр штока цилиндра

$$d = k_{ш} \cdot D\,, \tag{3.2}$$

где d − диаметр штока, мм;

$k_{Ш}$ − коэффициент, принимаемый в зависимости от величины рабочего давления в цилиндре: $k_{Ш}$ = 0,33…0,60 при q = 6,3…10 МПа;

$k_{Ш}$ = 0,75 при q = 12…20 МПа;

D − принятый стандартный диаметр цилиндра, мм.

Найденное значение диаметра d штока округляется до ближайшего большего значения по таблице 3.2.

Определяем действующие силы на штоке гидроцилиндра в двух рабочих позициях.

Толкающая сила на штоке (рисунок 3.2а) определяется по формуле:

$$Q_1 = 0,785 \cdot D^2 \cdot q \cdot \eta \,, \qquad (3.4)$$

где Q_1 − толкающая сила на штоке, Н;

D − внутренний диаметр гидроцилиндра, мм;

q − рабочее давление масла в цилиндре, МПа;

η − КПД цилиндра, можно принять η = 0,90...0,95.

3. Тянущая сила на штоке Q_2 (рисунок 3.2б)

$$Q_2 = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot q \cdot \eta, \qquad (3.3)$$

где Q_2 − тянущая сила на штоке, Н;

d − диаметр штока, мм.

Проверяется правильность выбора гидроцилиндра и рабочего давления в нем:

или

$$Q_1 \geq P_{T1} \qquad Q_2 \geq P_{T2} \qquad (3.5)$$

Необходимо, чтобы сила, развиваемая на штоке при рабочем ходе, была не менее требуемой технологической силы P_T.

Шток значительной длины $L > 10 \cdot d$ проверяется на устойчивость при продольном изгибе по формуле Эйлера.

4. Производительность гидронасоса

$$W_H = 10^{-6} \cdot F \cdot \upsilon_n \,, \qquad (3.6)$$

где W_H − производительность гидронасоса, л/мин;

F − площадь поршня, мм^2;

$\upsilon_П$ − скорость движения поршня, мм/мин.

Допустимая скорость движения поршня в гидроцилиндре составляет 63 мм/с [2].Обычно принимается $\upsilon_{П}$ = 35…3000 мм/мин.

По производительности и рабочему давлению по справочнику [1] или каталогам подбираем соответствующий гидронасос.

5. Мощность электродвигателя привода насоса

$$N = \frac{q \cdot W_{н}}{61,20 \cdot \eta_{0}}, \text{ кВт}, \tag{3.7}$$

где $W_{Н}$ − производительность насоса, л/мин;

q − рабочее давление насоса, МПа;

$\eta_{О}$ − общий КПД насоса, $\eta_{О}$ = 0,4…0,8. Меньшее значение коэффициента принимается для насосов с производительностью до 12 л/мин.

6. Расчет трубопроводов

Условный проход (внутренний диаметр) трубопровода

$$d_{y} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{W}{\upsilon}}, \text{ мм}, \tag{3.8}$$

где $d_{У}$ − условный проход трубопровода, мм;

W − количество масла, протекающего по трубопроводу, л/мин;

υ − скорость потока жидкости, м/с.

Для всасывающих трубопроводов можно принять υ = 1,2 м/с, для нагнетающих − υ = 3...5 м/с и для сливных – υ =2,0 м/с.

Толщина стенки трубопровода

$$S \geq \frac{q_{max} \cdot d_{y}}{2 \cdot [\sigma_{p}]} \geq S_{min}, \text{ мм}, \tag{3.9}$$

где S − толщина стенки трубопровода, мм;

q_{max} − максимальное давление масла в магистрали,

q_{max} = 1,5 q , МПа;

$[\sigma_p]$ − допустимое напряжение растяжения, для стальных труб; $[\sigma_p]$ = 60...70 МПа;

S_{min} − минимально допустимая толщина стенки трубы с учетом возможных механических нагрузок, для стальной трубы принимается S_{min} = 0,5 мм [4].

Для гидропривода с рабочим давлением до 10 МПа применяются стальные бесшовные холоднодеформированные трубы по ГОСТ 8734-75.

На основании проведенного расчѐта по условному проходу (внутреннему диаметру) $d_У$ и стандартной толщине стенки $S_Т$ определяют по таблице 3.3 наружный диаметр трубы $d_Н = d_У + 2 \cdot S_Т$ и указывают ее обозначение по справочнику [2].

Например, условное обозначение трубы с $d_Н$ = 10 мм и толщиной стенки 0,5 мм из стали 20 с поставкой по механическим свойствам и по химическому составу (по группе В ГОСТ 8733−74):

Труба $\frac{10\ Õ0{,}5\ ÃÎ\ ÑÒ\ 8734-75}{Â20\ ÃÎ\ ÑÒ\ 8733-74}$.

Таблица 3.3 − Наружные диаметры и толщины стенок бесшовных холоднодеформированных труб по ГОСТ 8734-75 в мм

Наружный диаметр*[1]	Толщина стенки*[2]	Наружный диаметр*[1]	Толщина стенки*[2]
5	0,3…1,5	16…19	0,3 5,0
6	0,3…2,0	20	0,3…6,0
7…9	0,3…2,5	21…23	0,4…6,0
10…12	0,3 3,5	24	0,4…6,5
13…15	0,3…4,0	25…28	0,4…7,0

*1 В указанных пределах брать из ряда: 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 21; 22; 23; 25; 26; 27; 28.

*2 В указанных пределах брать из ряда: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0.

На основании выполненных расчетов и подбора стандартных элементов производят конструирование гидропривода технологической оснастки.

Пример. Выполните расчет основных параметров и подберите элементы электрогидравлического привода технологической оснастки с гидроцилиндром двустороннего действия по заданной технологической силе на штоке $P_{Т2}$ = 10кН. Сила на штоке при рабочем ходе − тянущая, длина хода штока L = 185 мм, скорость движения поршня 2200 мм/мин, рабочее давление в гидравлической системе q = 6,3 МПа.

Решение. 1. Расчетный диаметр цилиндра для тянущей силы $P_{Т2}$

$$D_{ð} = 1{,}31\sqrt{\frac{Ð_{ò2}}{q \cdot \eta}} = 1{,}31\sqrt{\frac{8000}{6{,}3 \cdot 0{,}9}} = 49{,}21 \text{ì ì},$$

где $Ð_{ò2}$ − тянущая технологическая сила на штоке, $P_{Т\ 2}$ = 8000 Н; q − рабочее давление в гидравлической системе, q = 6,3 МПа; η − КПД цилиндра, принимаем η =0,9.

По рабочему давлению в гидравлической системе q = 6,3 МПа выбираем лопастной гидронасос типа Г12.

Расчетную величину диаметра цилиндра округляем по таблице 3.1 до ближайшего стандартного значения D = 50 мм.

2. Диаметр штока цилиндра

$$d = k_{ш} \cdot D = 0{,}5 \cdot 50 = 25 \text{ мм},$$

где $k_{Ш}$ − коэффициент, принимаемый в зависимости от величины рабочего давления в цилиндре**,** при q = 6,3 МПа принимаем $k_{Ш}$ = 0,5.

По таблице 3.2 принимаем диаметр штока d = 25 мм.

3. Определим тянущую силу на штоке

$$Q_2 = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot q \cdot \eta = 0,785 \cdot (50^2 - 25^2) \cdot 6,3 \cdot 0,9 = 8346 \text{ Н}.$$

Так как $Q_2 > P_{Т2}$, то гидропривод обеспечивает необходимую тянущую силу на штоке.

Принимаем по справочнику [2] гидроцилиндр второго исполнения (с уплотнением резиновыми кольцами) диаметром 50 мм и ходом штока 200мм: Гидроцилиндр II− 50 − 200 МН 2255−61.

4. Расчет производительности и выбор гидронасоса

$$W_Н = 10^{-6} \cdot F \cdot \upsilon_n = 10^{-6} \cdot 1963 \cdot 2200 = 4,32$$

л/мин., где $W_Н$ − производительность насоса, л/мин;

F − площадь поршня, мм^2;

υ_n − скорость движения поршня, по заданию υ_n = 2200 мм/мин.

$$F = \pi * D^2/4 = 3.14 * 50^2/4 = 1963 \text{ мм}_2$$

Подбираем гидронасос Г12-31А, производительность которого составляет 5 л/мин и развивающий рабочее давление q =6,3 МПа при частоте вращения приводного вала 960 мин$^{-1}$.

5. Расчет мощности и подбор электродвигателя

$$N = \frac{q \cdot W_н}{61,20 \cdot \eta_0} = \frac{6,3 \cdot 4,32}{61,20 \cdot 0,42} = 1,06 \text{ квт},$$

где $W_Н$ − производительность насоса, л/мин;

q − рабочее давление насоса, МПа;

$\eta_О$ − общий КПД насоса, принимаем $\eta_О$ = 0,42.

Выбираем [2] электродвигатель с мощностью N =1,1 кВт и n = 960 мин$^{-1}$.

6. Расчет и подбор трубопроводов

Условный проход (внутренний диаметр) трубопровода в миллиметрах

$$d_y = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{W}{U}},$$

где W − количество масла, протекающего по трубопроводу, л/мин;

υ − скорость потока жидкости, м/с.

Для нагнетающих трубопроводов принимаем U =3 м/с, для всасывающих U =1,2 м/с и для сливных U =2,0 м/с.

Для нагнетающего трубопровода

$$d_y = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{4,32}{3}} = 5,52 \text{ мм}.$$

Для всасывающего трубопровода

$$d_y = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{4,32}{1,2}} = 8,73 \text{ мм}.$$

Для сливного трубопровода

$$d_y = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{4,32}{2}} = 6,76 \text{ мм}.$$

Толщина стенки трубопровода в миллиметрах

$$S \geq \frac{q_{max} \cdot d_y}{2 \cdot [\sigma_p]} \geq S_{min},$$

где q_{max} − максимальное давление масла в магистрали,

q_{max} = 1,5 q , МПа;

$[\sigma_p]$ − допустимое напряжение растяжения, МПа;

S_{min} − минимально допустимая толщина стенки трубы с учетом возможных механических нагрузок, для стальной трубы принимается

S_{min} = 0,5 мм.

Выполним расчет для нагнетающего трубопровода.

Рабочее давление в напорной магистрали q = 6,3 МПа. Для гидропривода с рабочим давлением до 10 МПа применяются стальные бесшовные трубы по ГОСТ 8734-75, $[\sigma_p]$ = 60...70 МПа. Принимаем $[\sigma_p]$ = 65 МПа.

$$S \geq \frac{1{,}5 \cdot 6{,}3 \cdot 5{,}52}{\text{мм.}\ 2 \cdot 65} > 0{,}40$$

Принимаем минимально допустимую толщину стенки S_{min} = 0,5 мм.

На основании выполненного расчѐта по условному проходу (внутреннему диаметру) $d_у$ =5,52 мм и толщине стенки $S_Т$ = 0,5 мм определим наружный диаметр трубы $d_н = d_у + 2 \cdot S_Т = 5{,}52 + 2 \cdot 0{,}5 = 6{,}52$ мм.

По таблице 3.3 принимаем трубу с $d_Н$ = 7 мм и толщиной стенки 0,5 мм. Условное обозначение такой трубы из стали 20 с поставкой по механическим свойствам и по химическому составу (по группе В) ГОСТ 8733-74

$$\text{Труба}\ \frac{7\ Õ0{,}5\ ÃÎ\ ÑÒ\ 8734-75}{Â20\ ÃÎ\ ÑÒ\ 8733-74}.$$

Для всасывающего трубопровода подходит труба с $d_Н$ = 9 мм

$$\text{Труба}\ \frac{9\ Õ0{,}5\ ÃÎ\ ÑÒ\ 8734-75}{Â20\ ÃÎ\ ÑÒ\ 8733-74}.$$

Для сливного трубопровода подходит труба с $d_Н$ = 8 мм

$$\text{Труба}\ \frac{8Õ0{,}5\ ÃÎ\ ÑÒ\ 8734-75}{Â20\ ÃÎ\ ÑÒ\ 8733-74}.$$

3.3 Аппаратура и материалы

При выполнении лабораторной работы 3 требуется следующее материальное обеспечение:

1) комплект гидравлических съемников и приспособлений для выпрессовки деталей;

2) штангенциркуль;

3) набор слесарного инструмента;

4) калькулятор.

3.4 Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы 3 обязательным является выполнение следующих мер безопасности:

1) запрещается прикасаться к вращающимся деталям двигателей;

2) включение приборов электрического освещения и электропитания производить только с разрешения ведущего преподавателя или учебного мастера;

3) работу выполнять только в присутствии преподавателя или учебного мастера.

Каждое рабочее место должно быть оснащено исправным технологическим оборудованием, инструментом и принадлежностями; технологическими картами и инструкциями; описью поста и краткой инструкцией по технике безопасности, противопожарными средствами и правилами их применения.

На рабочих местах запрещено: работать учащимся, не прошедшим инструктаж; пользоваться открытым огнем; включать приборы и установки без разрешения преподавателя; хранить горюче-смазочные материалы; включать двигатели и приборы, минуя заводские выключатели; пользоваться неисправным инструментом, заводными рукоятками.

Все рабочие места и вентиляторы двигателей должны иметь индивидуальные металлические ограждения и трафареты с надписями «Двигатель не пускать».

Электропровода должны иметь надежную изоляцию. На клеммах и розетках необходимо указать напряжение.

Не допускаются к лабораторным работам приборы с нарушением герметичности в их соединениях.

3.5 Методика и порядок выполнения работы

Лабораторную работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) изучить устройство электрогидравлических приспособлений для разборки и сборки прессовых соединений;

2) измерить диаметр и длину хода поршня гидравлического цилиндра приспособления;

3) выполнить расчет электрогидравлического привода согласно предлагаемой методике;

4) сравнить расчетные величины с реальными значениями электрогидравлического привода;

5) дать краткое описание и выполнить расчет на основании исходных данных, выбранных из таблицы 3.4 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

Таблица 3.4 – Исходные данные и варианты расчетов

Вариант	Требуемая сила на штоке P_T, Н	Характер действия силы	Ход штока L, мм	Скорость движения поршня $\upsilon_П$, мм/мин	Рабочее давление q, МПа
1	10500	толкающая	180	2100	6,3
2	12000	толкающая	80	2000	6,3
3	28000	толкающая	155	1800	10,0

Продолжение таблицы 3.4

4	9000	тянущая	75	1600	10,0
5	14000	тянущая	100	600	6.3
6	21200	тянущая	80	800	6,3
7	11900	толкающая	120	1000	6,3
8	11800	толкающая	90	1500	6,3
9	37000	тянущая	95	750	6,3
10	36000	тянущая	100	850	10,0
11	49500	толкающая	110	2000	6,3
12	49800	толкающая	75	2500	6,3
13	50500	тянущая	80	500	6,3
14	50800	тянущая	120	200	10,0
15	11800	толкающая	105	1200	10,0
16	50000	толкающая	110	550	6,3
17	38000	тянущая	160	400	6,3
18	56000	тянущая	155	1300	6,3
19	7800	толкающая	100	1400	6,3
20	19000	толкающая	120	600	10,0
21	19000	тянущая	120	800	6,3
22	19200	тянущая	100	200	6,3
23	2750	толкающая	80	250	6,3
24	28000	толкающая	80	250	10,0
25	12000	тянущая	125	2000	6,3
26	1240	тянущая	200	750	6,3
27	38500	толкающая	125	240	10,0
28	7800	толкающая	80	540	6,3
29	8000	тянущая	80	2050	6,3
30	10000	тянущая	185	2200	6,3

3.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе выполняется каждым студентом самостоятельно и должен содержать следующее:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.

3. Техническую характеристику, описание назначения, устройства и принципа действия электрогидравлических приспособлений для выпрессовки деталей.

4. Технологический расчет основных параметров электрогидравлических приводов и устройств, выполненный на основании исходных данных, выбранных из таблицы 3.4 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

5. Дату выполнения и подпись студента.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Техническая оснастка для ремонта и обслуживания автомобилей» или в виде отдельного документа, выполненного на листах формата А4.

3.7 Вопросы для защиты работы

Для оценки уровня усвоения материала лабораторной работы рекомендуется следующий перечень контрольных вопросов:

1. Назовите основные части съемника.
2. Перечислите способы приложения усилия выпрессовки к деталям различной формы.
3. Дайте классификацию применяемых захватов.
4. Как определить технологическое усилие при запрессовке детали?
5. Как определить технологическое усилие при выпрессовке детали?
6. Как рассчитать удельное давление на контактной поверхности?

Отчет по лабораторной работе представляется студентом к защите на следующем после проведения лабораторной работы занятии. Защита отчета осуществляется после предварительной проверки и допуска к защите на занятии.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Изучение устройства и методики расчета универсального винтового механического съемника

4.1 Цель работы

Целью выполнения данной лабораторной работы является следующее:

1) приобретение студентами знаний устройства и принципа работы универсального винтового механического съемника;

2) определение основных параметров универсального винтового механического съемника.

4.2 Теоретическое обоснование

Устройство прототипа съемника и принцип действия

Съемник И − 801. 01.000 (рисунок 4.1) состоит из силового винта 3 с рукояткой 6, траверсы 4 и двух захватов 1. Захваты фиксируются на траверсе стопорами 5. Винт имеет наконечник 2, который входит в гнездо под подшипник первичного вала коробки передач.

Для снятия шестерни лапы захватов I заводятся за край шестерни и фиксируются стопорами 5. Винт 3 через сменяемый наконечник 2 необходимо упереть в торец коленчатого вала и вращением рукоятки 6 ввернуть винт 3 в траверсу 4 до полного снятия шестерни.

Съемник универсальный и позволяет спрессовывать детали не только с заднего, но и с переднего конца коленчатого вала, а также шестерню с распределительного вала. Универсальность съемника достигается перемещением захватов 1 по траверсе 4 и фиксацией в требуемом положении стопорами 5 а также комплектацией сменными наконечниками 2.

Выбор материалов для деталей съемник**а**

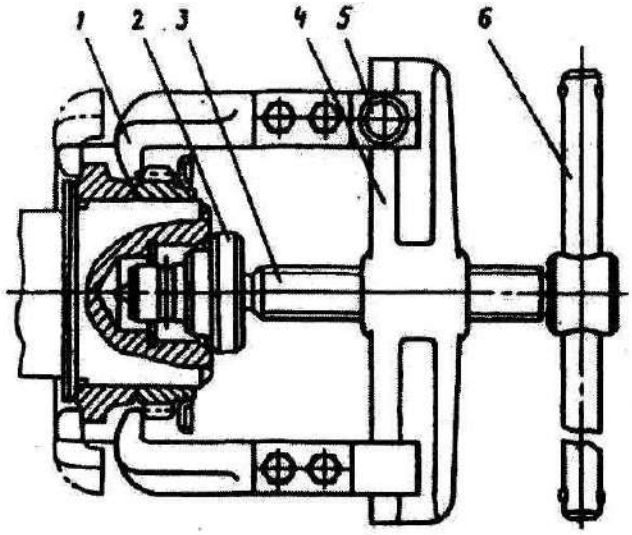


Рисунок 4.1 − Снятие шестерни и заднего противовеса коленчатого вала двигателя КамАЗ-740 универсальным винтовым съемником: I − захват; 2 − сменяемый наконечник; 3 − винт силовой; 4 − траверса; 5 − стопор; 6 − рукоятка

Нагруженными деталями съемника являются: силовой винт, траверса, гайка траверсы (при наличии), захваты и рукоятка. В таблице 4.1 приведены механические свойства сталей, используемых для изготовления деталей съемников [5].

Для изготовления траверсы применяют сталь 45 и сталь марки Ст. 5. Резьбовые втулки в траверсах устанавливают редко, их изготавливают из серого чугуна СЧ 21 ГОСТ 1412–85, а при повышенных нагрузках из бронзы.

Силовой винт и захваты для увеличения прочности целесообразно изготавливать из улучшенных сталей 45 и 40Х. Для повышения износостойкости винта применяют закалку и отпуск на твердость HRC48, а резьбу обрабатывают шлифованием.

Схема к расчету деталей винтового съемника и определение допускаемых напряжений.

Таблица 4.1 − Механические характеристики материалов

Марка стали и вид термо-обработки	Средняя твердость	Предел текучести, σ_{δ} , МПа	Допускаемое напряжение из-гиба $[\sigma_{\grave{e}}]$, МПа	Допускаемое напряжение среза $[\tau_{ср}]$, МПа
Углеродистые стали обыкновенного качества ГОСТ 380-88				
Ст.4	132 НВ	260	118	64
Ст.5	172 НВ	290	137	64
Углеродистые качественные стали ГОСТ 1050-88				
35	207 НВ	314	152	74
45	220 НВ	353	172	83
улучшение	286 НВ	441	206	103
закалка	48HRC	931	333	167
Сталь легированная конструкционная ГОСТ 4543-75				
40Х	217НВ	323	186	93
улучшение	249 НВ	640	245	113
закалка	394 НВ	882	333	161

Схема приложения сил, действующих на винт и на другие детали съемника, приведена на рисунке 4.2.

Допускаемые напряжения растяжения и сжатия для захватов и винтов

$$\lfloor \sigma_{p} \rfloor = [\sigma_{сж}] = [\sigma_{m}]/n \quad , \qquad (4.1)$$

где $[\sigma_m]$ − предел текучести стали, МПа;

n − допустимое значение коэффициента запаса прочности, n =3.

Расчет силового винта на износостойкость

Последовательность расчета передачи винт − гайка приведена в [5], [7].

Номинальный диаметр резьбы d, мм, силового винта [6]

$$d = C\sqrt{Q/[\sigma]}, \qquad (4.2)$$

где C − коэффициент вида резьбы, для основной метрической резьбы C = 1,4;

Q − тяговое усилие винта, необходимое для разборки прессового соединения, Н;

$[\sigma]$ − допускаемое напряжение сжатия или растяжения, для винтов из стали 45 принимается $[\sigma]$ = 80... 100 МПа с учетом обеспечения необходимой износостойкости. Диаметр винта принимаем по таблице 4.2.

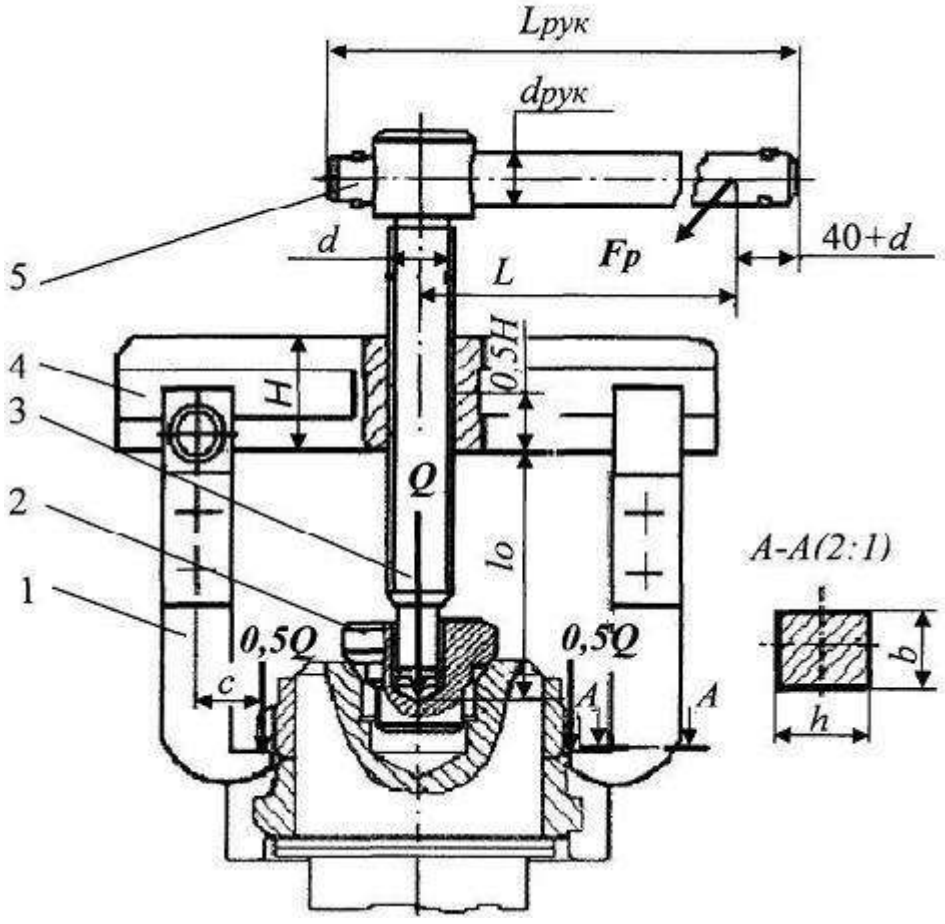


Рисунок 4.2 − К расчету деталей винтового съемника:
1 − захват; 2 − наконечник; 3 − силовой винт; 4 – траверса; 5 − рукоятка

Таблица 4.2 − Тяговое усилие винта в зависимости от диаметра резьбы [8]

Параметры винта	d, мм									
	М8	М10	М12	М16	М20	М24	М27	М3О	М36	М42
Шаг резьбы P, мм	1,25	1,5	1,75	2,00	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5
Тяговое усилие Q, к Н	3,1	4,9	7,0	12,5	19,6	28,2	35,8	44,0	63,5	86,4

Примечание. Таблица 4.2 составлена для стали с $[\sigma_в]$ = 100

МПа. Расчет высоты резьбового отверстия в траверсе

Во многих съемниках резьба под силовой винт нарезана непосредственно в отверстии траверсы, т. е. резьбовая втулка отсутствует. Высоту резьбового отверстия под силовой винт в траверсе (рисунок 4.2)можно определить по формуле:

$$H = \psi_h \cdot d_2, \tag{4.3}$$

где ψ_h − коэффициент высоты резьбового отверстия, можно принять ψ_h = 1,2...2,5;

d_2 − средний диаметр резьбы в мм.

$$d_2 = d - 0{,}65 \cdot P, \tag{4.4}$$

где d − наружный диаметр резьбы, мм;

P − шаг резьбы, принимается по таблице 4.2.

Если прочность материала траверсы ниже прочности винта, то проверяют прочность резьбы траверсы на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot H \cdot K \cdot K_H} \le \lceil \tau_{ср} \rceil, \tag{4.5}$$

где K − коэффициент полноты резьбы, для метрической резьбы K= 0,87;

K_H − коэффициент неравномерности распределения нагрузки по виткам резьбы, K_H = 0,6 ... 0,7;

$\lfloor \tau_{ñð} \rfloor$ − допускаемое напряжение среза, МПа, принимается по таблице 4.1.

Методика расчета резьбовой втулки приведена в учебном пособии [5].

Расчет винта на устойчивость

Для винтов малой гибкости должно соблюдаться условие [7]

$$\lambda \leq \lambda_0 , \tag{4.6}$$

где λ − гибкость винта;

λ_0 − гибкость, при которой критическое напряжение в поперечном сечении винта равно пределу текучести $\sigma_{кр} = \sigma_m$.

По таблице 7.1 [7] для стали Ст.5 λ_0 = 57, а для стали 45 λ_0 = 60.

Гибкость винта определяется по формуле

$$\lambda = \mu \cdot l / i , \tag{4.7}$$

где λ − коэффициент приведения длины, учитывающий способы закрепления концов винта (с. 150, [7]):

μ = 0,7 один конец винта закреплен шарнирно, а другой − заделан (рисунок 1.3в); μ = 1,0 − оба конца шарнирно оперты; μ = 2,0 − один конец винта заделан, а другой свободен;

l − длина сжатой части винта, согласно рисунку 4.2:

$$l = l_0 + 0,5\,H; \tag{4.8}$$

i − радиус инерции поперечного сечения винта, мм:

$$i = (2 / d_1)\sqrt{\frac{J}{\pi}} , \tag{4.9}$$

где $d_1 = d - 1,083P$ − внутренний диаметр резьбы, мм; (4.10)

J − момент инерции поперечного сечения винта, который определяется по формуле:

$$J = (\pi \cdot d_1^4 / 64) \cdot (0{,}375 + 0{,}625d / d_1), \text{ мм}^4. \quad (4.11)$$

Если гибкость винта $\lambda < \lambda_0$, то специальный расчет на устойчивость не нужен.

Расчет рукоятки на прочность

Момент, создаваемый усилием рабочего на рукоятке:

$$T_{\text{рук}} = F_P L, \text{ Н·мм}, \quad (4.12)$$

где F_p − усилие рабочего на рукоятке, принимается F_p = 150...250 Н; L − рабочая длина рукоятки (плечо приложения силы), мм.

Данный момент идет на преодоление суммарного момента от трения в резьбе и на опорной поверхности винта [6]

$$T_{рук} = T_p + T_{\text{п}}, \quad (4.13)$$

где T_p − момент трения в резьбе;

$T_{\text{п}}$ − момент трения на опорной поверхности винта.

Момент трения в резьбе определяется по формуле:

$$T_p = Q - r_{ср} \cdot tg(a + b), \quad (4.14)$$

где Q − осевая (тяговая) сила съемника, Н;

$r_{ср}$ − средний радиус резьбы, мм;

a − угол подъема резьбы, град;

b − угол трения в резьбе, град.

Средний радиус резьбы, мм:

$$r_{ср} = 0{,}45d. \quad (4.15)$$

Для резьб от М8 до М42 в среднем можно принять $a = 2\ 30'$ и $b = 10\ 30'$. После подстановки данных значений получим:

$$T_p \sim 0{,}1 \cdot d \cdot Q. \tag{4.16}$$

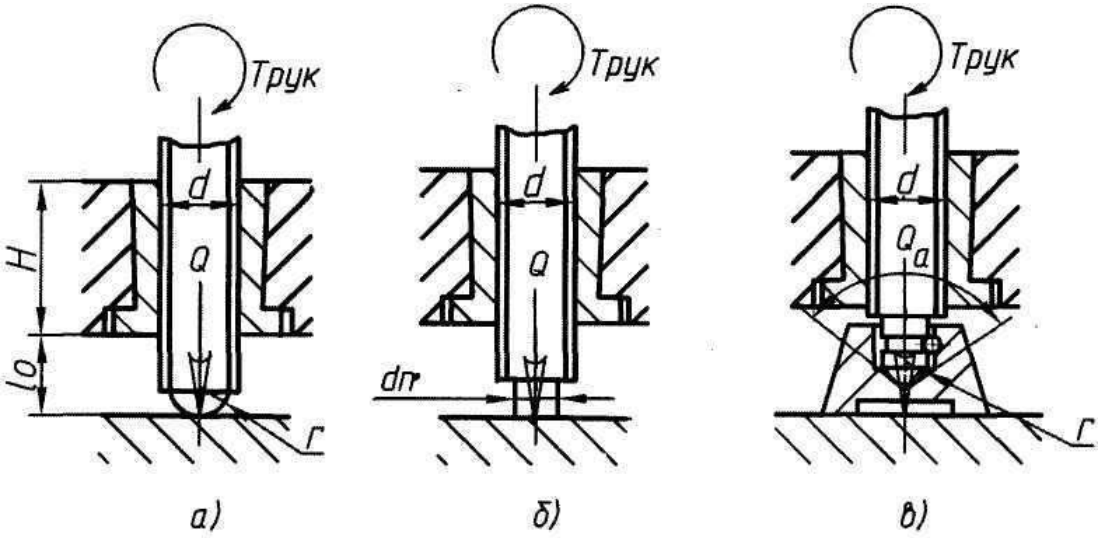


Рисунок 4.3 − К расчету суммарного момента на рукоятке в зависимости от формы опорной поверхности винта: а) сферический торец; б) плоский торец; в) торец с наконечником (башмаком)

Момент трения на опорной поверхности винта зависит от формы торца (рисунок 1.3), [6].

Для винта со сферическим торцом, например, с завальцованным шариком (рисунок 1.3а) момент трения на торце весьма мал и можно принять $T_П = 0$.

В этом случае суммарный момент на рукоятке

$$T_{рук} = T_p = 0{,}1 \cdot d\ Q. \tag{4.17}$$

Рабочая длина рукоятки для винта со сферическим концом (рисунок 1.3а)

$$L = 0{,}1 \cdot d \cdot Q / F_p. \tag{4.18}$$

Для винта с плоским торцом (рисунок 3б) суммарный момент на рукоятке

$$T_{рук} = T_р + T_п = 0{,}1 \cdot d \cdot Q + f \cdot Q \cdot dn/3, \quad (4.19)$$

где f − коэффициент трения сталь по стали, f = 0,16;

dn − диаметр плоского торца, мм.

Для винта с наконечником (рисунок 4.3 в), предупреждающим повреждение разбираемых деталей, суммарный момент на рукоятке.

$$T_{рук} = 0{,}1 \cdot Q(d + r), \quad (4.20)$$

где r − радиус сферы на конце винта, м.

Отсюда, рабочая длина рукоятки для винта с наконечником

$$L = 0{,}1 \cdot Q(d + r)/F_р. \quad (4.21)$$

Диаметр рукоятки определяется из условия прочности на изгиб:

$$d_{рук} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot T_{рук}}{\pi \cdot [\sigma_и]}}, \quad (4.22)$$

где $[\sigma_И]$ − допускаемое напряжение изгиба, МПа, принимается по таблице 4.1.

Полная длина рукоятки

$$L_{рук} = L + 2d + 40, \text{ мм}. \quad (4.23)$$

Расчет захвата на прочность

Площадь поперечного сечения детали в сечении А-А (рисунок 4.2):

$F = b \cdot h$, м^2, (4.24) где b и h − соответственно, ширина и высота поперечного сечения захвата в сечении А-А, м.

Момент сопротивления изгибу, м^3:

$$W_u = b \cdot h^2 / 6. \qquad (4.25)$$

Суммарное напряжение от растяжения и изгиба, МПа:

$$\sigma_{сум} = \sigma_р + \sigma_и = \frac{Q}{2F} + \frac{Q \cdot c}{2W_u}, МПа < [\sigma_{сум}], \qquad (4.26)$$

$[\sigma]$

где $[\sigma_{сум}]$ – допускаемое суммарное напряжение от растяжения и изгиба, МПа, определяется по формуле (4.1).

Пример. Рассчитать на прочность конструкцию винтового съемника для снятия распределительной шестерни с коленчатого вала двигателя КамАЗ. Устройство съемника показано на рисунке 4.1. Необходимое технологическое усилие для распрессовки соединения Q = 34400 Н.

Решение. 1. Выбираем материалы деталей съемника. Для силового винта и захватов принимаем по таблице 4.1 сталь 45 ГОСТ 1050–88 в улучшенном состоянии, $\sigma_Т$ = 441 МПа, для траверсы и рукоятки − сталь марки Ст. 5 ГОСТ 380–88.

2. Допускаемые напряжения

− для материала захватов $[\sigma_в] = [\sigma_т] / [n]$ = 441/3 = 147 МПа;

− для материала винта $[\sigma_в]$ = 100 МПа с учетом обеспечения износостойкости [6];

− для материала рукоятки и траверсы $[\sigma_и]$ = 137 МПа и $[\tau_{сд}]$ = 64 МПа (таблица 4.1).

3. Номинальный (наружный) диаметр винта (формула 4.2)

$$d = C\sqrt{Q / \sigma} = 1,4\sqrt{34400 / 100} = 25,97 мм,$$

где C — коэффициент для основной метрической резьбы, C = 1,4.

Принимаем по таблице 4.2 метрическую резьбу М27х3 с наружным диаметром d = 27 мм и шагом резьбы P = 3 мм.

4. Средний диаметр резьбы (формула 4.4)

$d_2 = d - 0{,}65P = 27 - 0{,}65 \cdot 3 = 25{,}05$ мм.

5. Высота резьбового отверстия в траверсе (формула 4.3), $Y_h = 1{,}7$:

$H = Y_h \cdot d_2 = 1{,}7 \cdot 25{,}05 = 42{,}6$ мм.

Действительная высота траверсы $H = 50$ мм.

6. Прочность резьбы в отверстии траверсы на срез (формула 4.5)

К = 0,87; $K_н = 0{,}76$; $[\tau_{ñð}] = 64$ МПа:

$$\tau_{ср} = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot H \cdot K \cdot K_H} = \frac{34400}{3{,}14 \cdot 27 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}7} = 12{,}1 \text{ МПа} < [\tau_{ср}].$$

7. Расчет винта на устойчивость

7.1 Внутренний диаметр резьбы (формула 4.10)

$d_1 = d - 1{,}083\,P = 27 - 1{,}083 \cdot 3 = 23{,}75$ мм.

7.2 Полная длина сжатой части винта согласно рисунку

4.2 $l = l_0 + 0{,}5\,H = ll_0 + 0{,}5 \cdot 50 = 135$ мм.

7.3 Момент инерции поперечного сечения винта (формула 4.11)

$J = (\pi \cdot d_1^4 / 64) \cdot (0{,}375 + 0{,}625 \cdot d / d_1) = 23{,}75^4/64) \cdot (0{,}375 + 0{,}625 \cdot 27/23{,}75) =$

$= 16953$ мм^4.

7.3 Радиус инерции поперечного сечения винта (формула 4.9)

$$i = (2 / d_1)\sqrt{\frac{J}{\pi}} = (2 / 23{,}75)\sqrt{\frac{16953}{3{,}14}} = 6{,}19 \text{мм}.$$

7.4 Гибкость винта (формула 4.7), m − коэффициент приведения длины, учитывающий способы закрепления концов винта. Один конец винта

закреплен шарнирно, а другой − заделан (рисунок 3в), поэтому μ = 0,7; материал винта − сталь 45, λ_0 = 60 по таблице 7.1 [7]:

$$\lambda = \mu \cdot l / i = 0{,}7 \cdot 135 / 6{,}19 = 15{,}37 < \lambda_0 = 60.$$

Следовательно, винт малой гибкости и его устойчивость обеспечивается.

8 Расчет рукоятки на прочность

8.1 Рабочая длина рукоятки для винта с наконечником, предупреждающим повреждение детали (формула 4.21), r = 8мм; F_p =200Н:

$$L = 0{,}1Q(d + r) / F_{\partial} = 0{,}1 \cdot 34400 \cdot (0{,}027+0{,}008)/200 = 0{,}6 \text{ м}.$$

8.2 Момент на рукоятке (формула 4.12)

$$T_{рук} = F_P L = 200 \cdot 600 = 120000, \text{ Н·мм}.$$

8.3 Диаметр рукоятки (формула 4.22), $[\sigma_и]$ = 137 МПа:

$$d_{рук} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot T_{рук}}{\pi \cdot [\sigma_и]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1200}{3{,}14 \cdot 137}} = 20{,}7 \text{ мм}.$$

Принимаем $d_{рук}$ = 21 мм.

8.4 Полная длина рукоятки (формула 4.17)

$$L_{рук} = L + 2d + 40 = 600 + 2 \cdot 21 + 40 = 682 \text{ мм}.$$

9. Расчет захвата на прочность

9.1 Площадь поперечного сечения детали в сечении А-А (рисунок 4.2)

$$F = b \cdot h = 0{,}025 \cdot 0{,}030 = 3{,}75 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2.$$

9.2 Момент сопротивления изгибу (формула 4.25)

$$W_u = bh^2/6 = 0{,}025 \cdot 0{,}030^2 = 3{,}75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

9.3 Суммарное напряжение от растяжения и изгиба (формула 4.26), $[\sigma_{сум}]$=147 МПа:

$$\sigma_{сум} = \sigma_{р} + \sigma_{и} = \frac{Q}{2F} + \frac{Q \cdot c}{2W_{и}} = \frac{34400}{2 \cdot 7{,}5 \cdot 10^{-4}} + \frac{34400 \cdot 0{,}025}{2 \cdot 3{,}75 \cdot 10^{-6}} = 137{,}6 МПа < [\sigma_{сум}].$$

Следовательно, прочность захвата в опасном сечении А-А достаточная.

4.3 Аппаратура и материалы

При выполнении лабораторной работы 4 требуется следующее материальное обеспечение:

1) комплект универсальных винтовых механических съемников и приспособлений для выпрессовки деталей;

2) штангенциркуль;

3) набор слесарного инструмента;

4) калькулятор.

4.4 Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы 4 обязательным является выполнение следующих мер безопасности:

1) запрещается прикасаться к вращающимся деталям двигателей;

2) включение приборов электрического освещения и электропитания производить только с разрешения ведущего преподавателя или учебного мастера;

3) работу выполнять только в присутствии преподавателя или учебного мастера.

Каждое рабочее место должно быть оснащено исправным технологическим оборудованием, инструментом и принадлежностями; технологическими картами и инструкциями; описью поста и краткой

инструкцией по технике безопасности, противопожарными средствами и правилами их применения.

На рабочих местах запрещено: работать учащимся, не прошедшим инструктаж; пользоваться открытым огнем; включать приборы и установки без разрешения преподавателя; хранить горюче-смазочные материалы; включать двигатели и приборы, минуя заводские выключатели; пользоваться неисправным инструментом, заводными рукоятками.

Все рабочие места и вентиляторы двигателей должны иметь индивидуальные металлические ограждения и трафареты с надписями «Двигатель не пускать».

Электропровода должны иметь надежную изоляцию. На клеммах и розетках необходимо указать напряжение.

Не допускаются к лабораторным работам приборы с нарушением герметичности в их соединениях.

4.5 Методика и порядок выполнения работы

Лабораторную работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) изучить устройство универсальных винтовых механических приспособлений для разборки и сборки прессовых соединений;

2) измерить диаметр, длину хода и шаг резьбы винта съемника;

3) выполнить расчет винтового съемника согласно предлагаемой методике;

4) сравнить расчетные величины с реальными значениями винтового съемника;

5) дать краткое описание и выполнить расчет на основании исходных данных, выбранных из таблицы 4.3 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

Таблица 4.3 – Исходные данные и варианты расчетов

Вариант	1	2	3	4	5	6
Q, кН	35,2	30,8	36,5	31,4	25,5	34,8
l_0, мм	114	112	108	96	98	120
Вариант	7	8	9	10	11	12
Q, кН	63,0	86	17,0	12,1	24,9	62,6
l_0, мм	140	138	90	88	96	150
Вариант	13	14	15	16	17	18
Q, кН	28,2	34,0	44,0	42,6	40,5	11,4
l_0, мм	102	100	122	124	118	80
Вариант	19	20	21	22	23	24
Q, кН	17,4	18,2	26,6	33,5	82,0	34,0
l_0, мм	95	96	95	112	135	120
Вариант	25	26	27	28	29	30
Q, кН	32,8	62,0	39,5	26,0	80,0	34,4
l_0, мм	105	120	116	88	125	110

Примечание. Q − осевая сила; l_0 − вылет нагруженной части винта.

4.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе выполняется каждым студентом самостоятельно и должен содержать следующее:

1. Название лабораторной работы.

2. Цель работы.

3. Техническую характеристику, описание назначения, устройства и принципа действия универсального винтового механического съемника для выпрессовки деталей.

4. Технологический расчет основных параметров универсального винтового механического съемника, выполненный на основании исходных данных, выбранных из таблицы 4.3 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

5. Дату выполнения и подпись студента.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Техническая оснастка для ремонта и обслуживания автомобилей» или в виде отдельного документа, выполненного на листах формата А4.

4.7 Вопросы для защиты работы

Для оценки уровня усвоения материала лабораторной работы рекомендуется следующий перечень контрольных вопросов:

1. Назовите основные части съемника.
2. Перечислите способы приложения усилия выпрессовки к деталям различной формы.
3. Дайте классификацию применяемых захватов.
4. Как определить технологическое усилие при запрессовке детали?
5. Как определить технологическое усилие при выпрессовке детали?
6. Как рассчитать удельное давление на контактной поверхности?

Отчет по лабораторной работе представляется студентом к защите на следующем после проведения лабораторной работы занятии. Защита отчета осуществляется после предварительной проверки и допуска к защите на занятии.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

Изучение устройства и методики расчета разборочно-сборочных приспособлений

5.1 Цель работы

Целью выполнения данной лабораторной работы является следующее:

1) приобретение студентами знаний устройства и принципа работы разборочно-сборочных приспособлений;

2) определение основных параметров разборочно-сборочных приспособлений.

5.2 Теоретическое обоснование

Приспособления для ввертывания и вывертывания шпилек

Для соединения деталей в машинах широко применяют разнообразные шпильки. Длину их резьбовой части устанавливают в зависимости от нагрузки (растягивающей силы), приходящейся на шпильку, вида металла, изкоторого сделана деталь, куда ввинчивается шпилька.

Так, например, при ввертывании шпильки в стальную или бронзовую деталь длина резьбы на шпильке должна быть не меньше диаметра шпильки, при ввинчивании в чугунную деталь − не менее 1,3 и в легкие металлы − 2,0 диаметра шпильки.

Основное требование к постановке шпилек на место — их плотная посадка в теле детали, с тем чтобы при отвертывании с них гаек шпильки не вывертывались из деталей.

Однако на практике довольно часто наблюдаются случаи, когда вместе с гайками вывертываются и шпильки. Установлено, что такое явление происходит при несоблюдении натягов во время установки шпилек на место. Для того чтобы они не вывертывались при отвертывании гаек, необходимо их подбирать по отверстиям с таким условием, чтобы момент, необходимый для вывертывания шпильки, составлял 1,3...1,4 момента затяжки гайки, устанавливаемой на другом конце шпильки.

Часто при сборке машин плотность посадки шпилек в деталяхпроверяют на глаз после ввертывания их в тело детали на три-четыре витка резьбы. Следует заметить, что этот способ ненадежен, так как не поддается контролю.

Более совершенный способ — контроль плотности посадки шпильки с помощью динамометрического ключа. Вначале в него руками ввертывают

проверяемую шпильку, затем, удерживая ключ за диск, ввертывают шпильку в тело детали.

Пружинки ключа должны быть затянуты с усилием, обеспечивающим передачу момента. При такой регулировке диск после четырех-пяти оборотов должен начать свободно провертываться. Если этого не происходит или, наоборот, он начинает провертываться через один - два оборота, то шпильку нужно заменить в первом случае на более толстую, а во втором — на более тонкую.

Кроме подбора шпилек по диаметру для их более плотной посадки резьбу ввертываемой части следует покрыть суриком или белилами, разведенными на натуральной олифе.

Плотность постановки шпильки на место можно проверить молотком с медными бойками, постукивая им по ее не нарезанной части. Если шпилька ввернута правильно, то слышится металлический звук без дребезжания.

Завернутая шпилька не только должна плотно сидеть, но и быть перпендикулярной к плоскости детали, в которую она вставлена. Запрещается правка шпилек после их установки на место.

Допустимая неперпендикулярность шпилек, применяемых в ответственных соединениях, например в крышках коренных подшипников коленчатых валов двигателей (ДВС), составляет 0,2...0,4 мм, а для шпилек крепления головок блока двигателей тракторов и автомобилем. В некоторых соединениях важно, чтобы высота выступающей части шпильки после ввертывания ее в тело детали была строго определенной (отклонение ±1...1,5 мм). Контролировать нужную высоту h шпильки удобно шаблоном 2 с верхним и нижним пределами.

Ввертывать и вывертывать шпильки нужно очень аккуратно, применяя соответствующие приемы и приспособления. Особенно осторожно следует свинчивать со шпилек тугосидящие гайки и вывертывать шпильки из тела деталей, так как при этом возможен обрыв шпильки. Он обычно происходит

в месте выхода резьбы из тела детали и вызывает сложные дополнительные операции, связанные с извлечением оставшихся обломков.

Очень часто чрезмерная или неравномерная затяжка гаек на шпильках, крепящих головки к блоку цилиндров, приводит к выпучиванию металла на привалочной плоскости вокруг шпильки. В результате этого головки неплотно прилегают к блоку. Ввертывать и вывертывать шпильки можно с помощью обычных инструментов и гаек, а также специальными приспособлениями с ручным и механическим приводами.

Ручной способ постановки шпилек малопроизводителен. Эффективнее и надежнее использовать обычные сверлильные станки, электрические или пневматические гайковерты или шпильковерты.

Все существующие приспособления по способу захвата шпильки разделяют на два типа: удерживающие шпильку за резьбу ее выступающей части и за поясок, т. е. за не нарезанную часть.

Основной недостаток приспособлений первого типа состоит в том, что если шпилька ввернута в деталь с большим натягом, то возможно вытягивание резьбы выступающей части, а также скручивание шпильки (при значительной длине выступающей части и больших натягах в резьбе).

Приспособления, удерживающие шпильки за поясок, лишены этого недостатка, но они больше по размерам и поэтому не всегда удобны в применении. Кроме того, при использовании эксцентриковых приспособлений на поверхности шпильки остаются следы от накатки и насечки, которые необходимо зачищать бархатным напильником и шкуркой. Об этом нужно помнить и не применять эти ключи при завинчивании чисто обработанных шпилек.

5.3 Аппаратура и материалы

При выполнении лабораторной работы 5 требуется следующее материальное обеспечение:

1) комплект приспособлений для разборочно-сборочных работ;

2) штангенциркуль;

3) набор слесарного инструмента;

4) калькулятор.

5.4 Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы 5 обязательным является выполнение следующих мер безопасности:

1) запрещается прикасаться к вращающимся деталям двигателей;

2) включение приборов электрического освещения и электропитания производить только с разрешения ведущего преподавателя или учебного мастера;

3) работу выполнять только в присутствии преподавателя или учебного мастера.

Каждое рабочее место должно быть оснащено исправным технологическим оборудованием, инструментом и принадлежностями; технологическими картами и инструкциями; описью поста и краткой инструкцией по технике безопасности, противопожарными средствами и правилами их применения.

На рабочих местах запрещено: работать учащимся, не прошедшим инструктаж; пользоваться открытым огнем; включать приборы и установки без разрешения преподавателя; хранить горюче-смазочные материалы; включать двигатели и приборы, минуя заводские выключатели; пользоваться неисправным инструментом, заводными рукоятками.

Все рабочие места и вентиляторы двигателей должны иметь индивидуальные металлические ограждения и трафареты с надписями «Двигатель не пускать».

Электропровода должны иметь надежную изоляцию. На клеммах и розетках необходимо указать напряжение.

Не допускаются к лабораторным работам приборы с нарушением герметичности в их соединениях.

5.5 Методика и порядок выполнения работы

Лабораторную работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) изучить устройство универсальных винтовых механических приспособлений для разборки и сборки прессовых соединений;

2) измерить диаметр, длину хода и шаг резьбы винта съемника;

3) выполнить расчет винтового съемника согласно предлагаемой методике;

4) сравнить расчетные величины с реальными значениями винтового съемника;

5) дать краткое описание и выполнить расчет на основании исходных данных, выбранных из таблицы 4.3 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

5.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе выполняется каждым студентом самостоятельно и должен содержать следующее:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Техническую характеристику, описание назначения, устройства и принципа действия разборочно-сборочных приспособлений.
4. Технологический расчет основных параметров разборочно-сборочных приспособлений, выполненный на основании исходных данных, выбранных из таблицы 5.3 в соответствии с индивидуальным вариантом студента.

5. Дату выполнения и подпись студента.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Техническая оснастка для ремонта и обслуживания автомобилей» или в виде отдельного документа, выполненного на листах формата А4.

5.7 Вопросы для защиты работы

Для оценки уровня усвоения материала лабораторной работы рекомендуется следующий перечень контрольных вопросов:

1. Назовите основные части разборочно-сборочных приспособлений.
2. Перечислите способы приложения усилия выпрессовки к деталям различной формы.
3. Дайте классификацию применяемых захватов.
4. Как определить технологическое усилие при запрессовке детали?
5. Как определить технологическое усилие при выпрессовке детали?

Отчет по лабораторной работе представляется студентом к защите на следующем после проведения лабораторной работы занятии. Защита отчета осуществляется после предварительной проверки и допуска к защите на занятии.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. Т. 3 – 8-е изд., перераб. и доп. / В. П. Анурьев. − М. : Машиностроение, 2001.

2 Фаскиев, Р. С. Проектирование приспособлений: учебное пособие / Р. С. Фаскиев, Е. В. Бондаренко − Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2006.

3 Антонюк, В. Е. В помощь молодому конструктору станочных приспособлений / В. Е. Антонюк. − Минск : Беларусь. − 1975.

4 Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений: учебник для вузов. / В. С. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1983.

5 Куклин, Н. Г. Детали машин : учебник для заочных техникумов. Изд. 2-е. / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина. – М. : Высш. школа, 1976.

6 Белоусов, А. П. Проектирование станочных приспособлений : учебное пособие для учащихся техникумов. − 3-е изд., перераб и доп. / А. П. Белоусов. − М. : Высш. школа, 1980.

7 Киркач, Н. Ф. Расчет и проектирование деталей машин : учебное пособие для техн. вузов. / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. − Харьков : Основа, 1991.

8 Ремонт автомобилей : учебник для вузов / Л. В. Дехтеринский [и др.]; под ред. Л. В. Дехтеринского. – М : Транспорт, 1992.

9 ГОСТ 15608-81Е. Пневмоприводы поршневые. Технические условия.

10 ГОСТ 617-90. Трубы медные. Технические условия.

11 ГОСТ8733-74.Трубыстальныебесшовные холоднодеформированные и теплодеформированные. Технические требования. – М., 1974.

12 ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – М., 1971.

13 ГОСТ 8734-75. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент. – М., 1975.

14 ГОСТ 494-90. Трубы латунные. Технические условия. – М., 1990.

15 ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – М., 1985.

16 ГОСТ 380-88. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. – М., 1988.

17 ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной концентрической стали. Общие технические условия. – М., 1988.

18 ГОСТ 2.104-68. ЕСКД. Основные надписи. – М., 1968.

19 ГОСТ 2.106-96. ЕСКД. Текстовые документы. – М., 1996.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических занятий по дисциплине «Технологический процесс и технологическая документация по сборке узлов и изделий» для студентов по направлению 15.02.16 «Технология машиностроения»

Министерство образования и

науки РФФГБОУ ВПО

«Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ А. А. Угаров
14.09.2022

Горшков Э.В.

Диагностика, наладка, подналадка и ремонт металлообрабатывающего оборудования

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов
специальности 15.02.16 Технология машиностроения

Екатеринбург
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа № 1. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ППР)…….

1.1. Цель работы……

1.2. Основные сведения……

1.3. Методика расчета графика ППР……..

Практическая работа № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛА…….

2.1. Цель работы……

2.2. Расчет трудоемкости ремонтных работ……

2.3. Расчет штата ремонтного персонала…….

2.4. Определение численности ремонтного персонала……..

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……

Практическая работа № 1
ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ППР)

1.1. Цель работы

1. Ознакомление с ремонтными нормативами.
2. Получение навыка по перспективному планированию ремонтных работ.

1.2. Основные сведения

Длительная и надежная работа горных машин возможна только при условии систематического и качественного проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту.

Под техническим обслуживанием понимают комплекс работ для поддержания исправности или только работоспособности машин при подготовке и использовании по назначению, при хранении и транспортировании.

Ремонт – комплекс работ для поддержания и восстановления исправности или работоспособности машин.

Система технического обслуживания и ремонта – комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту машин для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества, предусмотренных нормативной документацией.

В горной промышленности широкое применение получила ***система планово-предупредительного ремонта***. Сущность этой системы заключается в том, что горные машины после определенной наработки подвергаются осмотрам и различным видам ремонтов, периодичность и продолжительность которых определяются в зависимости от конструктивных особенностей машин, ресурса деталей и сборочных единиц и условий их эксплуатации. Система называется ***плановой*** потому, что все ее мероприятия осуществляются по заранее разработанному плану и ***предупредительной*** – потому, что выполняемые работы носят

предупредительный, профилактический характер, исключающий возможность работы машин в условиях прогрессирующего износа.

Для каждой группы оборудования карьера и шахты характерны свои мероприятия по техобслуживанию и ремонту: для одноковшовных и многоковшовных экскаваторов, буровых станков, отвалообразователей, перегружателей, транспортно-отвальных мостов, конвейеров – ежесменное и ежесуточное обслуживание, периодические ремонтные осмотры, текущие и капитальные ремонты. Для тяговых агрегатов, электровозов, дизельэлектровозов, тепловозов, думпкаров, вагонов мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту включают заводские (З), подъемочные (П), большие и малые периодические и профилактические ремонты. В комплекс мероприятий по обслуживанию автосамосвалов, скреперов, бульдозеров, рыхлителей погрузчиков входят ежесменное обслуживание (ЕО), технические обслуживания ТО-1 и ТО-2, сезонное обслуживание (СО), текущий (Т) и капитальный (К) ремонты.

Существует долгосрочное, годовое и текущее (месячное) планирование ремонтных работ.

Работа № 1 ограничивается разработкой годового графика ППР. Обоснованное составление перспективного графика ППР предполагает проведение соответствующих расчетов. Основой для расчетов служат ремонтные нормативы (прил. 1–3).

1.3. Методика расчета графика ППР

В практической работе следует произвести расчет и построить годовой график ППР для заданной машины. Ниже приводятся примеры расчета и годовые графики ППР для экскаватора ЭКГ-8И и компрессора К250-61-1.

Пример 1. Исходные данные для расчета экскаватора ЭКГ-8И.

Межремонтные сроки, маш.-ч:

К=22400, Т3=11200, Т2=5600, Т1=2800, РО=466.

Трудоемкость ремонтов, чел.-ч:

К=9330, Т3=3740, Т2=2280, Т1=1280, РО=630.

Продолжительность ремонтов, сутки:

К=30, Т3=12, Т2=8, Т1=4, РО=2.

Режим работы экскаватора:

7-дневная рабочая неделя, количество рабочих смен в сутки – 3, продолжительность смены – 8 часов, коэффициент использования по машинному времени – 0,8.

Машина введена в эксплуатацию 07.07.2013 года после проведения ТЗ. Расчет графика выполнить на 2014 год.

Решение

Исходя из межремонтных сроков, составим структуру ремонтного цикла:

Н – 466$РО_1$ – 932$РО_2$ – 1398$РО_3$ – 1864$РО_4$ – 2330$РО_5$ – – 2800$Т_1$(1) – 3266$РО_6$ – 3732$РО_7$ – 4198$РО_8$ – 4664$РО_9$ – – 5130$РО_{10}$ – 5600$Т_2$(1) – 6066$РО_{11}$ – 6532$РО_{12}$ – 6998$РО_{13}$ – – 7464$РО_{14}$ – 7930$РО_{15}$ – 8400$Т_1$(2) – 8866$РО_{16}$ – 9332$РО_{17}$ – – 9798$РО_{18}$ – 10264$РО_{19}$ – 10730$РО_{20}$ – 11200$Т_3$ – 11666$РО_{21}$ – – 12132$РО_{22}$ – 12598$РО_{23}$ – 13064$РО_{24}$ – 13530$РО_{25}$ – 14000$Т_1$(3) – – 14466$РО_{26}$ – 14932$РО_{27}$ – 15398$РО_{28}$ – 15864$РО_{29}$ – 16330$РО_{30}$ – – 16800$Т_2$(2) – 17266$РО_{31}$ – 17732$РО_{32}$ – 18198$РО_{33}$ – 18664$РО_{34}$ – – 19130$РО_{35}$ – 19600$Т_1$(4) – 20066$РО_{37}$ – 20532$РО_{37}$ – 20998$РО_{38}$ – – 21464$РО_{39}$ – 21930$РО_{40}$ – 22400К.

Цифры в структурной формуле являются нормативным временем постановки машины в ремонт.

Расчет графика ППР для экскаватора ЭКГ-8И начинается с июля месяца, так как экскаватор введен в работу 07.07.2013 г. В ремонтных нормативах для экскаватора межремонтные сроки даны в машино-часах.

Суточная наработка экскаватора составляет

$$3 \cdot 8 \cdot 0{,}8 = 19{,}2 \text{ маш.-ч.},$$

так как экскаватор работает 3 смены, каждая по 8 календарных часов, при коэффициенте использования по машинному времени 0,8.

Определяем количество машино-часов работы экскаватора по месяцам года

$$Т = Д_{рм} \cdot n \cdot t \cdot К_{имв}, \qquad (1.1)$$

где $Д_{рм}$ – количество дней работы экскаватора в месяц; n – количество рабочих смен в сутки; t – продолжительность

смены, ч; $К_{имв}$ – коэффициент использования по машинному времени.

2013 год (маш.-ч)

Июль – 24·3·8·0,8=461
Август – 31·3·8·0,8=595
Сентябрь – 30·3·8·0,8=576
Октябрь – 31·3·80,8=595
Ноябрь – 30·3·8·0,8=576
Декабрь – 31·3·8·0,8=595

2014 год (маш.-ч)

Январь – 31·3·80,8=595
Февраль – 28·3·8·0,8=538
Март – 31·38·0,8=595
Апрель – 30·3·8·0,8=576
Май – 31·3·8·0,8=595
Июнь – 30·3·8·0,8=576
Июль – 31·3·8·0,8=595
Август – 31·3·8·0,8=595
Сентябрь – 30·3·8·0,8=576
Октябрь – 31·3·8·0,8=595
Ноябрь – 30·3·8·0,8=576
Декабрь – 31·3·8·0,8=595

Порядок расчета графика, представленный в табл. 1.1, следующий.

Возможный фонд рабочего времени определяется произведением количества рабочих суток умноженное на суточную наработку машины в маш.-час. Простои в ремонте берутся в ремонтных нормативах и переводятся в машино-часы.

Действительный фонд рабочего времени равен разности возможного фонда и простоев машины в ремонте. Нарастающий фонд рабочего времени есть сумма предыдущего фонда и действительного в данном месяце. Время до ремонта по нормативу и вид ремонта берутся из структурной формулы ремонта.

Срок выполнения ремонта определяется следующим образом. Берем разность нарастающего итога фонда рабочего времени за

предыдущий месяц и временем до ремонта по нормативу в текущем месяце, полученное число делим на количество маш.-часов в сутки. К полученному количеству суток при прерывной рабочей неделе добавляем выходные дни. Получаем дату ремонта (сроки выполнения).

Таблица 1.1

Расчет графика ППР для экскаватора ЭКГ-8И

Месяц/ год	Возможный фонд рабочего времени, маш.-ч	Простой в ремонте		Действительный фонд рабочего времени, маш.-ч	Нарастающий итог фонда рабочего времени, маш.-ч	Время до ремонта по нормативу, маш.-ч	Вид ремонта	Дата ремонта
		сут-ки	маш.-ч					
2013 год								
Июль	461	–	–	461	11661	11666	–	–
Август	595	2 2	38 38	519	12180	11666 12132	PO_{21} PO_{22}	2, 3, 28, 29
Сентябрь	576	2	38	538	12718	12598	PO_{23}	23, 24
Октябрь	595	2	38	557	13275	13064	PO_{24}	19, 20
Ноябрь	576	2	38	480	13813	13530	PO_{25}	14, 15
Декабрь	595	4	76	519	14332	14000	$T_1(3)$	11, 12, 13, 14
2014 год								
Январь	595	2	38	557	14889	14466	PO_{26}	8, 9
Февраль	538	2	38	500	15389	14932	PO_{27}	3, 4
Март	595	2	38 38	519	15908	15398 15864	PO_{28} PO_{29}	1, 2, 26, 27
Апрель	576	2	38	538	16446	16330	PO_{30}	23, 24
Май	595	8	154	441	16887	16800	$T_2(2)$	19 – 26
Июнь	576	2	38	538	17425	17266	PO_{31}	21, 22
Июль	595	2	38	538	17982	17732	PO_{32}	17, 18
Август	595	2	38	557	18539	18198	PO_{33}	12, 13
Сентябрь	576	2	38	538	19077	18664	PO_{34}	8, 9
Октябрь	595	2 4	38 76	481	19600	19130 19600	PO_{35} $T_1(4)$	4, 5, 28 – 31
Ноябрь	576	– 2	– 38	538	20138	20066	- PO_{36}	25, 26
Декабрь	595	2	38	557	20695	20532	PO_{37}	22, 23

На основании табл. 1.1. составляем табл. 1.2.

Таблица 1.2

График ППР экскаватора ЭКГ-8И на 2014 г.

Месяц 2014 года											
Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
8 – 9 / PO_{26}	3 – 4 / PO_{27}	1–2 / PO_{28} 26–27 / PO_{29}	23–24 / PO_{30}	19–26 / T_2 (2)	21–22 / PO_{31}	17–18 / PO_{32}	12–13 / PO_{33}	8–9 / PO_{34}	4–5 / PO_{35} 28–31 / T_1 (4)	25–26 / PO_{36}	22–23 / PO_{37}

Примечание. 1. Числитель – дата начала и окончания ремонта.
2. Знаменатель – вид ремонта

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛА

2.1. Цель работы

1. Ознакомиться с методикой расчета годовых затрат труда на производство ремонтных работ.

2. Усвоение методики планирования численности ремонтного персонала.

2.2. Расчет трудоемкости ремонтных работ

Пример расчета трудоемкости ремонта экскаватора ЭКГ-8И приведен в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Расчет годовой программы и трудоемкости ремонта экскаватора

Наименование оборудования	Количество в работе, шт.	Годовая наработка (т), маш.-ч	Межремонтные сроки, маш.-ч				
			К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО
Экскаватор ЭКГ-8И	12	6269	22400	11200	5600	2800	466

Продолжение табл. 2.1

Количество ремонтов на единицу в год					Годовая программа (количество ремонтов на парк оборудования)				
К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО	К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО
0,28	0,28	0,56	1,12	11,21	3,36	3,36	6,72	13,44	134,52

Продолжение табл. 2.1

Трудоемкость одного ремонта, чел.-ч					Трудоемкость на годовую программу, чел.-ч				
К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО	К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО

9330	3740	2280	1280	630	31349	12566	15322	17203	84748

Годовая наработка определяется по выражению

$$T = (T_р - T_{рем})\, n \cdot t_c \cdot K_{исп}\,, \qquad (2.1)$$

где $T_р$ – количество рабочих дней предприятия в году; $T_{рем}$ – среднегодовые простои машины в ремонтах, дни; n – число смен работы машины в сутки; $t_с$ – продолжительность смены, ч; $K_{исп}$ – коэффициент использования по машинному времени.

Годовая наработка зависит от режима работы предприятия и от интенсивности использования машины.

Если принять для экскаватора 7-дневную рабочую неделю при 3-х сменной суточной работе с продолжительностью смены 8 часов, то

$$T = (365 - 38{,}5)\, 3 \cdot 8 \cdot 0{,}8 = 6269 \text{ (маш.-ч)}\,,$$

В общем случае $T_р = T_к - T_в - T_п$; $T_к$ – количество календарных дней в году; $T_в$ – количество воскресных дней в году; $T_п$ – количество праздничных дней в году.

Среднегодовые простои экскаватора ЭКГ-8И в ремонтах – $T_{рем}$=38,5 суток – определены следующим образом: исходя из периодичности ремонтов, структура ремонтного цикла имеет вид:

$$5РО–T_1(1) –5РО–T_2(1) –5РО–T_1(2) –5РО–T_3–5РО–T_1(3) –$$
$$–5РО—T_2(2) –5РО–T_1(4) –5РО–К,$$

т. е. количество ремонтов за ремонтный цикл

$$К=1,\ T_3=1,\ T_2=2,\ T_1=4,\ РО=40\ .$$

Таблица 2.2

Суммарные простои за РЦ

Виды ремонтов	Количество ремонтов за РЦ	Нормативные простои в ремонте, сутки	Суммарные простои в ремонте, сутки
К	1	30	30
T_3	1	12	12
T_2	2	8	16
T_1	4	4	16

РО	40	2	80
ИТОГО:			154

Среднегодовые простои определены следующим образом:

$$T_{рем} = N_{сут}/T_l, \qquad (2.2)$$

где $N_{сут}$ – время простоя в ремонтах за ремонтный цикл ($N_{сут}$ = 154); T_l – длительность ремонтного цикла, годы.

$$T_l = t_к / t_{ро} = 22400/466 = 48 \text{ мес.} = 4 \text{ года}; \qquad (2.3)$$

$$T_{рем} = 154/4 = 38{,}5 \text{ сут.}$$

Значение $T_{рем}$ может быть так же определено путем суммирования простоев в ремонте, приведенных в годовом графике ППР (см. табл.1.1).

Значения $K_{имв}$ приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Оборудование шахты

Наименование оборудования	Коэффициент использования машины по времени, $K_{имв}$	Наименование оборудования	Коэффициент использования машины по времени, $K_{имв}$
Комбайны очистные	0,5	Электровозы	0,9
Крепи механизированные	1	Лебедки, работающие в очистном забое	0,6
Комбайны проходческие	0,35	Лебедки, работающие на подготовительных выработках	0,8
Конвейеры скребковые	0,5		
Конвейеры ленточные	0,8	Буровые станки	0,5
Погрузочные машины	0,7	Подъемные машины	0,8
Насосные станции (комплексов)	0,9	Вагонетки	0,7

Для оборудования, не приведенного в табл. 2.3, значения $K_{имв}$ принимать:

- для забойного – 0,4;
- незабойного – 0,7.

Количество ремонтов в год, приходящееся на одну машину, определяется по нижеприведенным формулам (табл. 2.4).

Вид ремонта	Расчетная формула
Капитальный – К	$N_k = \text{Т}/t_k$
Текущий – Т_2	$N_{\text{Т2}} = \text{Т}/t_{\text{Т2}} - N_k$
Текущий – Т_1	$N_{\text{Т1}} = \text{Т}/t_{\text{Т1}} - (N_k + N_{\text{Т2}})$
Ремонтный осмотр – РО	$N_{\text{РО}} = \text{Т}/t_{\text{Р0}} - (N_k + N_{\text{Т2}} + N_{\text{Т1}})$

Таблица 2.4

Количество ремонтов по видам в год

*Примечани*е. Т – годовая наработка, маш.-ч (ч, км, т, $м^3$ и т. п.);
t_k, $t_{\text{Т2}}$, $t_{\text{Т1}}$, $t_{\text{Р0}}$ – межремонтные периоды соответственно между капитальными, текущими ремонтами и ремонтными осмотрами, маш.-ч (ч, км, т, $м^3$ и т. п.).

При отсутствии нормативных данных по какому-либо типу оборудования трудоемкость ремонтов определяется по конструктивно и функционально подобному аналогу приведением по массе или стоимости.

$$\text{Т}_1 = \text{Т}_2 \sqrt[3]{(P_1/\text{Р}_2)^2}, \quad \text{Т}_1 = \text{Т}_2 \sqrt[3]{(\text{С}_1/\text{С}_2)^2}, \qquad (2.4)$$

где Т_1 – трудоемкость ремонта машины (искомая), чел-ч; Т_2 – трудоемкость ремонта однотипной машины (известная); P_1 и P_2 – масса машины (искомая и известная), т; С_1 и С_2 – стоимость машины (искомая и известная), тыс. руб.

При расчете трудоемкости ремонтных работ скребковых и ленточных конвейеров следует иметь ввиду, что в нормативах затраты труда приведены на ремонт привода. Затраты труда на ремонт роликов, лент и металлоконструкций учитываются

отдельно, а нормативы приведены в примечаниях названных ниже источников.

Количество ремонтов в год, приходящееся на одну машину, определяется по нижеприведенным формулам:

$$N_k = \text{Т}/t_k = 6269/22400 = 0{,}28, \quad (2.5)$$

$$N_{\text{Т3}} = \text{Т}/t_{\text{Т3}} - N_k = (6269/11200) - 0{,}28 = 0{,}28, \quad (2.6)$$

$$N_{\text{Т2}} = \text{Т}/t_{\text{Т2}} - (N_k + N_{\text{Т3}}) = (6269/5600) - (0{,}28+0{,}28)=0{,}56, \quad (2.7)$$

$$N_{\text{Т1}} = \text{Т}/t_{\text{Т1}} - (N_k + N_{\text{Т3}} + N_{\text{Т2}}) = (6269/2800)-,28+0{,}28+0{,}56)=1{,}12 \quad (2.8)$$

$$N_{\text{Р0}} = \text{Т}/t_{\text{Р0}} - (N_k + N_{\text{Т3}} + N_{\text{Т2}} + N_{\text{Т1}}) =$$

$$=(6269/466)-(0{,}28+0{,}28+0{,}56+1{,}12)=11{,}21. \quad (2.9)$$

Трудоемкость на годовую программу (см. табл. 2.1) распределяется по видам работ. Процентное соотношение между видами работ приводится в нормативах для соответствующего вида оборудования.

Пример распределения трудоемкости по видам работ для экскаватора ЭКГ-8И приведен в табл. 2.5.

Работы, выполняемые сторонними организациями, из расчета исключаются (например, капитальный ремонт, проводимый в условиях специализированного ремонтного предприятия).

Трудоемкость для табл. 2.5 берется из табл. 2.1.

2.3. Расчет штата ремонтного персонала

Пример 1. Штаты ремонтной службы определяются численностью тех профессий, которые непосредственно заняты на текущих ремонтах (слесари, электрики, станочники и др.).

Таблица 2.5

Расчет штата ремонтного персонала

Наименование оборудования	Вид ремонта				
	Т_3				
	трудоемкость ремонта, чел.-ч.	виды работ			
		станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие
		% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч
Экскаватор ЭКГ-8И	12566	20 2513	40 5026	20 2513	20 2513

T_2					T_1				
Трудоемкость ремонта, чел.-ч.	виды работ				трудоемкость ремонта, чел.-ч.	виды работ			
	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие		станочные	слесарные	ремонтные	прочие
	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч		% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч
15322	15 2298	50 7661	15 2298	20 3064	17203	12 2064	55 9462	12 2064	21 3613

Продолжение табл. 2.5

Продолжение табл. 2.5

Вид ремонта					Суммарная трудоемкость по видам работ, чел.-ч			
РО								
Трудоемкость ремонта, чел.-ч.	виды работ							
	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие
	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч				
84748	8 6780	60 50848	12 10170	20 16950	19925	72997	21747	33977

Количество ремонтных рабочих (без дежурных электрослесарей), чел.

$$N_р = (Т_в – Т_{мб})K_р/ Ф_р, \qquad (2.10)$$

где $Т_в$ – трудоемкость по видам работ (см. табл. 2.5), чел.-ч; $Т_{мб}$ – трудоемкость участия машинных бригад в ремонтах обслуживаемого оборудования (учитывается только при определении слесарной группы), чел.-ч; $K_р$ – коэффициент резерва, учитывающий непредвиденные работы (устранение внезапных отказов и др.), $K_р$ = 1,1; $Ф_р$ – годовой фонд времени производственного рабочего, ч; $Ф_р$ = 1820 ч.

Участие машинных бригад $Т_{мб}$(чел.-ч.) в ремонтах

$$Т_{мб} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} N_{мбi} \cdot П_{нi} \cdot K_у \ , \qquad (2.11)$$

где n – количество машин разного типа на предприятии; m – количество разных видов ремонтов, предусмотренных для n-й

машины; $N_{мбi}$ – количество членов машинной бригады *i*-го вида оборудования, чел; $П_{нi}$ – нормативная длительность простоя *i*-го вида оборудования в ремонтах в течении года, ч; $K_у$ – коэффициент участия, зависящий от фактической возможности и эффективности использования членов машинной бригады на ремонтах, определяемый их квалификацией и графиком работы ($K \leq 1$ – принимается по данным предприятия).

Определим годовые затраты труда машинистов на ремонт экскаватора ЭКГ-8И

$$Т_{мб(ЭКГ\text{-}8И)} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} N_{мб(ЭКГ\text{-}8И)} П_{н(ЭКГ\text{-}8И)} K_у = \quad (2.12)$$

$$= 2 \cdot 3(322,6+430,1+430,1+2152,3)0,8 = 15908 \text{ ч},$$

где n=1 (ЭКГ-8И); m=4 ($Т_3$, $Т_2$, $Т_1$, РО); $N_{мб}$ = 2·3 = 6 чел. (для ЭКГ-8И в одну смену работают машинист и помощник машиниста, а количество рабочих смен в сутки 3); $П_{Н1}$ = 12·8·3,36 = = 322,6 ч – простои X_0 $Т_3$; $П_{Н2}$ = 8·8·6,72 = 430,1 ч – простои X_0 $Т_2$;

$П_{Н3}$ = 4·8·13,44 = 430,1 ч – простои X_0 $Т_1$; $П_{Н4}$ = 2·8·134,52 = 2152,3 ч – простои X_0 РО; 12, 8, 4, 2 – нормативная продолжительность ремонтов соответственно $Т_3$, $Т_2$, $Т_1$, РО (приводится в ремонтных нормативах) ч; 8 – длительность смены при ремонте, ч; 3,36; 6,72; 13,44; 134,52 – годовая программа по видам ремонта $Т_3$, $Т_2$, $Т_1$, РО (из табл. 2.1); $K_у$ = 0,8.

Количество рабочих-станочников

$$N_{р.стан.} = 12,04, \text{ принимаем, } N_{р.стан.} = 12 \text{ чел.}$$

Количество рабочих-слесарей

$$N_{р.слес.} = 34,5, \text{ принимаем } N_{р.слес.} = 35 \text{ чел.}$$

Количество рабочих-электриков

$$N_{р.эл.} = 13,14, \text{ принимаем } N_{р.эл.} = 13 \text{ чел.}$$

Количество рабочих прочих специальностей

$$N_{\text{р.проч}} = 20{,}5, \text{ принимаем } N_{\text{р.проч}} = 21 \text{ чел.}$$

Количество трудящихся ремонтной службы, чел.

$$N_{\text{рс}} = \sum_{i=1}^{q} N_{\text{р}i} + N_{\text{д}} + N_{\text{в}} + N_{\text{итр}}\,, \qquad (2.13)$$

где q – количество профессий ремонтников; N_{pi} – численность ремонтников i-й профессии; $N_{\text{д}}$ – численность дежурного персонала (зависит от режима работы предприятия и директивных распоряжений по отрасли); $N_{\text{в}}$ – количество вспомогательных рабочих, чел.

$$N_{\text{в}} = (0{,}10 \div 0{,}15)(N_{\text{р}} + N_{\text{д}})\,, \qquad (2.14)$$

$N_{\text{итр}}$ – количество инженерно-технических работников (по штатному расписанию предприятия и директивным распоряжениям по отрасли). При отсутствии таких данных приближено, чел.

$$N_{\text{итр}} = 0{,}1(N_{\text{р}} + N_{\text{д}} + N_{\text{в}}), \qquad (2.15)$$

Результаты расчетов заносим в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Профессия	Трудоемкость по видам работ, чел.-ч	Годовой фонд времени рабочего данной профессии, ч	Количество человек	
			по расчету	приня-тое
Слесарь	57089	1820	34,5	35
Электромонтер	21747	1820	13,14	13
Станочник	19925	1820	12,04	12
Прочие	33977	1820	20,5	21
Итого ремонтников:				81

Численность дежурного персонала принята 2 человека.

$$N_{\text{в}} = 0{,}1(81+2) = 8 \text{ чел.}$$

$$N_{\text{итр}} = 0{,}1(81+2+10) = 9 \text{ чел.}$$

Количество трудящихся ремонтной службы

$$N_{\text{рс}} = 81+2+8+9=100 \text{ чел.}$$

Пример 2. Исходные данные для расчета компрессора К250-61-1.

Межремонтные сроки (маш.-ч.)

К=27000, $Т_2$=9000, $Т_1$=3000, РО=1000.

Трудоемкость ремонтов (чел.-ч.)

К=1500, $Т_2$=400, $Т_1$=180, РО=45.

Продолжительность ремонтов (сутки)

К=30, $Т_2$=15, $Т_1$=6, РО=1.

Режим работы компрессора: 5-дневная рабочая неделя, количество смен в сутки – 2, продолжительность времени – 12 часов, коэффициент использования по машинному времени – 0,8.

Компрессор введен в эксплуатацию 07.09.2013 года после проведения капитального ремонта.

Расчет графика ППР выполнить на 2014 год

Решение

Исходя из межремонтных сроков, составим структуру ремонтного цикла:

К–1000$РО_1$ – 2000$РО_2$ – 3000$Т_{1(1)}$ – 4000$РО_3$ – 5000$РО_4$ – 6000$Т_{1(2)}$ – –7000$РО_5$ – 8000$РО_6$ – 9000$Т_{2(1)}$ – 10000$РО_7$–11000$РО_8$ – 12000$Т_{1(3)}$ – – 13000$РО_9$ – 14000$РО_{10}$ – 15000$Т_{1(4)}$ – 16000$РО_{11}$ – 17000$РО_{12}$ – –18000$Т_{2(2)}$ – 19000$РО_{13}$ – 20000$РО_{14}$ – 21000$Т_{1(5)}$ – 22000$РО_{15}$ – –23000$РО_{16}$ – 24000$Т_{1(6)}$ – 25000$РО_{17}$ – 26000$РО_{18}$ – 27000К.

Расчет графика ППР для компрессора К250-61-1 начинаем с 07.09.2013 года. Определяем количество машино-часов работы компрессора по месяцам года

2013 год (маш.-ч)

Сентябрь	–	18·2·12·0,8=3461
Октябрь	–	21·2·12·0,8=403
Ноябрь	–	21·2·12·0,8=403
Декабрь	–	22·2·120,8=422

2014 год (маш.-ч)

Январь	–	16·2·12·0,8=307
Февраль	–	19·2·12·0,8=365

Март	–	22·2·12·0,8=422
Апрель	–	21·2·12·0,8=403
Май	–	21·2·12·0,8=403
Июнь	–	22·2·12·0,8=422
Июль	–	21·2·12·0,8=403
Август	–	23·2·12·0,8=442
Сентябрь	–	22·2·12·0,8=422
Октябрь	–	21·2·12·0,8=403
Ноябрь	–	21·2·12·0,8=403
Декабрь	–	22·2·12·0,8=422

Результаты расчета графика ППР заносим в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Расчет графика ППР для компрессора К250-61-1

Месяц/ год	Возможный фонд рабочего времени, маш.-ч	Простой в ремонте		Действительный фонд рабочего времени, маш.-ч	Нарастающий итог фонда рабочего времени, маш.-ч	Время до ремонта по нормативу, маш.-ч	Вид ремонта	Сроки выполнения ремонта
		сутки	маш.-ч					
2013 год								
Сентябрь	346	–	–	346	346	–	–	–
Октябрь	403	–	–	403	749	–	–	–
Ноябрь	403	1	19,2	384	1133	1000	$ПО_1$	21
Декабрь	422	–	–	422	1555	2000	$ПО_2$	–
2014 год								
Январь	307	–	–	307	1862	2000	$ПО_2$	–
Февраль	365	1	19,2	346	2208	2000	$ПО_2$	10
Март	422	–	–	422	2630	3000	$Т_{1(1)}$	–
Апрель	403	1,8	33	370	3000	3000	$Т_{1(1)}$	29–30
Май	403	4,2	82	321	3321	3000	$Т_{1(1)}$	2–5
Июнь	422	–	–	422	3743	–	–	–
Июль	403	1	19,2	384	4127	4000	$ПО_3$	14
Август	442	–	–	442	4569	–	–	–
Сентябрь	422	–	–	422	4981	–	–	–
Октябрь	403	1	19,2	384	5365	5000	$ПО_4$	3
Ноябрь	403	–	–	403	5768	–	–	–
Декабрь	422	6	115,2	307	6075	6000	$Т_{1(2)}$	13–18

На основании табл. 2.7 составляем табл. 2.8.

Таблица 2.8

График планово-предупредительных ремонтов компрессора К-250-61-1 на 2014 год

Наименование оборудования	Месяц года											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
К-250-61-1	– / –	10 / PO_2	– / –	29-30 / $T_{1(1)}$	2-5 / $T_{1(1)}$	– / –	14 / PO_3	– / –	– / –	3 / PO_4	– / –	13-18 / $T_{1(2)}$

Примечания: 1. Числитель – дата начала и окончания ремонта.
2. Знаменатель – вид ремонта

2.4. Определение численности ремонтного персонала

Расчет трудоемкости ремонтных работ

Пример расчета трудоемкости ремонта компрессора К250-61-1 приведен в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Расчет годовой программы и трудоемкости ремонта компрессора К250-61-1

Наименование оборудования	Кол-во в работе	Годовая наработка	Межремонтные сроки, маш.-ч			
			К	текущие		РО
				Т2	Т1	
К250-61-1	8	4549	27000	9000	6000	1000

Продолжение табл. 2.9

Кол-во ремонтов на единицу в год				Годовая программа			
	текущие				текущие		
К	Т2	Т1	РО	К	Т2	Т1	РО
0,18	0,33	0,25	3,78	1,44	2,64	2	30,24

Окончание табл. 2.9

Трудоемкость одного ремонта, чел.-ч	Трудоемкость на годовую программу, чел.-ч

К	текущие		РО	К	текущие		РО
	Т2	Т1			Т2	Т1	
1500	400	180	45	2160	1056	360	1361

Годовая наработка может быть определена из графика ППР на 2014 год (табл. 2.7) путем суммирования действительного фонда рабочего времени за год.

Трудоемкость на годовую программу распределяется по видам работ. Процентное соотношение между видами работ берется в нормативах для соответствующего вида оборудования (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Распределение трудоемкости по видам работ

Наименова-ние оборудова-ния	Вид ремонта					
	трудоем-кость ремонта, чел.-ч.	К				
		виды работ				
		станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие	
		%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	
Компрессор К250-61-1	2160	22 475	43 929	25 540	10 216	

Продолжение табл. 2.10

Вид ремонта				
Трудоемкость ремонта, чел.-ч.	T_2			
	виды работ			
	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие
	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.
1056	**12** **127**	**52** **549**	**28** **296**	**8** **84**

Продолжение табл. 2.10

Вид ремонта				
трудоемкость ремонта, чел.-ч.	T_1			
	виды работ			
	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие
	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.
360	–	**56** **202**	**30** **108**	**14** **50**

Продолжение табл. 2.10

Вид ремонта				
трудоемкость ремонта, чел.-ч.	РО			
	виды работ			
	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие
	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.	%/чел.-ч.
1361	–	51 694	22 299	17 368

Окончание таблицы 2.10

Суммарная трудоемкость по видам работ, чел.-ч.			
станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие
702	2374	1243	718

Количество ремонтных рабочих определяется по формуле (2.3), участие машинных бригад – по формуле (2.11).

Необходимое количество станочников

$$N_{\text{р.стан}} = 0{,}42 \ .$$

Потребное количество слесарей

$$N_{\text{р.слес}} = \frac{(2340 - 2590)\,1{,}1}{1820} = -0{,}1 \text{ чел.}$$

$$T_{\text{мб}} = 2\cdot30\cdot12\cdot1{,}44\cdot0{,}8+2\cdot15\cdot12\cdot2{,}64\cdot0{,}8+$$
$$+2\cdot6\cdot12\cdot2{,}0\cdot0{,}8+2\cdot1\cdot12\cdot30{,}24\cdot0{,}8=$$
$$=829+950+230+581=2590 \text{ чел.-ч.}$$

При проведении капитального ремонта компрессора в условиях горного предприятия обходятся составом машиной бригады, поэтому дополнительных слесарных рабочих не требуется.

Количество электрослесарей для производства электроремонтных работ

$$N_{\text{р.эл.слес.}} = 0{,}75 .$$

Количество рабочих прочих специальностей

$$N_{\text{р.пр.}} = 0{,}43.$$

Результаты заносятся в табл. 2.11.

Таблица 2.1

Штат рабочих ремонтной службы

Профессия	Трудоемкость по видам работ, чел.-ч.	Годовой фонд времени рабочего данной профессии, ч	Количество человек	
			по расчету	принятое
Станочник	702	1820	0,4	1
Слесари	2374	1820	-0,1	0
Эл. слесарь	1243	1820	0,75	1
Прочие	718	1820	0,43	1
Итого:				3

Численность дежурного персонала принята один человек.

Количество вспомогательных рабочих

$$N_{\text{в}} = 0{,}1(3+1) = 0{,}4 \text{ чел.}$$

Принято один человек.

Количество инженерно-технических рабочих

$$N_{итр} = 0{,}1(3+1+1) = 0{,}5.$$

Принято один человек.

Количество трудящихся ремонтной службы

$$N_{рс} = 3+1+1+1 = 6 \text{ чел.}$$

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боярских Г. А*. Основы эксплуатации горных машин и оборудования: учебник. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 407 с.

2. *Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы* / П. Л. Мариев, А. А Кулешов, А. Н. Егоров и [др.]. СПб.: Наука, 2004. 429 с.

3. *Техническое обслуживание и ремонт горного оборудования* / Ю. Д. Глухарев, В. Ф. Замышляев, В. В. Кармазин [и др.] / под ред. В. Ф. Замышляева. М.: Изд. центр «Академия», 2003. 400 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ А. Упоров

Методическое руководство по выполнению курсовой работы по дисциплине Реализация технологических процессов в машиностроительном производстве для студентов специальности 15.02.16 Технология машиностроения «Оценка экономической эффективности проектных решений».

Екатеринбург 2022

ВВЕДЕНИЕ

В условиях рыночной экономики предприятия стремятся найти новые пути для повышения эффективности производства, повышения уровня рентабельности. В данной ситуации предприятия нуждаются в дополнительных финансовых вложениях (привлечении инвесторов), на создание новой продукции, поддержание мощности действующего предприятия, техническое перевооружение и т.д.

Целью данной работы является обоснование экономической эффективности инвестиций. Для этого необходимо: определить необходимый размер инвестиции, рассчитать издержки производства, услуг, финансовый результат, оценить эффективность инвестиций.

1. Формирование инвестиций

1.1. Инвестиционные затраты

Инвестиционные затраты (капиталообразующие инвестиции) необходимые для строительства, реконструкции, модернизации, расширения действующего предприятия или участка, предназначенные для производства новых видов продукции и услуг; поддержания мощности действующего предприятия; прироста оборотных средств, необходимых для нормального функционирования предприятия.

Затраты на строительство нового объекта зданий и сооружений определяются по укрупненным показателям стоимости единицы объема или по нормативным удельным капитальным вложениям для различных производств.

Стоимость здания может быть определена по формуле:

$$С_{ЗД} = V_{ЗД} \times Ц_{ЗД}\ ,\quad \text{руб.}$$

$$С_{ЗД} = К_{С.М.Р.} \times М \times k\ ,\ \text{руб.}$$

где $V_{ЗД}$ – объем здания, $м^3$;

$Ц_{ЗД}$ – стоимость 1 $м^3$ объема здания с учетом затрат на создание отопления, вентиляции, водопровода, электроосвещения и т.д., составляющих примерно 20 % стоимости строительной части, руб./$м^3$;

$К_{С.М.Р.}$ – удельные капитальные вложения в строительно-монтажные работы на 1 единицу производственной мощности, руб./натур. ед.;

M - производственная мощность объекта, натур. единицы;

k - коэффициент пересчета стоимости СМР.

Если ведется строительство нового предприятия, определяется стоимость занимаемого земельного участка, исходя из площади отвода и кадастровой оценки земли по формуле:

$$С_{ЗЕМ.УЧ.} = S_{ОТВ.} \times Ц_К \ , \quad \text{руб.}$$

где $S_{ОТВ.}$ – площадь отвода под строительство объекта, га;

$Ц_К$ – кадастровая оценка земли, руб./га.

В случае аренды земельного участка величина арендной платы определяется в соответствии с договором между арендопользователем и арендодателем.

При определении **затрат на технологическое оборудование** встает вопрос: приобрести оборудование или арендовать по лизингу. Необходимо сравнить денежные потоки связанные с приобретением оборудования и платежами определяемыми договором аренды (лизинговым соглашением).

Составляется смета на приобретение и монтаж оборудования по форме приведенной в таблице 1.1.

Пояснения к таблице 1.1:

1. Стоимость технологического, силового, транспортного и прочего оборудования определяется по договорным ценам.
2. Стоимость запасных частей берется в размере – 3 % от общей стоимости оборудования (гр.5).
3. Транспортные расходы принимаются в % от гр. 7 в соответствии с расстоянием при транспортировке:
   свыше 5 тыс.км – 15 %
   от 3 до 5 тыс.км - 12 %
   от 2 до 3 тыс.км - 10 %
   от 1 до 2 тыс.км - 8 %
   менее 1 тыс.км - 5 %
4. Заготовительно-складские расходы берутся в размере 1,2 – 1,5% от гр.7.
5. Всего стоимость франко-приобъектный склад определяется суммированием граф 7, 8, 9.

Таблица 1.1

Операция	Наименование оборудования	Кол-во единиц	Покупная цена, руб.		Стоимость запасных частей, руб.	Итого, руб.	Транспортные расходы, руб.	Заготовительно-складские расходы, руб.	Всего стоимость франко приобъектный склад, руб.	Монтаж оборудования, руб.	Сметная стоимость, руб.
			единицы	общая							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИТОГО Неучтенное оборудование ВСЕГО											

6. Стоимость монтажа принимается в размере 1,5 – 5 % от гр.10.
7. Сметная стоимость определяется суммированием граф 10, 11.
8. Неучтенное оборудование принимается в размере 3,5 % от общей сметной стоимости.

При аренде размер платежей за аренду оборудования определяется в соответствии с договором аренды.

При **лизинг-аренде** общая сумма лизинговых платежей складывается из амортизационных отчислений, платы за кредитные ресурсы, за дополнительные услуги лизингодателя, комиссионные выплаты и налога на добавленную стоимость, уплачиваемого лизингодателем в бюджет.

На основании расчетов инвестиционных затрат, составляется сводная смета с указанием направления использования инвестиций (табл. 1.2).

Пояснение к таблице 1.2:

- подготовка строительной площадки - 1% от стоимости зданий и сооружений;
- приобретение лицензий, лицензионной технологии берется по данным предприятия;
- строительство зданий и сооружений – берется из подраздела 1.1;

Таблица 1.2

Направление инвестирования	Сумма, руб.
1. Приобретение земли или аренда	
2. Подготовка площади	
3. Приобретение лицензионных технологий, лицензий	
4. Строительство зданий и сооружений	
5. Подготовка к производству	
6. Приобретение технологического оборудования или лизинг-аренда	
7. Оборотный капитал	
Всего инвестиций	

- приобретение технологического оборудования – таблица 1.1;
- подготовка производства – принимают 10 % от стоимости оборудования;
- оборотный капитал – принимается в размере 10 – 15 % от суммы предыдущих статей без учета стоимости земельного участка.

1.2. Источники инвестирования

После установления потребного объема инвестиций необходимо установить конкретный источник инвестирования.

Источниками инвестирования являются:

1. Собственные финансовые средства (акционерный капитал, прибыль, накопление, амортизационные отчисления и т.д.).
2. Ассигнования из федерального, региональных и местных бюджетов.
3. Иностранные инвестиции, предоставляемые в форме финансового или иного участия в уставном капитале совместных предприятий, а также в форме прямых вложений международных организаций, финансовых институтов и т.д.
4. Различные формы заемных средств: кредиты предоставляемые государством на возвратной основе, кредиты иностранных инвесторов, облигационные займы, кредиты коммерческих банков, кредиты поставщиков и другие средства.

Источники инвестирования сводятся в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Наименование источников инвестирования	Сумма, тыс. руб.
1. Акционерный капитал	
2. Собственный капитал (чистая прибыль, амортизационные отчисления)	
3. Банковский кредит	
4. Ассигнования из бюджета	
5. Кредит поставщика	
6. Прочие инвесторы	
Всего инвестиций, тыс. руб.	

II. Расчет издержек производства, услуг

2.1. Расчет численности промышленно-производственного персонала

Расчет численности рабочих начинается с разработки проектного баланса рабочего времени на одного рабочего (таблица 2.1). При этом учитываются режим работы предприятия, сменность, продолжительность рабочей недели, планируемые невыхода, предусмотренные законодательством о труде.

Таблица 2.1

Статьи баланса	Непрерывное производство	Периодическое производство
1. Календарное число дней в году		
2. Выходные дни согласно графику сменности		
3. Праздничные дни		
4. Номинальный фонд рабочего времени		
5. Невыходов, всего в том числе по причинам: - отпуск - дни нетрудоспособности - выполнение обществ. и государ. обязанностей - прочие неявки с разрешения администрации		
6. Полезный фонд рабочего времени - дни - часы		
7. Коэффициент списочного состава	Ксп = гр.1/гр.6	Ксп = гр.4/гр.6

Пояснения к таблице 2.1:

1. Номинальный фонд рабочего времени определяется

$$Н_{Ф.Р.В.} = К_{ч} – Вых.– Праз., \quad дни$$

где $К_{ч}$ – календарное число дней;

Вых. – выходные дни;

Праз. – праздничные дни.

2. Полезный фонд рабочего времени определяется

$$Пф.р.в._{(дни)} = Нф.р.в. – Неяв., \ дни$$

3. Полезный фонд рабочего времени в часах определяется

$$Пф.р.в._{(часы)} = Пф.р.в. \times tсм, \ час$$

где tсм – продолжительность смены, час.

Явочная численность ($n_{ЯВ}$), минимальное количество рабочих, необходимое для выполнения производственного процесса за смену определяется по формулам:

а) по нормам выработки для ручных и машино-ручных операций

$$n_{ЯВ} = \frac{Qсм}{Нвыр \times Кп}$$

где $Q_{СМ}$ – объем выпускаемой продукции за смену в натуральном выражении;

$Н_{ВЫР}$ – сменная норма выработки продукции на одного рабочего;

$К_{п}$ – коэффициент выполнения норм выработки.

б) по нормам времени $n_{ЯВ} = \frac{Qсм \times Нвр}{Тсм \times Кп}$

где $Н_{ВР}$ – норма времени на производство единицы продукции;

$Т_{СМ}$ – продолжительность смены, ч.

в) по нормам обслуживания для рабочих основных профессий

$$n_{ЯВ} = n_{ОБОР} \text{ x } Н_{ОБСЛ},$$

где $n_{ОБОР}$ – число единиц рабочего оборудования;

$Н_{ОБСЛ}$ – норма обслуживания рабочего оборудования.

г) по нормам обслуживания $n_{ЯВ} = \frac{n}{Нобсл}$

где n – число единиц обслуживаемого оборудования;

$Н_{ОБСЛ}$ – норма обслуживания, кол-во единиц оборудования, обслуживаемых одним рабочим в течении смены.

Явочная численность может быть рассчитана по штатным нормативам, путем расстановки по рабочим местам.

Списочная численность определяется по формуле

$$n_{СС} = n_{ЯВ} \times K_{СС}$$

Результаты расчета списочной численности рабочих сводятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Наименование профессии	Явочная численность, чел.				Коэф. списоч. состава	Списоч. числен., чел.
	1 смена	2 смена	3 смена	Итого		
1. Основные рабочие: 1.1. … 1.2. … Итого						
2. Рабочие по ремонту 2.1. … 2.2. … Итого						
3. Вспомогательные рабочие 3.1. … 3.2. … Итого						
Всего						

Численность руководителей, специалистов и служащих определяется в соответствии с производственной структурой объекта (предприятия), штатным расписанием.

Приводится режим работы предприятия, составляется график выходов.

2.2. Расчет фонда заработной платы

Фонд заработной платы рассчитывается на основе принятой формы и системы оплаты труда по предприятию.

Годовой фонд заработной платы складывается из фондов основной и дополнительной заработной платы.

Повременная форма оплаты труда

Расчет фонда заработной платы рабочих оформляется в таблицу 2.3.

Пояснения к заполнению таблицы 2.3:

1. Списочная численность берется из таблицы 2.2.
2. Тарифный разряд берется по данным предприятия.

Таблица 2.3

Наименование профессии	Списочный состав, чел.	Тарифный разряд	Фонд основной заработной платы, тыс. руб.								Фонд дополнительной заработной платы	Всего годовой фонд заработной платы
			Количество человеко-часов	Часовая тарифная ставка	За работная плата по тарифу	Доплаты			Итого	Фонд зарплаты с учетом район. коэф.		
						Премии	Прочие доплаты	Всего доплат				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Всего												

3. Количество человеко-часов определяется по формуле

$$К_{чел.-час.} = П_{ф.р.в.(ЧАСЫ)} \times n_{с.с.}$$

где $П_{ф.р.в.(ЧАСЫ)}$ – полезный фонд рабочего времени, час;

$n_{с.с.}$ – списочная численность

4. Часовая тарифная ставка определяется по тарифной сетке в соответствии с разрядом рабочего по данным предприятия.

5. Заработная плата по тарифу определяется: гр.6 = гр.4 × гр.5

6. Доплаты: размер премии принимается по данным предприятия; прочие доплаты - за работу в вечернюю и ночную смены в среднем принимается 7-10% от гр.6; доплаты за работу в праздничные дни принимаются – 2,7 % от гр.6.

7. Всего доплат – гр.9 = гр.7 + гр.8

8. Итого гр.10 = гр.6 + гр.9

9. Гр.11 = гр.10 × Кр, где Кр – районный коэффициент, зависящий от местонахождения предприятия, Кр ≥ 1.

10. В фонд дополнительной заработной платы рабочих включаются:

- оплата очередных и дополнительных отпусков;
- оплата времени исполнения государственных обязанностей;
- прочие доплаты (оплата выслуги лет, пособия и т.д.).

В среднем дополнительная заработная плата принимается 10 % от суммы основной заработной платы с учетом районного коэффициента гр.12 = гр.11 × 0,1

11. Общий фонд заработной платы: гр.13 = гр.11 + гр.12

Сдельная форма оплаты труда

Таблица 2.4

Наименование профессии	Списочный состав, чел.	Годовой объем работы	Технически обоснованная норма в смену (час)	Фонд основной заработной платы, тыс. руб.								Фонд дополнительной заработной платы	Всего годовой фонд заработной платы
				Часовая (сменная) тариф-ная ставка	Сдельная расценка	За работная плата по сдельным расценкам	Доплаты			Итого	Фонд зарплаты с учетом район. коэф.		
							Премии	Прочие доплаты	Всего доплат				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Всего													

Пояснения к заполнению таблицы 2.4:

1. Списочная численность берется из таблицы 2.2.
2. Годовой объем работ определяется в соответствии с производственной программой предприятия.
3. Технически обоснованная норма в смену (час) берется по данным предприятия.
4. Часовая (сменная) тарифная ставка определяется в соответствии с разрядом рабочего, применяемых на предприятии.
5. Сдельная расценка рассчитывается по формуле:

$$Рсд = \frac{Тч}{Нвыр} \quad \text{или} \quad Рсд = Тч \times Нвр$$

где Тч – тарифная ставка для соответствующего вида работ, руб./час, смен.

Нвыр – норма выработки для данного вида работ, ед.прод./час, смен.

Нвр - норма времени, час/ед. прод.

6. Заработная плата по сдельным расценкам определяется по формуле: Зсд = Р × Q или гр.7 = гр.6 х гр.3

где Р – расценка за единицу работ, руб.;

Q – годовой объем работ, нат.ед-ц.

7. Доплаты: размер премии принимается по данным предприятия; прочие доплаты - за работу в вечернюю и ночную смены в среднем принимаются 7-10% от гр.7, доплаты за работу в праздничные дни принимаются – 2,7 % от гр.7.

8. Всего доплат гр.10 = гр.8 + гр.9.

9. Итого гр.11 = гр.7 + гр.10.

10. Гр.12 = гр.11 × Кр, Кр ≥ 1.

11.В фонд дополнительной заработной платы рабочих включается:

- оплата очередных и дополнительных отпусков;
- прочие доплаты (оплата выслуги лет, пособия и т.д.)

В среднем дополнительная заработная плата при проектировании сдельной формы оплаты труда составляет 15% от суммы основной заработной платы с учетом районного коэффициента: гр.13 = гр.12 × 0,15

12.Общий фонд заработной платы: гр.14 = гр.12 + гр.13

2.3. Расчет потребности в сырье и вспомогательных материалах

Таблица 2.5

Наименование материалов	Расход, т		Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.	Транспортные расходы, руб.	Заготовительно-складские расходы, руб.	Общая стоимость, руб.
	на единицу по норме на ед. прод.	общий					
1	2	3	4	5	6	7	8

Пояснения к таблице 2.5:

1. Нормы расхода на единицу продукции берутся по данным предприятия.
2. Цены берутся на основании договора-поставки сырья, материалов.

3. Транспортные расходы укрупненно принимаются в размере 3–5% от графы 5.
4. Заготовительно-складские расходы укрупненно принимаются в размере 1,2-1,5% от графы 5.

2.4. Расчет потребности в электроэнергии производится на основе мощности электроустановок и действующих тарифов

Стоимость электроэнергии для предприятия подсчитывается по двухставочному тарифу, за заявленный максимум нагрузки и за потребленную электроэнергию по формуле:

$$С_Э = a \times Р_М + в \times W ,$$

где a – тариф платы за заявленный максимум нагрузки, участвующий в максимуме нагрузки энергосистемы, руб./кВт в год;

$Р_М$ – заявленный максимум нагрузки, участвующий в максимуме нагрузки энергосистемы, кВт;

$в$ – стоимость 1 кВт.ч фактически израсходованной электроэнергии, руб./кВт.ч;

W – годовой расход электроэнергии, кВт.ч;

2.5. Амортизация основных фондов

Расчет амортизации основных фондов производится по форме, приведенной в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Наименование основных фондов	Сметная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления, руб.
Итого:			

Пояснение к заполнению таблицы 2.6:

1. Сметная стоимость определяется из таблиц 1.1 и 1.2.
2. Нормы амортизации принимаются согласно Постановления Правительства РФ № 1 от 01.01.02 г. «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы".
3. Амортизационные отчисления рассчитываются на основании норм амортизации и сметной стоимости основных фондов.

гр.4 = гр.2 × гр.3/100, руб.

2.6. Формирование издержек производства, услуг

В зависимости от целей направления инвестиций (производство новой продукции или организация производственного подразделения для выполнения определенного вида работ или оказания услуг) расчет издержек производства осуществляется в разрезе калькуляционных статей затрат по форме, приведенной в таблице 2.7 или по смете, приведенной в таблице 2.8.

Калькуляция себестоимости производства продукции

Таблица 2.7

Наименование статей затрат	Затраты, руб.	
	всего	на единицу продукции
1. Сырье		
2. Основные материалы		
3. Вспомогательные материалы		
4. Энергия и топливо на технологические нужды		
5. Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих		
6. Амортизационные отчисления		
7. Износ нематериальных активов		
8. Отчисления в ремонтный фонд		
9. Цеховые расходы		
Цеховая себестоимость		
10. Общезаводские расходы		
11. Прочие производственные расходы		
Производственная себестоимость		
12. Внепроизводственные расходы		
Полная себестоимость		
в т.ч. условно-постоянные расходы		
переменные расходы		

Пояснение к заполнению таблицы 2.7:

1. Статьи затрат с 1 – 6 заполняются на основе расчетов выполненных ранее.

2. Износ нематериальных активов (права пользования земельными участками, патенты, лицензии, «ноу-хау», организационные расходы и т.п.) относится на себестоимость продукции (работ, услуг) по нормам, рассчитанным предприятием, исходя из первоначальной стоимости и срока их полезного использования.
3. Затраты на все виды ремонтов охватывают капитальный, средний, текущий ремонты и межремонтные осмотры. Эти затраты укрупненно берутся в размере 6% - 10%от сметной стоимости основных фондов.
4. Расчет цеховых расходов сводится в таблицу 2.7.1
5. Цеховая себестоимость определяется как сумма затрат статей 1-10.
6. Общезаводские расходы определяются в размере 15-25% от цеховой себестоимости.
7. Прочие производственные расходы включают в себя все виды налогов, включаемые в себестоимость продукции (таблица 2.7.2).
8. Производственная себестоимость – сумма статей затрат: цеховая себестоимость + статья 11 + статья 12.
9. Внепроизводственные расходы включают в себя затраты, связанные со сбытом продукции и берутся в среднем 1,5% от производственной себестоимости.
10. Полная себестоимость – производственная себестоимость + внепроизводственные расходы.

Таблица 2.7.1

Наименование расходов	Сумма затрат, тыс. руб.
1. Основная и дополнительная заработная плата цехового персонала	
2. Амортизация зданий и сооружений цехового назначения	
3. Содержание зданий и сооружений	
4. Ремонт зданий и сооружений	
5. Охрана труда	
6. Прочие расходы цеха	
ИТОГО цеховых расходов	

Пояснения к таблице 2.7.1

Статья 1 определяется по расчёту, приведённому в таблице 2.7.1.1.

Статья 2 определяется на базе стоимости объектов цехового назначения (зданий, сооружений) и норм амортизации на эти объекты.

Статья 3 принимается в размере 2,0-3,0 % от сметной стоимости зданий и сооружений цехового назначения.

Статья 4 «Ремонт зданий и сооружений» принимается в размере 2-2,5% от сметной стоимости зданий и сооружений цехового назначения.

Статья 5 принимается в размере 13,0-15,0% от фонда заработной платы цехового персонала или по нормам расхода в денежном выражении на одного трудящегося в год, взятых по данным практики работы действующего предприятия.

Статья 6 «Прочие цеховые расходы» принимаются в размере 5,0% от сумм цеховых расходов по статьям с 1 по 6.

Таблица 2.7.1.1

Занимаемая должность	Количество персонала	Оклад в месяц, тыс. руб.	Фонд основной заработной платы, тыс. руб.						Фонд зарплаты с учетом район. коэф.	Фонд дополнительной заработной платы	Всего годовой фонд заработной платы
			Сумма окладов работников за год, тыс. руб.	Доплаты							
				За работу в вечерние и ночные смены	За работу в праздничные дни	Премии	За вредность	Итого			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Всего											

Пояснение к таблице 2.7.1.1:

1. Сумма годовой заработной платы по окладам (гр. 4) определяется из расчета 11 рабочих месяцев для руководителей и специалистов, для служащих – 11,3 месяца.
2. Доплаты за работу в вечерние и ночные смены, в праздничные дни берутся по данным предприятия.
3. Премии берутся по данным предприятия.

4. За вредность доплата определяется в размере 10-20% к окладу.
5. Фонд дополнительной заработной платы определятся как 10% от фонда основной заработной платы с учетом районного коэффициента.

Таблица 2.7.2

Виды налогов	Ставка налога, % к объекту налогообложения	Объект налогообложения	Сумма налога, тыс. руб.
1. Налог на добычу полезного ископаемого	в соответствии с действующим законодательством РФ	Стоимость добытого минерального сырья (сметная стоимость работ)	
2. Налог на землю, руб./ га		Площадь земельного участка	
3. Плата за загрязнение: - выбросы, сбросы, руб./ усл. т - размещение отходов, руб./т		Объем загрязнения	
3. Отчисления во внебюджетные фонды: - единый социальный налог; - обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и проф. заболеваний		Фонд заработной платы	
Всего налогов и платежей, тыс. руб.			

Таблица 2.8

№	Элементы затрат	Сумма, руб.
1.	Материальные затраты, в т.ч.: - технологические материалы; - вспомогательные материалы; - энергия и топливо на технологические нужды	
2.	Расходы на оплату труда	
3.	Амортизация	
4.	Прочие затраты	
	Общая сумма затрат	

Пояснения к таблице 2.8.

В "прочие затраты" включаются: затраты на содержание и эксплуатацию оборудования; услуги сторонних организаций; налоги включаемые в себестоимость (табл. 2.7.2.) и т.д.

Таблица 2.9. – Смета затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

№	Статьи затрат	Сумма, руб.
1	Материалы для содержания оборудования	
2	Заработная плата рабочих, занятых обслуживанием оборудования	
3	Энергия, вода, воздух для производственных целей	
4	Износ и ремонт быстроизнашивающих инструментов и приспособлений	
5	Текущий ремонт оборудования и транспортных средств	
6	Амортизация оборудования и транспортных средств	
7	Прочие затраты	
	ИТОГО затрат	

Пояснения к таблице 2.9.

1. К вспомогательным материалам на содержание оборудования относятся смазочные и обтирочные материалы (машинное масло, солидол, бензин и т.д.), эмульсия для охлаждения, приводные ремни и т.п. Оформляется по форме, приведенной в таблице 2.5.
2. Основная и дополнительная заработная плата с учетом районного коэффициента рассматривается по форме, приведенной в таблице 2.3.
3. Годовой расход силовой электроэнергии в кВт/ч (для привода станков, машин, транспортного и прочего оборудования цеха) определяется по следующей формуле:

$$W = \frac{\sum PTK_{ЗО}K_{О}}{K_{С}\eta},$$

где W- годовой расход силовой электроэнергии по цеху, кВт/ч;

ΣР – сумма установленных мощностей оборудования, кВт;

Т – годовой фонд времени работы единицы оборудования, станко/ч;

$К_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования по цеху (0,7-0,8);

$К_{О}$ – коэффициент одновременной предельной нагрузки (0,7-0,75);

Кс – коэффициент, учитывающий потери в сети, равный 0,96;

η- коэффициент полезного действия двигателей (0,85-0,9).

Общий расход определяется по формуле:

$$Э = W \text{ x } C \text{ кВт/ ч},$$

где С кВт/ ч – стоимость 1 кВт/ ч, руб.

4. Расходы по инструменту и приспособлениям принимаются в размере 10% от стоимости производственного оборудования.
5. Затраты на материалы и запасные части, необходимые для ремонта оборудования принимаются в размере 4% от стоимости оборудования и 8% от стоимости транспортных средств.
6. Расходы по амортизации оборудования и транспортна определяются исходя из их стоимости и норм амортизации.

III. Расчет финансовых результатов

Финансовый план включает в себя расчет (или прогноз) объектов продаж, выполняемых работ (услуг), формирование и распределение прибыли, план денежных потоков, график точки (нормы) безубыточности.

3.1. Расчет объемов продаж (объемов реализации продукции, услуг)

Стоимость реализуемой продукции, формирующей объем продаж определяется по формуле:

$$ВР = Ц_i \times Q \text{ , руб.}$$

где ВР – выручка от реализации или объем продаж, руб.;

$Ц_i$ – цена единицы продукции, руб.;

Q – объем продукции, выполненных работ в натуральном измерении.

Цена рассчитывается, исходя из уровня нормативной рентабельности (плановых накоплений):

$$Ц_i = З_i \times К \text{ , руб.}$$

где $З_i$ – затраты на единицу продукции, работ, руб.;

К – коэффициент рентабельности (плановых накоплений).

3.2. Формирование и распределение прибыли

Формирование и распределение прибыли оформляется по форме, приведенной в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Наименование показателя, тыс. руб.	Интервал планирования		
	1	2	3
1. Выручка от реализации (объём продаж, услуг)			
2. Прямые (переменные) затраты			
3. Маржинальная прибыль			
4. Накладные расходы (условно-постоянные)			
5. Прибыль от операций			
6. Выплаты по кредиту			
7. Амортизационные отчисления (включая износ нематериальных активов)			
8. Доходы от прочей реализации и внереализационные доходы			
9. Балансовая прибыль			
10. Налог на имущество			
11. Местные налоги			
12. Налогооблагаемая прибыль			
13. Налог на прибыль			
14. Чистая прибыль			
15. То же, нарастающим итогом			

Пояснения к заполнению таблицы 3.1

1. Выручка от реализации (объем продаж) – на основе ранее выполненных расчетов.
2. Переменные затраты зависят от изменения объемов производства продукции (к ним относятся издержки на сырье, материалы, топливно - энергетические ресурсы, заработная плата сдельщиков и т.д.).
3. Маржинальная прибыль представляет собой разность между выручкой от реализации и переменными затратами на ее производство.
4. Накладные расходы (цеховые расходы, общезаводские и прочие производственные расходы).
5. Проценты за кредит, амортизационные отчисления, износ нематериальных активов берутся на основе ранее выполненных расчетов.

6. Доходы от прочей реализации и внереализационные доходы (расходы) – поступления или затраты, не связанные напрямую с основной производственной деятельностью предприятия.
7. Балансовая (валовая) прибыль – представляет собой массу прибыли до ее налогообложения.

$$Прб = Про – А(Нак) \pm Вн , \quad руб.$$

где Про – прибыль от операции;

А(Нак) – амортизационные отчисления, включая нематериальные активы;

Вн – внереализационные доходы (расходы).

8. Налог на имущество определяется в размере 2% от суммы среднегодовой стоимости основного и оборотного капитала;
9. Местные налоги: налог на благоустройство – 1% - от минимального фонда оплаты труда; налог на содержание милиции – 1% - от минимального фонда оплаты труда.
10. Налогооблагаемая прибыль - балансовая прибыль за вычетом налога на имущество и местных налогов.
11. Налог на прибыль исчисляется по ставке, действующей на момент формирования прибыли в процентах к налогооблагаемой части прибыли.
12. Чистая прибыль за вычетом начисленных дивидендов представляет собой нераспределенную прибыль, которая может формировать дополнительный капитал проекта.

3.3. План денежных потоков

В основе плана лежит метод анализа денежных потоков, лежащей в основе «классических» методов анализа денежных потоков инвестиционных проектов.

Для определения текущего остатка денежных средств на расчетном счете предприятия используется сальдо. Сальдо формируется за счет притока (доходов от реализации продукции и услуг, амортизационных отчислений и т.д.) и оттока (затрат на производство продукции и услуг, общих издержек предприятия, затрат на инвестиции, налоговые выплаты и т.д.) денежных средств.

План денежных потоков (табл. 3.2.) демонстрирует движение средств и отражает деятельность предприятия в динамике от периода к периоду.

Таблица 3.2

№	Наименование статьи	Значение показателей по годам			
		Первона-чальное значение	1 год	2 год	…
1.	Объем продаж				
2.	Переменные издержки				
3.	Операционные (постоянные) издержки без амортизации				
4.	Налоги и прочие выплаты				
5 =1-2-3-4	Сальдо от производственной деятельности				
6.	Выплаты на приобретение активов				
7.	Поступления от продажи активов				
8=7-6	Сальдо от инвестиционной деятельности				
9.	Акционерный капитал				
10.	Заемный капитал				
11.	Выплаты на погашение займов				
12.	Выплаты дивидендов				
13 =9+10+11-12	Сальдо от финансовой деятельности				
14=5+8+13	Сальдо от трех видов деятельности				

Основными факторами, участвующими в анализе эффективности инвестиционного проекта, являются суммарная величина Сальдо от производственной деятельности и величины расходов на инвестиции.

Практической датой окупаемости проекта будет считаться день, когда аккумулированная сумма Сальдо от производственной деятельности станет равной сумме затрат на инвестиции

3.4. Точка безубыточности производства

Точка (норма) безубыточности – это минимальный (критический) объем производства продукции или услуг, при котором обеспечивается нулевая прибыль, то есть доход от операции равен издержкам производства.

Она определяется аналитическим и графическим (рис. 3.1) методами.

$$Тб = СФИ / (Ці – Пиі) , \text{ ед.прод./год}$$

где СФИ – совокупные фиксированные (постоянные) издержки, руб./год;

Ці – цена за единицу продукции, работ, руб./ед. прод.;

ПИі – переменные издержки на единицу продукции, работ, руб./ед. прод.

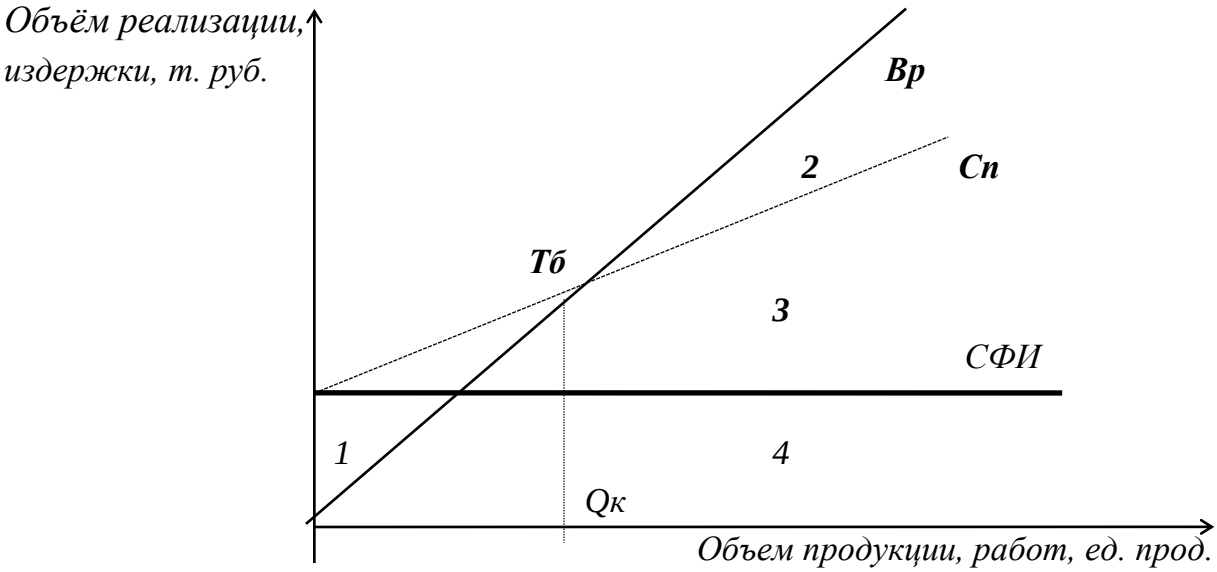


Рис. 3.1. График построения точки безубыточности

Условные обозначения к рисунку 3.1:

1 – область убытков;

2 – область прибыли;

3 – область переменных затрат;

4 – область фиксированных (постоянных) затрат.

$$Qкр = \frac{СФИ}{1 - \frac{С_{ПЕР}}{Вр}}$$

Qкр – объем продаж (критический объем), при котором достигается безубыточность, руб./год;

Вр – выручка от реализации, руб./год;

Сп – себестоимость продукции, работ, руб./год;

СФИ – совокупные фиксированные (постоянные) издержки, руб./год;

Спер – суммарные переменные издержки, руб./год.

IV. Оценка экономической эффективности инвестиций

Оценка экономической эффективности инвестиций может проводится двумя методами: простым (без учета фактора времени) и методом дисконтирования (с учетом фактора времени).

4.1. Простой метод

Простой метод оценки включает в себя следующие показатели:

- простую норму прибыли;
- простой срок окупаемости.

Простая норма прибыли (ПНП) рассчитывается как отношение чистой прибыли (ЧП) за год к общему объему инвестиций (ИЗ):

$$ПНП = ЧП / ИЗ$$

Простая норма прибыли заключается в оценке того, какая часть инвестиционных затрат возмещается в виде прибыли в течение одного интервала планирования.

Простой срок окупаемости – продолжительность периода в течение которого инвестиции будут возмещены.

$$Ток = t \text{ , при котором } \sum_{i=1}^{t} (ЧП_i + АО_i) = ИЗ$$

где АО – амортизационные отчисления;

i – номер интервала планирования.

4.2. Метод дисконтирования

Метод дисконтирования – метод приведения чистых доходов к настоящему моменту времени базируется на определении следующих показателей:

- реальная ставка дисконтирования (Ер);
- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- дисконтированный период окупаемости ($Т_{ок}^{Д}$);
- индекс доходности инвестиций (ИД).

Реальная ставка дисконтирования – ставка сравнения, с ее помощью осуществляется сравнительная оценка эффективности инвестиций, которая равна минимальной норме доходности проекта:

$$Ер = Ен - И , \quad \%$$

где Ер – реальная ставка дисконтирования;

Ен – номинальная ставка;

И – темпы инфляции.

Чистый доход (ЧД)

Под чистым доходом понимается чистый поток денежных средств:

$$ЧД = ПО + АО – ИЗ,$$

где ПО – прибыль от операционной деятельности;

АО – амортизационные отчисления;

ИЗ – инвестиционные затраты.

Расчет чистых доходов производится по форме, приведенной в табл. 4.1.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД)

Для учета фактора времени инвестиций, сумма чистых доходов денежных средств приводится к постоянному моменту времени с помощью коэффициента дисконтирования.

Показатель чистого дисконтированного дохода инвестиционного проекта рассчитывается по формуле:

$$ЧДД = ЧД_1 \times \alpha_1 + ЧД_2 \times \alpha_2 + \ldots + ЧД_n \times \alpha_n ,$$

где α_i – коэффициент дисконтирования, доли ед.

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E_Р)^i} .$$

Таблица 4.1

Наименование показателей	Интервал планирования		
	1	2	3
А. ПРИТОК			
1. Выручка от реализации (объем продаж)			
Итого приток			
Б. ОТТОК			
2. Инвестиционные затраты			
3. Операционные (общие) затраты без амортизационных отчислений			
4. Налоги			
Итого отток			
В. Чистый доход			

Расчет ЧДД проекта сводится в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

Наименование показателей	Интервалы планирования		
	1	2	3
1. Чистый доход(ЧД), тыс. руб.			
2.Коэффициенты дисконтирования α_i, при реальной ставке дисконтирования = ... %			
3. Текущая стоимость чистых дисконтированных доходов ($ЧД_i \times \alpha_i$)			
4. То же нарастающим итогом (последнее итоговое значение будет соответствовать значению ЧДД)			

Пояснения к таблице 4.2:

1. Положительное значение ЧДД (ЧДД > 0) будет являться подтверждением целесообразности инвестирования.
2. Если ЧДД = 0, то это будет соответствовать тому, что вложенные средства (инвестиции) равны доходу, полученному от их использования.
3. Если ЧДД < 0, то это будет соответствовать тому, что инвестиции нецелесообразны, так как общая сумма инвестиционных издержек будет превышать доход от вложенных средств.

Внутренняя норма доходности (ВНД) - эта ставка дисконтирования, при которой эффект от инвестиций т.е. ЧДД = 0, или ставка дисконтирования, при которой приведенная стоимость будущих денежных доходов = приведенной сумме инвестиций.

Дисконтированный период окупаемости:

$$Т^{Д}_{ОК} = t^{Д}, \text{ при условии } \sum_{i=1}^{t^{Д}} (ЧП_i + АО_i)\alpha_i = ДИ$$

Индекс доходности инвестиций ИД с учетом фактора времени определяется по формуле:

$$ИД = \frac{ЧДД + ДИ}{ДИ},$$

где ДИ – дисконтированная стоимость инвестиций.

Если инвестиционная деятельность направлена на реконструкцию техническое перевооружение вспомогательных структурных служб предприятия, то расчет чистых доходов может производится по форме, приведенной в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Наименование показателей	Интервал планирования		
	1	2	3
Инвестиционная деятельность			
А: Приток			
- ликвидационная стоимость активов			
Б: Оттоки			
- инвестиционные затраты			
Сальдо от инвестиционной деятельности (А-Б)			
Операционная деятельность			
В: Приток			
- изменения себестоимости или плановых накоплений			
- амортизация вновь вводимых активов			
Итого приток			
Г: Отток			
- изменение налоговых платежей			
Итого отток			
Сальдо от операционной деятельности (В-Г)			
Прирост денежных средств			
- чистый доход денежных средств (ЧД) (сальдо от инвестиционной деятельности + сальдо от операционной деятельности)			

Пояснения к таблице 4.3:

Дальнейший расчет ведется аналогично данным табл. 4.2.

В конце данного раздела строится финансовый профиль проекта, представляющий собой графическое изображение динамики показателя текущей стоимости чистого дисконтированного дохода, рассчитанного нарастающим итогом. Примерная форма финансового профиля проекта представлена на рис. 4.1.

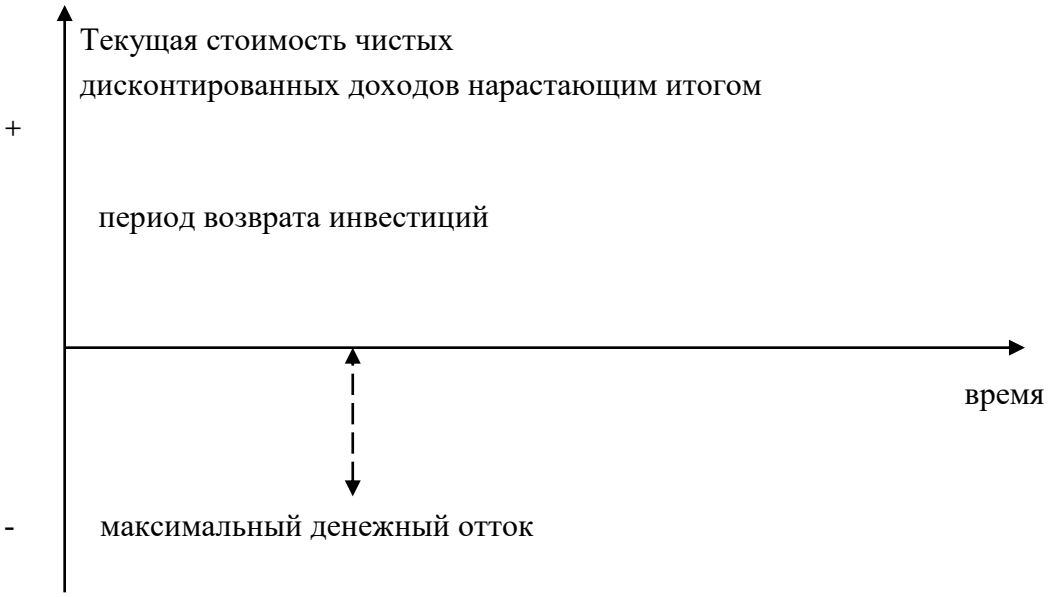


Рис.4.1. Финансовый профиль проекта

Результаты расчетов сводятся в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Наименование показателей	Значение
1. Объем производства продукции, услуг	
- в натуральном выражении, ед. изм.	
- в стоимостном выражении, руб.	
2. Себестоимость (издержки), руб./ед.	
3. Численность работающих, чел.	
4. Фонд оплаты труда, руб./чел.	
5. Рентабельность продукции, %	
6. Простая норма прибыли, %	
7. Срок окупаемости, лет	
8. Чистый дисконтированный доход, руб.	
9. Индекс доходности	
Справочно:	
10. Точка (норма) безубыточности	
11. Значение ставки дисконтирования, %	

В конце работы делается вывод о практической возможности и экономической целесообразности реализации инвестиционного проекта.

Литература:

1. Четыркин Е. Методы финансовых и коммерческих расчетов. –М.: «Дело», 1999.
2. Четыркин Е. Финансовый анализ производственных инвестиций. –М.: «Дело», 1998.
3. Липсиц И.В., Коссов В.В. Инвестиционный проект. – М., Бек, 1996.
4. Беренс В., Хавранек П. Руководство по оценке эффективности инвестиций. ЮНИДО, Вена, 1991. – М. 1995.
5. Егоров М.Е. основы проектирования машиностроительных заводов. – М., Высшая школа, 1999.

Оценка экономической эффективности инвестиций: Методическое руководство по выполнению курсовой работы дисциплины «Экономика предприятия» и экономической части дипломного проекта (работы) для студентов горно-механического факультета.

Авторы: Е.И. Юркова, ст. преподаватель
К.Г. Мусина, доцент, к.э.н.
Г.А. Ляпцев, доцент

Корректура кафедры экономики и менеджмента
Подписано к печати
Формат бумаги 60х84 1/16
Печ.л. Тираж экз. Заказ №
Цена С

Лаб. множительной техники УГГГА
620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30

Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ высшего
профессионального образования

Новикова Н.А., Глинникова Т. П.

Токарное дело

Учебно-методическое пособие по практической работе

для студентов среднего профессионального образования
15.02.16 - «Технология машиностроения»

Екатеринбург
2022

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров
14.09.2022

Новикова Н.А., Глинникова Т. П.,

Токарное дело

Учебно-методическое пособие по практической работе
среднего профессионального образования
15.02.16 Технология машиностроения

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 12 сентября 2022 г. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Новикова Н.А., Глинникова Т. П.

Токарное дело: Учебное пособие по практической и самостоятельной работе для студентов СПО специальности 15.02.16 - «Технология машиностроения» очного обучения / Н.А.Новикова, Т. П. Глинникова, – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2022. 120 с.

В учебно-методическом пособии излагаются способы и приемы выполнения токарных работ, устройство и эксплуатация токарно-винторезных станков, приспособлений и инструментов. правила и принципы построения технологических процессов обработки типовых деталей на токарных станках.

Раздел 1

1.1 Классификация металлорежущих станков

Металлорежущим станком называют технологическую машину, на которой путем снятия стружки с заготовки получают деталь с заданными размерами, формой, взаимным расположением и шероховатостью поверхностей. На станках обрабатывают заготовки не только из металла, но и из других материалов, поэтому термин «металлорежущие станки» устаревает и становятся условным. Заготовкой называют предмет труда, из которого изменением формы, размеров и свойств поверхности изготовляют деталь. Последняя представляет собой продукт труда – изделие, предназначенное для реализации (в основном производстве) или собственных нужд предприятия (во вспомогательном производстве).

Станки могут быть классифицированы по разным признакам, основные из которых рассмотрены ниже.

По **степени универсальности** различают универсальные, специализированные и специальные станки.

Универсальные станки (или станки общего назначения) используют для обработки деталей широкой номенклатуры, ограниченной лишь предельными габаритами, набором инструмента и технологическими операциями.

Специализированные станки используют для обработки однотипных деталей (труб, муфт, коленчатых валов и крепежных деталей) в определенном диапазоне размеров.

Специальные станки применяют для обработки одной определенной детали, реже - нескольких однотипных деталей.

Специализированные и специальные станки используют в основном в крупносерийном и массовом производствах.

По **степени точности** обработки станки делят на пять классов:

- *нормальной точности* (Н); к этому классу относят большинство универсальных станков;

- *повышенной точности* (П); при изготовлении станков этого класса на базе станков нормальной точности предъявляют повышенные требования к точности обработки ответственных деталей, качеству сборки и регулировки станка;

- *высокой точности* (В), достигаемой за счет специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, качеству сборки и регулировки станка в целом;

- *особо высокой точности* (А), при изготовлении которой предъявляют еще более жесткие требования, чем при изготовлении станков класса В;

- *особо точные* (С) станки, или мастер-станки.

Для обеспечения точности работы станков класса В, А и С необходимо поддерживать в производственных помещениях постоянные, автоматически регулируемые значения температуры и влажности.

По степени автоматизации различают механизированные и автоматизированные станки (автоматы и полуавтоматы).

Механизированный станок имеет одну автоматизированную операцию, например зажим заготовки или подачу инструмента.

Автомат, осуществляя обработку, производит все рабочие и вспомогательные движения цикла технологической операции и повторяет их без участия рабочего, который лишь наблюдает за работой станка, контролирует качество обработки и, при необходимости, подналаживает станок, т.е. регулирует его для восстановления достигнутых при наладке точности взаимного расположения инструмента и заготовки, качество обрабатываемой детали. (Под циклом понимают промежуток времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготовляемых деталей.)

Полуавтомат – станок, работающий с автоматическим циклом, для повторения которого требуется вмешательство рабочего. Например, рабочий должен снять деталь и установить новую заготовку, а затем включить станок для автоматической работы в следующем цикле.

По расположению шпинделя станки делятся на *горизонтальные, вертикальные, наклонные и комбинированные*.

В зависимости от массы различают легкие (до 1 т), средние (до 10 т) и тяжелые, или уникальные (более 100 т).

Совокупность всех типов и размеров выпускаемых станков называется *типажом*. Для обозначения модели станка, выпускаемого серийно, принята классификация, разработанная Экспериментальным научно – исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС), в соответствии с которой все станки делят на девять групп

(таблица 1). Каждая группа, в свою очередь, подразделяется на девять типов, характеризующих назначение станка, его компоновку и другие особенности.

Модель станка обозначается тремя или четырьмя цифрами с добавлением в некоторых случаях букв. Таким образом, обозначение токарно-винторезного станка модели 16К20П следует расшифровать так: токарно-винторезный станок (первые две цифры) с высотой центров (половина наибольшего диаметра обработки) 200 мм, повышенной точности П и очередной модификации К. При обозначении станков с числовым программным управлением (ЧПУ) добавляют еще буквы и цифры, например 16К20ПФ3 (Ф№ - числовое управление тремя координатными движениями).

Для обозначения специальных и специализированных станков каждому станкостроительному заводу присвоен индекс из одной или двух букв, после которого ставится регистрационный номер станка. Например, Московское станкостроительное ОАО «Красный пролетарий» имеет индекс МК.

Таблица 1. Обозначение моделей металлорежущих станков, выпускаемых в России (на 1990г.)

Наименование	Группа	Тип станка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы: одношпиндельные	Автоматы и полуавтоматы: многошпиндельные	Токарно-револьверные	-	Карусельные	Токарные и лобо-токарные	Много-резцовые и копировальные	Специализирован-ные	Разные токарные
Сверлильные и расточные	2	Настольно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы: одношпиндельные	Полуавтоматы: многошпиндельные	Координатно-расточные	Радиально- и координатно-сверлильные	Расточные	Отлелочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	Кругшлифовальные, бесцентровошлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоско-шлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные абразивные
Электрофизические и электрохимические	4	-	Светолучевые	-	Электрохимические	Электроискровые	-	Электро-эррозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические	-
Зубо –и резьбообрабатывающие	5	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо-и резьбошлифовальные	Разные зубо и резьбообрабатывающие
Фрезерные	6	Вертикально-фрезерные, консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	Продольные: одностоечные	Продольные: двухстоечные	Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания: внутреннего	Протяжные вертикальные для протягивания: наружного	-	Разные строгальные
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные: Токарным резцом	Отрезные, оснащенные: Шлифовальным кругом	Отрезные, оснащенные: Гладким или насеченным диском	Правильно-отрезные	Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	-	-
Разные	9	Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно-и бесцентровальные	-	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	-	-

1.2 Точность станков и качество обработки

Качество обработки на станке непосредственно связано с его точностью, которая характеризует степень влияния различных погрешностей станка (геометрических, кинематических, упругих, температурных и динамических) на точность изготовляемых деталей.

Геометрические погрешности зависят от точности изготовления деталей и сборки станка, а также его износа в процессе эксплуатации. Они влияют на точность взаимного расположения режущего инструмента и заготовки в процессе формообразования.

Кинематические погрешности определяются ошибками в передаточных числах различных передач кинематической цепи, возникающими вследствие погрешностей отдельных элементов станка (зубчатых колес, червяков, винтовых пар и др.).

Упругие погрешности связаны с деформациями станка, которые вызывают изменения взаимного расположения инструмента и заготовки под действием сил резания, и характеризуются жесткостью станка, т.е. его способностью сопротивляться образованию деформации.

Температурные погрешности возникают, главным образом, вследствие неравномерного нагрева различных элементов станка в процессе его работы (что приводит к изменению начальной геометрической точности) и оказывают существенное влияние на качество обработки деталей, особенно высокоточных.

Динамические погрешности связаны с относительными колебаниями инструмента и заготовки. Они ухудшают качество обработки, могут снижать стойкость режущего инструмента и долговечность станка.

Кроме указанных погрешностей станка на качество обработки значительное влияние оказывают погрешности режущего инструмента, возникающие при его изготовлении и установке на станке, а также износ режущей части в процессе эксплуатации.

1.3 Организация рабочего места станочника

Рабочее место станочника - это участок производственной площади цеха, на котором расположен станок с комплектом приспособлений, вспомогательного и режущего инструмента, а также техническая документация и другие предметы и материалы, находящиеся непосредственно в распоряжении рабочего. Рабочее место является основным звеном любой производственной структуры, где производят механическую обработку на станках, поэтому очень важно, чтобы оно было рационально организовано.

Под организацией рабочего места понимают упорядоченное расположение станка (станков при многостаночном обслуживании), организационной оснастки (т.е. инструментальных шкафов, подносов и лотков для инструментов, стеллажей для станочных приспособлений, планшетов и рамок для технической документации и др.), а также других устройств, обеспечивающих станочнику необходимые условия для высокопроизводительной и безопасной работы. Рациональная организация рабочего места включает в себя его планировку, оснащение и обслуживание.

Под *планировкой* понимают наиболее целесообразное размещение на производственной площади рабочего и станочного оборудования, материалов, подъемно-транспортных средств и оргоснастки. При планировании рабочего места в первую очередь необходимо учитывать рабочее положение станочника, а также значение и характер рабочих усилий (статических, динамических), объем и темп выполняемых движений, степень точности операций и т. п. Для осуществления подавляющего большинства станочных работ характерна рабочая поза стоя (вертикальное положение туловища или наклон его вперед на 10... 15°), обеспечивающая наилучшие условия для обзора, возможность развития больших усилий и движений с большим размахом.

Оснащение рабочего места включает в себя технические средства, необходимые для производства определенных видов работ и их контроля (станки, подъемно-транспортные устройства, технологическую и организационную оснастку, измерительные приспособления), а также средства, обеспечивающие комфортные условия и безопасность труда на рабочем месте (соответствующее освещение, ограничение уровня шума и вибраций, средства связи, эстетические мероприятия и др.).

Технологическая оснастка - это средства, обеспечивающие выполнение технологического процесса с заданными параметрами: станочные приспособления, режущий, вспомогательный и измерительный инструменты.

Организационная оснастка - это средства для размещения и хранения технологической оснастки, а также для облегчения труда и обеспечения его безопасности. Обычно в нее входят: средства для хранения станочных приспособлений, режущего, вспомогательного и измерительного инструмента (шкафы, тумбочки, этажерки и т.п.); средства для хранения материалов, заготовок и обработанных деталей (тара, стойки, стеллажи и пр.); средства для размещения технической и технологической документации (планшеты, полки, ящики и др.); средства, обеспечивающие нормальные условия протекания технологического процесса (производственная мебель, местное освещение, средства связи и т.п.).

Все рабочие места станочников в обязательном порядке оснащают решетками под ноги либо ступеньками со сплошным настилом. Их следует изготовлять из электроизоляционных материалов (сухой древесины, пластмассы). Решетки применяют в тех случаях, когда при обработке образуется большое количество стружки; детали, обрабатываемые на шлифовальных станках, имеют малые припуски, поэтому около таких станков удобнее иметь ступеньку со сплошным настилом. Высоту расположения решеток и ступенек от пола выбирают в зависимости от роста рабочего, а их габаритные размеры - исходя из того, чтобы не было перенапряжения мышечно-связочного аппарата рабочего (подсознательная боязнь оступиться заставляет рабочего постоянно держать мышцы ног в напряженном состоянии, что вызывает их хроническое утомление, сопровождаемое дрожанием или сведением мышц судорогой).

Обслуживание рабочего места - это комплекс мероприятий по обеспечению его средствами и предметами труда, а также услугами с целью создания необходимых условий для высокопроизводительной, ритмичной и безопасной работы. Особое внимание при обслуживании рабочего места уделяется ежедневной уборке станка и околостаночного пространства (очистка от стружки, смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), масла и др.). Эту работу выполняет станочник.

1.4 Условия и охрана труда. Производственные санитарно-гигиенические нормы

В процессе труда человек вступает во взаимодействие с предметами и орудиями труда, а также с другими людьми. Кроме того, на него воздействуют различные факторы производственной обстановки (температура, влажность и условия вентиляции воздуха, шум, вибрация, вредные вещества, различные излучения и т.д.). Все это в совокупности характеризует *условия труда* человека. Улучшению условий труда придается очень большое значение, так как от них в значительной степени зависят здоровье и работоспособность человека, его отношение к труду и результаты этого труда.

Для целенаправленной деятельности по улучшению условий труда факторы, воздействующие на них, объединены в три группы.

Первая группа факторов обусловлена господствующими в обществе производственными отношениями. Сюда относятся: нормативно-правовые факторы (законы о труде, правила, нормы, стандарты и т.п., практика государственного и общественного контроля за их соблюдением), социально-психологические факторы, характеризующие отношение работника к труду, психологический климат в коллективе и т.п.; общественно-политические и экономические факторы (система льгот и компенсаций, моральное и материальное стимулирование).

Вторая группа факторов оказывает непосредственное воздействие на формирование материально-вещественных элементов труда, предметы и орудия труда, технологические процессы, организационные формы производства, применяемые режимы труда и отдыха.

Третья группа факторов характеризует воздействие на работников климатических, геологических и биологических особенностей местности, где протекает работа.

В процессе производства этот сложный комплекс факторов, воздействующих на формирование условий труда, объединен многообразными взаимными связями.

Охрана труда - это система технических, санитарно-гигиенических, организационных и правовых мероприятий, непосредственно направленных на обеспечение безопасных для жизни и здоровья человека условий труда. Требования по охране

труда сформулированы в Трудовом кодексе Российской Федерации (ТК РФ), а конкретизированы они в общих, межотраслевых и отраслевых правилах по технике безопасности и в санитарных нормах.

Профилактика травматизма на производстве обеспечивается внедрением техники безопасности, профилактика профессиональных заболеваний - нормализацией условий труда. Безопасность труда должна учитываться уже на стадии проектирования и монтажа оборудования, в расчетах его на прочность и надежность, при выборе его эксплуатационных параметров, технологических процессов и материалов, при механизации тяжелых, трудоемких, опасных и вредных работ, организации рабочих мест. При проектировании предприятий предусматриваются системы улавливания, обезвреживания и утилизации отходов. К мероприятиям по технике безопасности относят также применение предохранительных устройств, приборов, систем (ограждения, блокировки, заземления и зануления, автоматического отключения и др.); установку сигнализации и маркировку оборудования, инструмента и приборов; нормирование условий труда (режима труда и отдыха); надзор за ведением работ и др. Комплекс мероприятий по охране труда включает в себя также подготовку персонала (профессиональный, медицинский и психологический отбор, обучение, тренировки, инструктирование) и его обеспечение средствами индивидуальной защиты, а также аварийно-спасательные меры.

Под *безопасностью труда* понимается комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на создание безопасных условий труда. Требования к безопасности труда стандартизованы государством и объединены в два направления:

- разработка специальных стандартов, отражающих требование к созданию безопасных и здоровых условий труда;
- включена в стандарты и технические условия специального раздела «Требования безопасности».

Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях установлен ГОСТ 1.26—77 «ГСС. Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях» и

«Методическими указаниями о порядке согласования проектов стандартов и технических условий с профсоюзными органами» (РД 50-111—81). Внедрение этого порядка означает, что в Российской Федерации практически ни одно изделие не может быть выпущено, если его конструкция не удовлетворяет требованиям безопасности. Новое оборудование специально сертифицируется на соответствие требованиям безопасности труда.

Первое направление стандартизации реализовано в разработке системы стандартов безопасности труда (ССБТ), которая представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Существуют государственные, отраслевые, республиканские стандарты и стандарты предприятий. Требования охраны труда систематизированы и взаимосвязаны. К разработке государственных стандартов, которая, как правило, проводится на основе глубоких научных исследований новейших достижений науки и техники, широко привлекаются ученые, специалисты различных отраслей народного хозяйства, работники служб охраны труда, комитеты профсоюзов.

Общие требования, которые разрабатываются при конструировании оборудования, позволяют обеспечить безопасность при его эксплуатации.

Эти требования были сформулированы в ГОСТ 12.2.003-91. В дополнение к этому ГОСТу были также разработаны и введены в действие стандарты по технике безопасности на отдельные группы оборудования, например на металлообрабатывающие станки - ГОСТ 12.2.009-99.

В каждом цехе имеются специальные инструкции, в которых, кроме общих требований техники безопасности, приведены специфические требования, характерные для цеха, в котором установлен станок. Инструктаж по правилам безопасности на каждом рабочем месте проводит мастер. Рациональная организация рабочего места, выполнение правил эксплуатации станка, и соблюдение правил безопасности являются важнейшими условиями высокопроизводительного труда.

В основе создания техники безопасности в станках (как и в другом технологическом оборудовании) заложен принцип перехода от техники безопасности к безопасной технике.

Гигиена — это область медицины, в которой изучают влияние условий жизни и труда на здоровье человека, разрабатывают меры профилактики профессиональных заболеваний. *Гигиена труда* - это раздел общей гигиены, в котором изучают влияние трудовой деятельности и производственной среды на организм человека, разрабатывают меры и санитарно-гигиенические нормативы, направленные на оздоровление условий труда и предупреждение профессиональных заболеваний.

Метеорологические условия, в которых осуществляется трудовая деятельность любого человека, определяются сочетанием температуры воздуха, его скорости движения и относительной влажности, барометрическим давлением и тепловым излучением нагретых поверхностей. Рабочий-станочник обычно трудится в помещении (цехе предприятия), поэтому совокупность перечисленных показателей (за исключением барометрического давления) принято называть микроклиматом производственного помещения. Существенное отклонение значений параметров микроклимата рабочей зоны от оптимальных может быть причиной ряда физиологических нарушений, в организме работающих, привести к резкому снижению работоспособности и даже к профессиональному заболеванию.

Для нормализации микроклимата используют различные способы: рациональное размещение оборудования; механизацию и автоматизацию производственных процессов; внедрение более рациональных технологических процессов и оборудования; рациональную тепловую изоляцию оборудования и защиту работающих от источников теплового излучения; создание систем вентиляции и отопления; разработку режимов труда и отдыха; использование средств индивидуальной защиты рабочего-станочника и пр. При этом на мероприятия и устройства вентиляции, отопления и освещения производственных помещений вводятся санитарно-гигиенические нормы. Гигиеническое нормирование распространено на шум, вибрацию, инфразвук и другие явления (в зависимости от их воздействия на организм человека).

Например, основным нормативным документом в области вибрации является ГОСТ 12.1.012—78 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности». Вибробезопасными называются условия труда, при которых производственная вибрация не оказывает на

работающего неблагоприятного воздействия даже в крайних своих проявлениях (т. е. не приводит к профессиональному заболеванию - вибрационной болезни). Классификация методов и средств вибрационной защиты приведена в ГОСТ 12.4.046—78.

Раздел 2 РАБОТА НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ

Тема 2.1 Управление токарным станком

Оснащение рабочего места: токарно-винторезный станок модели 1К62; плакаты – общий вид станка, кинематическая схема станка, органы управления станком, таблицы частот вращения шпинделя и подач; образцы токарных работ; наборы режущих и измерительных инструментов и приспособлений, применяемых на токарных станках (резцы, штангенциркули, микрометры, центры, патроны, планшайбы, люнеты и т.п.); заточные станки моделей 3Б634 или 362В; бруски шлифовальные; образцы шлифовальных кругов; масленка, шприц, щетка-сметка, ветошь, защитные очки.

Токарная обработка (точение) – один из самых распространенных видов обработки металлов резанием, осуществляемый на станках токарной группы. Детали, обраба заемые на этих станках, делятся на три класса, валы, диски, втулки. Наиболее распространенные операции, выполняемые на станках токарной группы, показаны на рис 2.1. а…л.

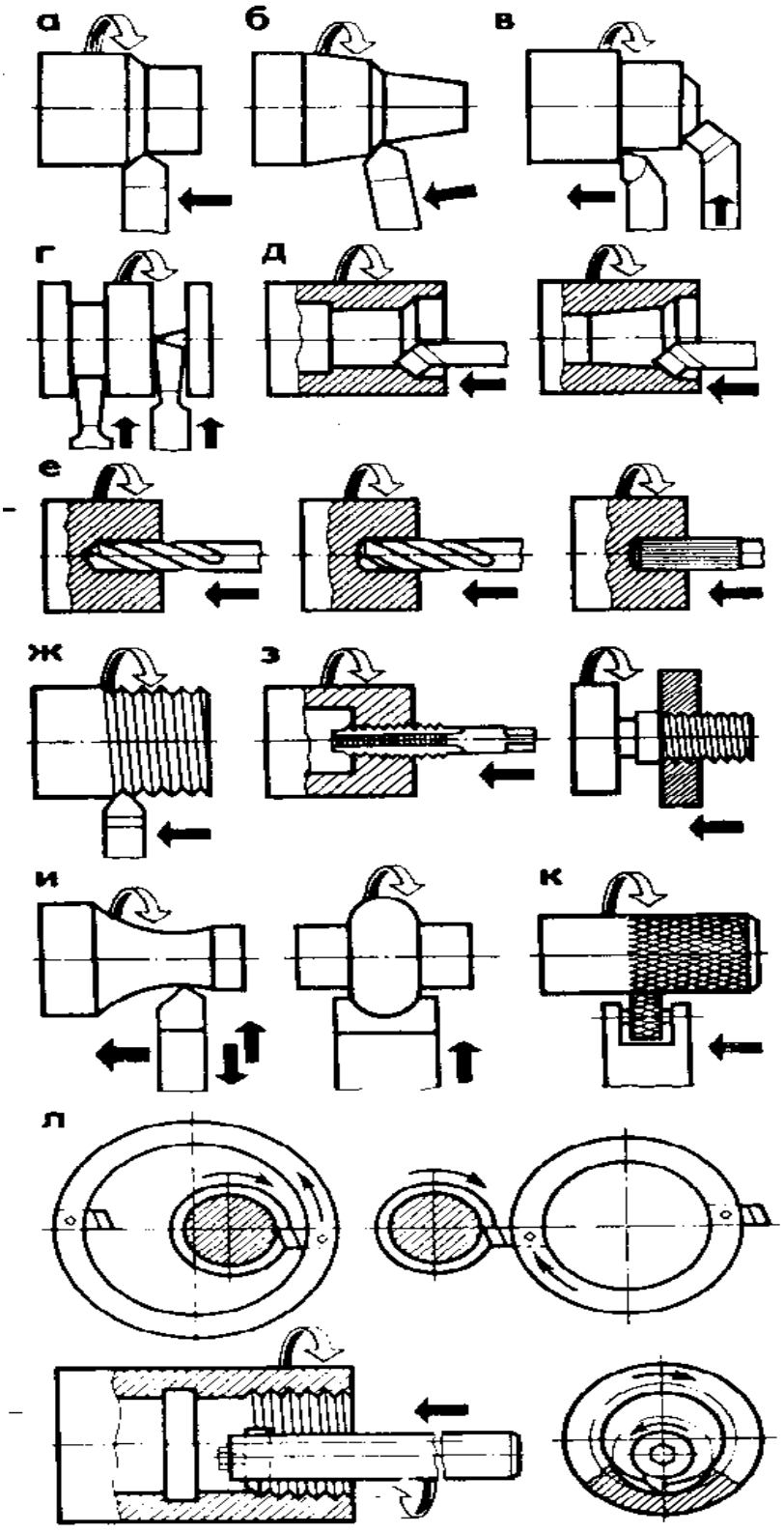


Рис.2.1 Виды работ, выполняемые на токарных станках
а – обтачивание наружных цилиндрических поверхностей; *б*- обтачивание наружных конических поверхностей; *в* – обтачивание торцов и уступов; *г* – прорезание канавок и отрезание; *д* – растачивание отверстий; *е* – сверление, зенкерование и развертывание; *ж* – нарезание резьбы резцами; *з* – нарезание резьбы метчиками и плашками; *и* – фасонное обтачивание; *к* – накатывание рифленных поверхностей; *л* – вихревое нарезание резьбы

Рабочее место токаря состоит из токарного станка, технологической и организационной оснастки, элементов, обеспечивающих охрану труда и санитарно- гигиенические условия работы.

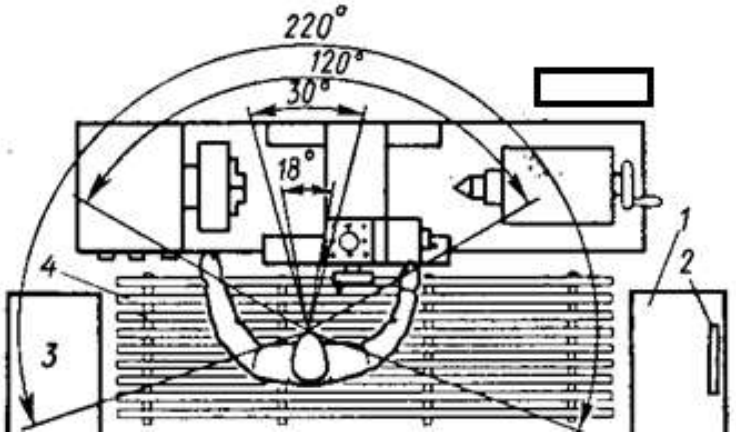


Рис. 2.2 Рабочее место токаря

На рисунке 2.2. дан пример организации рабочего места токаря. Справа от рабочего расположена инструментальная тумбочка (шкаф) 1 для хранения инструментов и приспособлений, слева – приемный столик 3 или тара для заготовок и обработанных деталей. На тумбочке 1 располагается планшет 2 для технологической документации. Около станка должна находиться деревянная подножная решетка 4, высота которой подбирается по росту учащегося. Согласно требованиям НОТ инструментальная тумбочка (рис 2.3.) должна иметь ящики и полки для хранения режущего, контрольно-измерительного, вспомогательного и крепежного инструмента, центров, патронов и планшайб.

Рабочее место токаря состоит из токарного станка, технологической и организационной оснастки, элементов, обеспечивающих охрану труда и санитарно- гигиенические условия работы.

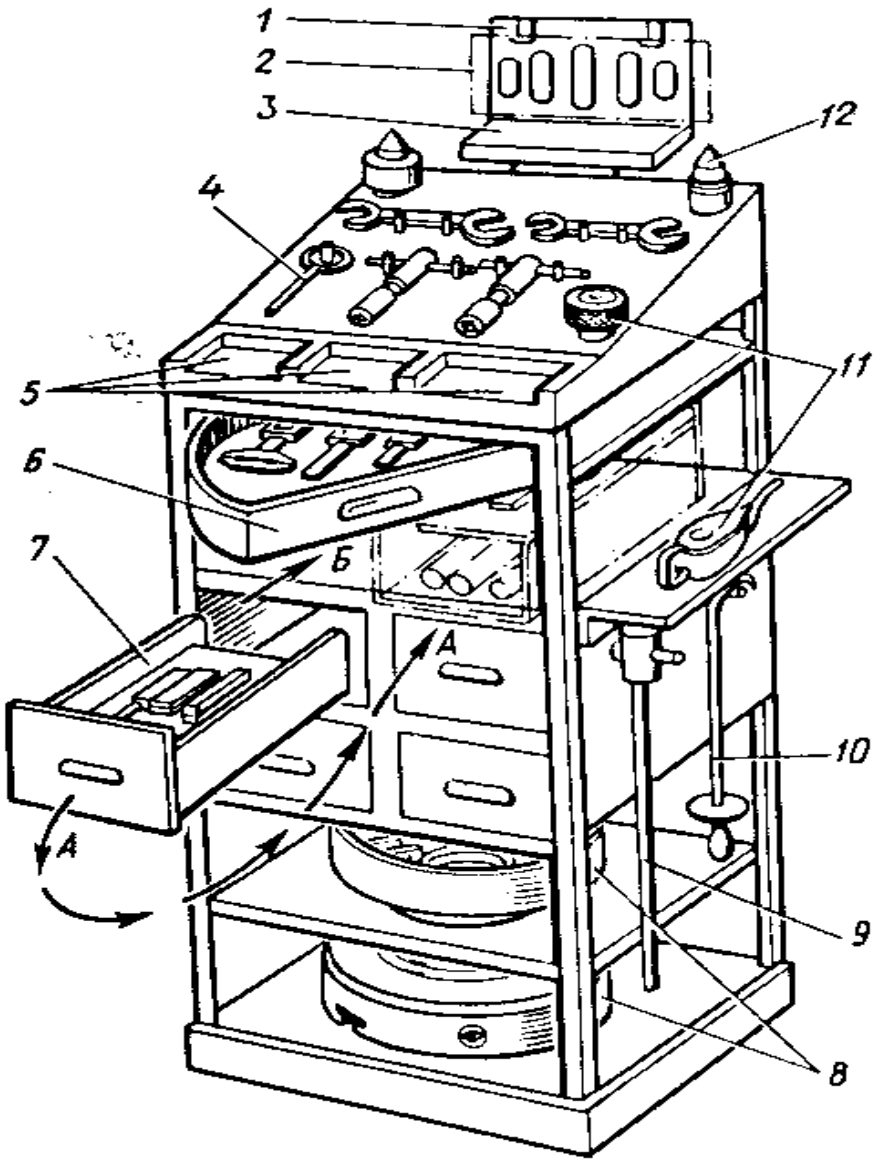


Рис.2.3 Инструментальная тумбочка токаря

1 – планшет для закрепления чертежа; 2 – рабочий чертеж или технологическая карта; 3 – полочка для измерительного инструмента; 4 – верхняя наклонная полка (столешница) для крепежного инструмента; 5 – место для часто используемого инструмента; 6 – поворотный ящик для хранения измерительного инструмента; 7 – ящик для хранения режущего инструмента:

А – повернутый открытой стороной; Б – место для часто используемого инструмента;

8 – патроны и планшайбы; 9 – латунная выколотка центров; 10 – крючок для удаления стружки; 11 – масленки; 12 – центра

Для ежедневного ухода за токарно-винторезным станком и его смазки на рабочем месте должны находиться специальный шприц, масленка и щетка-сметка.

Ежедневно, перед началом работы на станке, необходимо смазать все трущиеся части суппорта, направляющие, резьбу ходового винта, задней бабки, подшипники. Смазка производится с помощью специального шприца и масленки. Места смазки станка показаны на рис. 2.4.

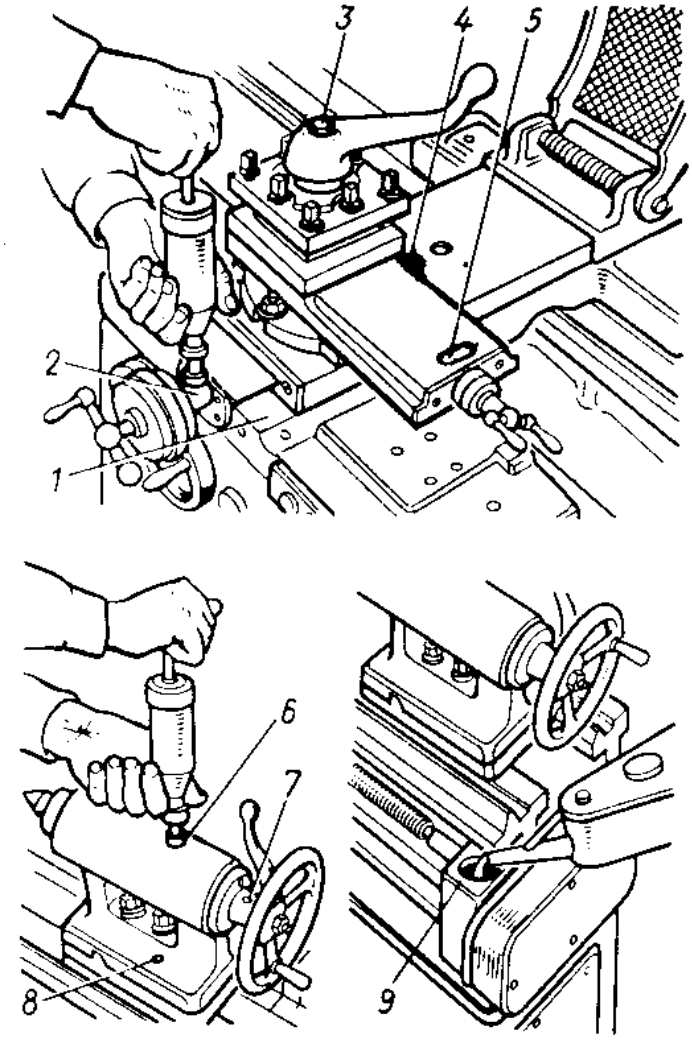


Рис.2.4 Места ежедневной смазки токарного станка 1К62
1 – поперечные направляющие; 2 – винт поперечной подачи; 3 – винт и гайка резцедержателя; 4 – гайка поперечной подачи; 5 – винт верхних салазок суппорта; 6 – пиноль задней бабки; 7 – шейка винта пиноли; 8 – направляющие основания задней бабки; 9 –подшипники ходового винта и ходового вала.

При работе на токарном станке необходимо кроме общих правил техники безопасности, указанных в разд. 1.2, соблюдать следующие меры предосторожности: поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте; помещать инструмент и заготовки на места, специально отведенные для них; применять защитные очки при обработке металлов, дающих отлетающую стружку (стружку

надлома и элементную), или пользоваться защитным экраном; перед включением электродвигателя выключить (поставить в нейтральное, т.е. среднее положение) все рычаги управления; при смене инструмента, установке и снятии обрабатываемой заготовки, уборке, чистке и смазке станка обязательно выключить вращение шпинделя, а при более длительных паузах – выключить электродвигатель; не класть на направляющие станины заготовки, инструмент и другие предметы; по окончании работы на станке снять инструмент и приспособления, убрать стружку (крючком и щеткой), протереть рабочие части и трущиеся поверхности станка обтирочным материалом, смазать и сдвинуть заднюю бабку на правый конец станины, переместить каретки суппорта в среднее положение, поперечные салазки вместе с резцедержателем переместить от оси центров до переднего края поперечных направляющих; не мыть руки эмульсией, маслом, керосином и не вытирать их использованным (содержащим мелкую металлическую стружку) обтирочным материалом; сдать рабочее место мастеру или дежурному по мастерским, обязательно сообщив при этом о замеченных недостатках в работе станка.

Наиболее универсальными и распространенными в учебных мастерских являются токарно-винторезные станки моделей 1К62 и 1А616, а также новой модели 16К20. Все тренировочные упражнения и изучение приемов работы на токарных станках в данном пособии приводятся для модели 1К62, как наиболее приспособленных для учебных целей.

На рисунке 2.5. показан токарно-винторезный станок модели 1К62 и его основные узлы и органы управления. Станок состоит из станины установленной на тумбах, передней (шпиндельной) бабки, суппорта с резцедержателем и фартуком, задней бабки. Станина является основанием и служит для монтажа всех основных узлов станка. По направляющим станины перемещаются каретка суппорта и задняя бабка. Передняя бабка имеет внутри коробку скоростей со шпинделем, на переднем конце которого закрепляется патрон или планшайба для установки обрабатываемой заготовки. Суппорт предназначен для крепления резцов в резцедержателе и перемещения их в продольном, поперечном и угловом направлениях. Для перемещения инструмента суппорт имеет трое салазок (кареток): продольные, поперечные и верхние. Коробка

подач и гитара сменных зубчатых колес служат для налаживания станка на необходимую подачу или шаг нарезаемой резьбы.

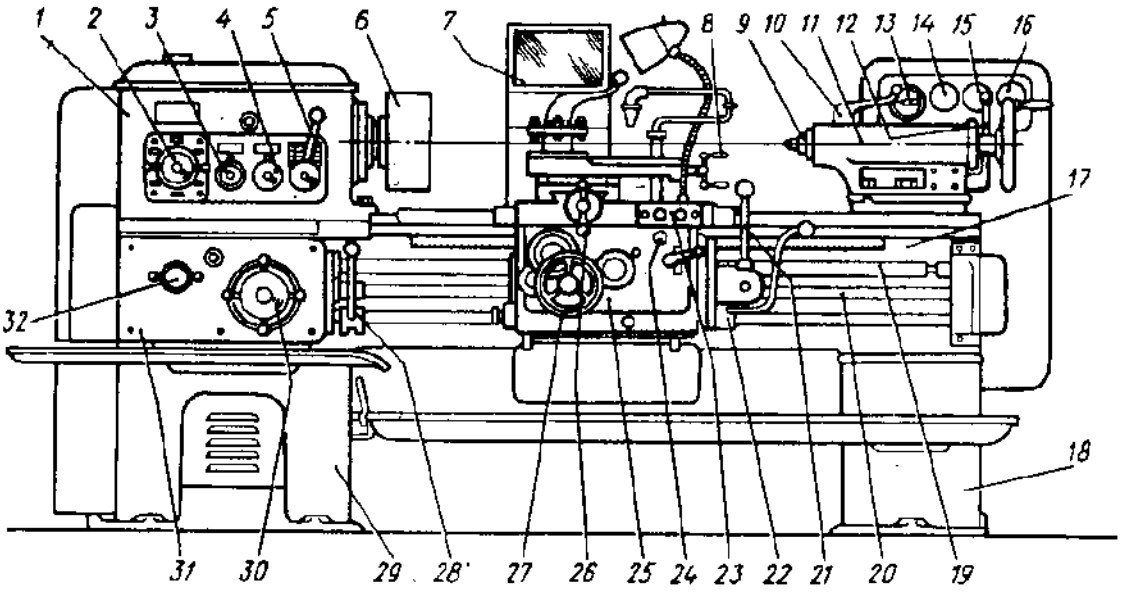


Рис. 2.5 Органы управления и основные части токарно-винторезного станка 1К62

1 – передняя бабка; 2, 5 – рукоятки настройки вращения шпинделя; 3, 4 – рукоятки настройки шаг нарезаемой резьбы; 6 – патрон для зажима заготовки; 7 – предохранительный защитный экран; 8 – рукоятка перемещения резцовых салазок суппорта; 9 – выдвижная пиноль задней бабки; 11 – задняя бабка; 12 – рычаг закрепления задней бабки; 13 – амперметр контроля нагрузки главного электродвигателя; 14 – переключатель насоса охлаждения «включено-выключено»; 15 – главный переключатель «включено-выключено»электросети; 16 – переключатель освещения; 17- станина; 18 – правая тумба; 19 – ходовой винт; 20 – ходовой вал; 21 – рукоятка переключения продольных и поперечных перемещений (подач) суппорта; 22 – правая рукоятка включения, остановки и реверсирования вращения шпинделя (дублирующая); 23 – кнопочная станция пуска и остановки главного электродвигателя «Пуск», «Стоп»; 24 – рукоятка включения разъемной гайки ходового винта; 25 – фартук суппорта; 26 – рукоятка ручного перемещения поперечной каретки суппорта; 27 – маховик ручного перемещения продольной каретки суппорта; 28 – левая рукоятка включения, остановки и реверсирования вращения шпинделя (дублирующая); 29 – левая тумба; 30 – барабан настройки на заданную продольную и поперечную подачи; 31 – коробка движения подач; 32 – рукоятка настройки станка на заданную скорость подачи или тип резьбы.

От коробки подач движение на суппорт поступает через ходовой винт, при нарезании резьбы, или через ходовой вал, когда необходимо осуществить движение продольной и поперечной подачи при обтачивании заготовок. Задняя бабка служит для поддержания свободного конца длинных заготовок. Она состоит из трех основных частей: корпуса, пиноли и плиты. В коническое отверстие пиноли устанавливают центр или инструмент (сверло, зенкер и т.п). Корпус задней бабки можно смещать в поперечном

направлении для обтачивания конусных поверхностей. Токарные станки оснащены устройствами для ускоренной подачи суппорта и механизма для быстрой остановки вращения шпинделя и автоматического отключения подачи суппорта при перегрузке.

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 2.6

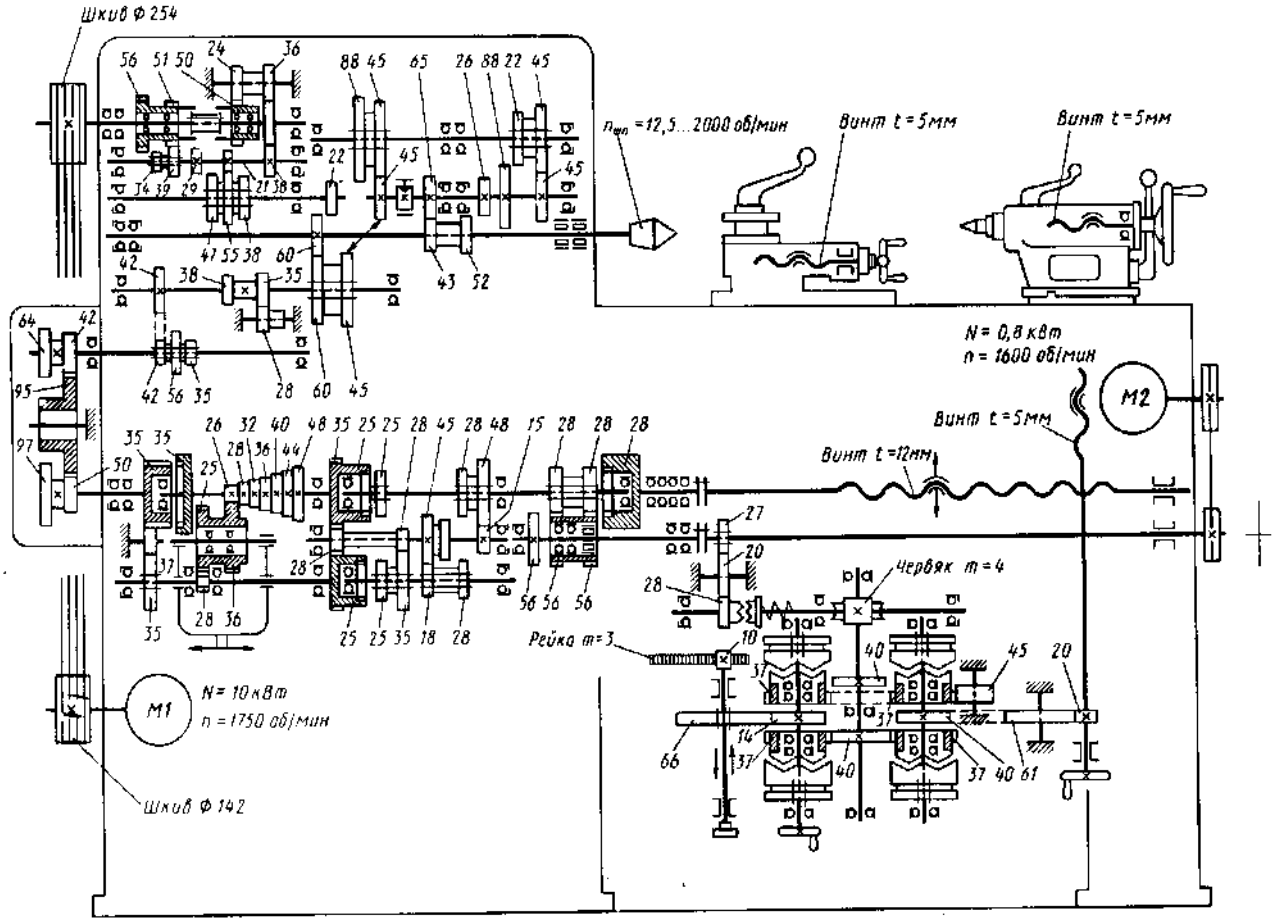


Рис. 2.6 Кинематическая схема токарно-винторезного станка 1К62 (цифрами обозначены числа зубьев колес)

На передней бабке станка помещены указатели положения рукояток настройки и таблицы частот вращения шпинделя, значений заданных подач, сменных зубчатых колес для различных видов и шагов резьб. (рис. 2.7)

От коробки подач движение на суппорт поступает через ходовой винт, при нарезании резьбы, или через ходовой вал, когда необходимо осуществить движение продольной и поперечной подачи при обтачивании заготовок. Задняя бабка служит для поддержания свободного конца длинных заготовок. Она состоит из трех основных частей: корпуса, пиноли и плиты. В коническое отверстие пиноли устанавливают центр или инструмент (сверло, зенкер и т.п). Корпус задней бабки можно смещать в поперечном

направлении для обтачивания конусных поверхностей. Токарные станки оснащены устройствами для ускоренной подачи суппорта и механизма для быстрой остановки вращения шпинделя и автоматического отключения подачи суппорта при перегрузке.

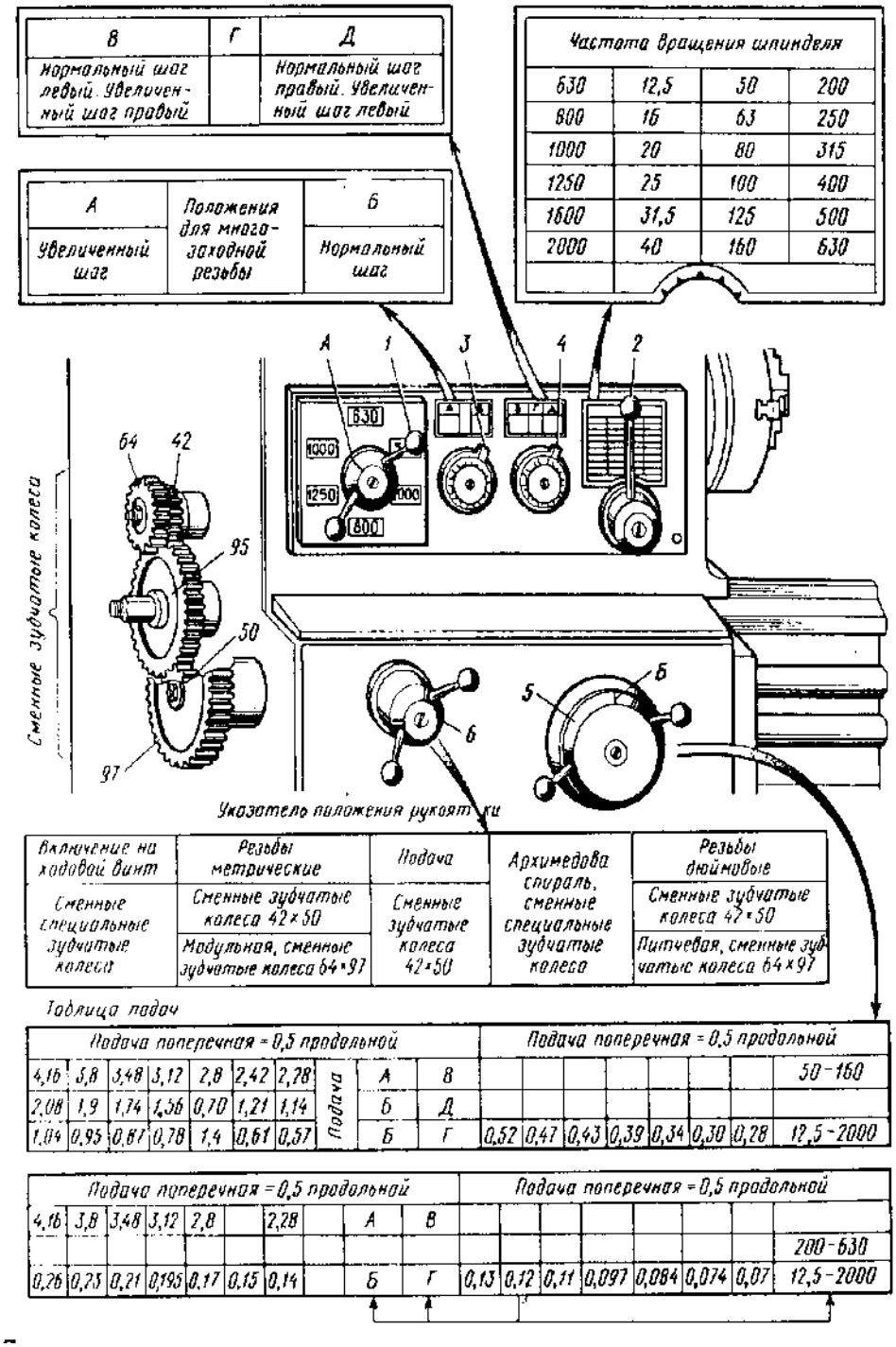


Рис. 2.7 Указатели положения рукояток настройки на передней бабке токарного станка 1К62

Режущим инструментом, применяемым на токарных станках, являются резцы, которые по виду обработки делятся на проходные, подрезные, отрезные, прорезные, галтельные, резьбовые, фасонные и расточные: расточные в свою очередь, делятся на резцы для обработки сквозных отверстий, расточки канавок, нарезания резьбы.

По направлению движения подачи резцы делятся на правые и левые (рис 2.8.). Правыми резцами называются такие, у которых при наложении на них сверху ладони правой руки главная режущая кромка оказывается расположенной на стороне большого пальца. При работе такими резцами на токарном станке они перемещаются справа налево. По форме головки и ее расположению относительно оси тела резцы разделяются на прямые (рис 2.9. а), отогнутые (рис 1.9. б), изогнутые (рис. 2.9. в) и с оттянутой головкой (рис. 2.9. г).

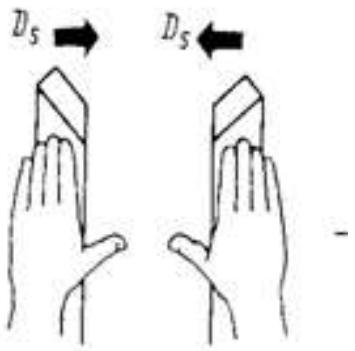


Рис.2.8 Формы резцов в зависимости от направления движения подачи

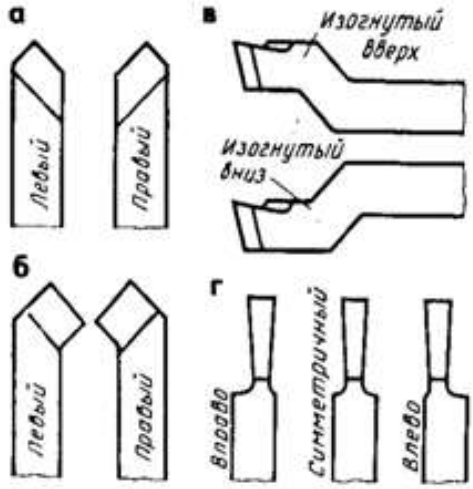


Рис. 2.9 Резцы с различной формой и расположением головки

Геометрические элементы резцов зависят от свойств обрабатываемого материала, материала режущей части резца, сечения среза, вида обработки, требуемой шероховатости поверхности, жесткости системы СПИД и др. Рационально выбранные геометрические элементы резца и форма передней поверхности для заданных условий резания должны обеспечить наибольшую стойкость инструмента или наибольшую скорость

главного движения резания. Такая геометрия называется оптимальной и выбирается из соответствующих справочников по режимам резания и конструированию режущего инструмента.

Режущая часть инструмента (резца, зубила, зуба напильника, сверла, фрезы, зерна шлифовального круга) представляет собой форму клина, с помощью которого производится отделение стружки от обрабатываемой заготовки. Любой инструмент имеет много общего с резцом, на примере которого ознакомимся со всеми поверхностями и геометрическими элементами режущего инструмента.

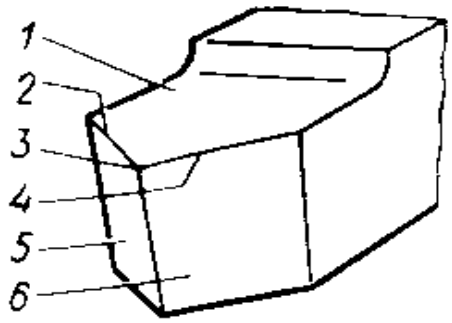


Рисунок 2.10 Конструктивные элементы режущей части токарного резца

Головка, т.е. режущая часть резца, имеет следующие элементы: переднюю поверхность, задние поверхности, режущие кромки и вершину (рис. 2.10). Передней поверхностью 1 называется поверхность инструмента, по которой сходит стружка. Задними поверхностями называются поверхности инструмента, обращенные к обрабатываемой заготовке (главная 6 и вспомогательная 5). Режущие кромки образуются пересечением передней и задних поверхностей, их две – главная 4 и вспомогательная 2. Главная режущая кромка (лезвие) выполняет основную работу резания. Вспомогательных режущих кромок может быть несколько, например, у отрезного резца, зуба дисковой фрезы. Вершина резца 3 – место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок. Она может быть острой, закругленной или выполненной в виде переходной режущей кромки.

На обрабатываемой заготовке (рис. 2.11) различают следующие поверхности: обрабатываемую 1, обработанную 3 и поверхность резания 2. *Обрабатываемой* называется поверхность

заготовки, которую удаляют в результате обработки; *обработанной* называется поверхность, полученная после снятия стружки; *поверхность резания* образуется на обрабатываемой заготовке непосредственно главной режущей кромкой.

Взаимное расположение различных поверхностей режущей части инструмента характеризуется значениями углов или геометрическими элементами инструмента. Основные геометрические элементы инструмента: главные и вспомогательные углы, углы в плане и угол наклона главной режущей кромки. Для определения значений этих углов устанавливают следующие исходные плоскости: плоскость резания 4 – это плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку; основная плоскость 5 – это плоскость, параллельная продольному и поперечному перемещениям инструмента. У токарного резца за основную плоскость может быть принята нижняя (опорная) поверхность резца.

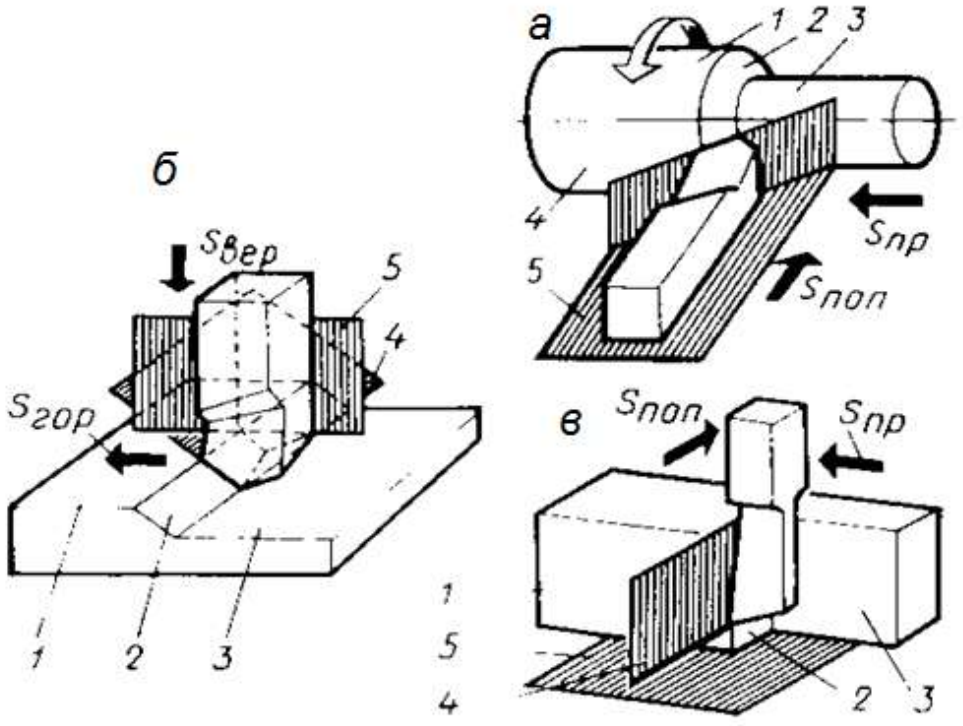


Рис.2.11

Главные углы инструмента (рис. 2.12 а, б) измеряют в главной секущей плоскости, перпендикулярной проекции главной режущей кромки на основную плоскость. Вспомогательные углы инструмента измеряют во вспомогательной секущей плоскости; перпендикулярной проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Главным задним углом α называется угол, заключенный между главной задней поверхностью и плоскостью резания. Если задняя (или передняя) поверхность криволинейная (радиусная), то углы рассматриваются между касательной к главной задней (или передней) поверхности и плоскостью резания. Передним углом γ называется угол, заключенный между передней поверхностью и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания. *Углом заострения* β называется угол, заключенный между передней и главной задней поверхностями. В сумме $\alpha + \gamma + \beta = 90^0$.

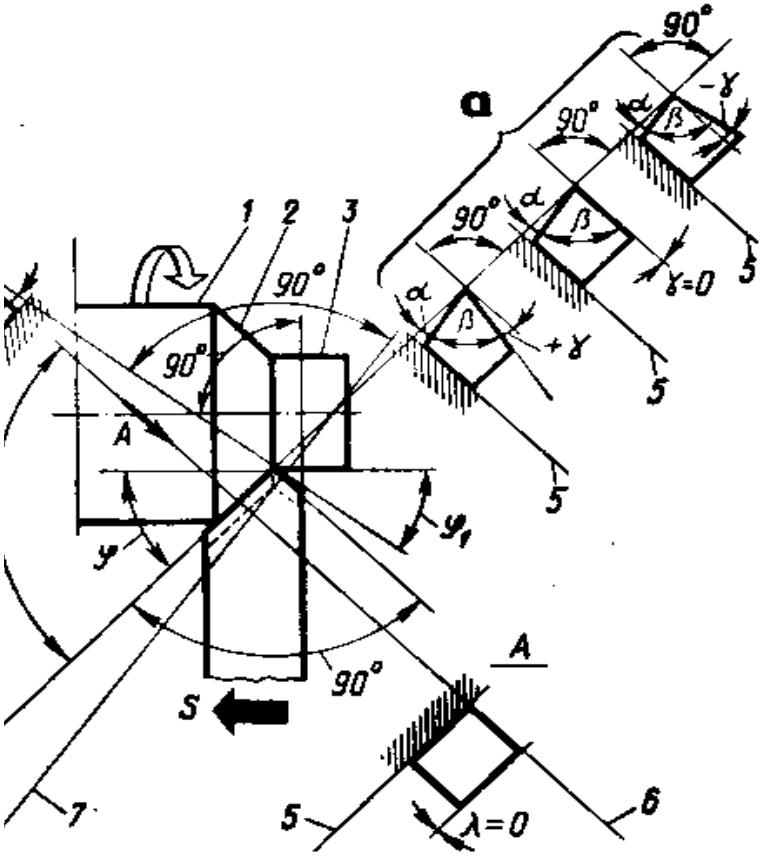


Рисунок 2.12 Углы токарного резца

1 - обрабатываемая поверхность; 2 - поверхность резания; 3 - обработанная поверхность; 4 - плоскость резания (след); 5 - плоскость параллельная основной плоскости; 6 - главная секущая плоскость (след); 7 - вспомогательная секущая плоскость (след)

Вспомогательным задним углом α_1 называется угол, заключенный между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости. Во вспомогательной секущей плоскости рассматриваются вспомогательные углы γ_1 и β_1.

Главным углом в плане φ называется угол, заключенный между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. *Вспомогательным углом в плане* φ 1называется угол, заключенный между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Угол наклона главной режущей кромки λ расположен между главной режущей кромкой и линией проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости. В зависимости от положения вершины резца относительно режущей кромки угол λ может быть равен нулю (рис. 1.13 а), иметь положительное (рис. 1.13 б) или отрицательное (рис. 1.13в) значение. Угол λ определяет направление схода стружки: при положительном угле λ стружка отводится в сторону обработанной поверхности, при отрицательном – в сторону обрабатываемой поверхности, при $\lambda = 0$ – в направлении, перпендикулярном главной режущей кромке.

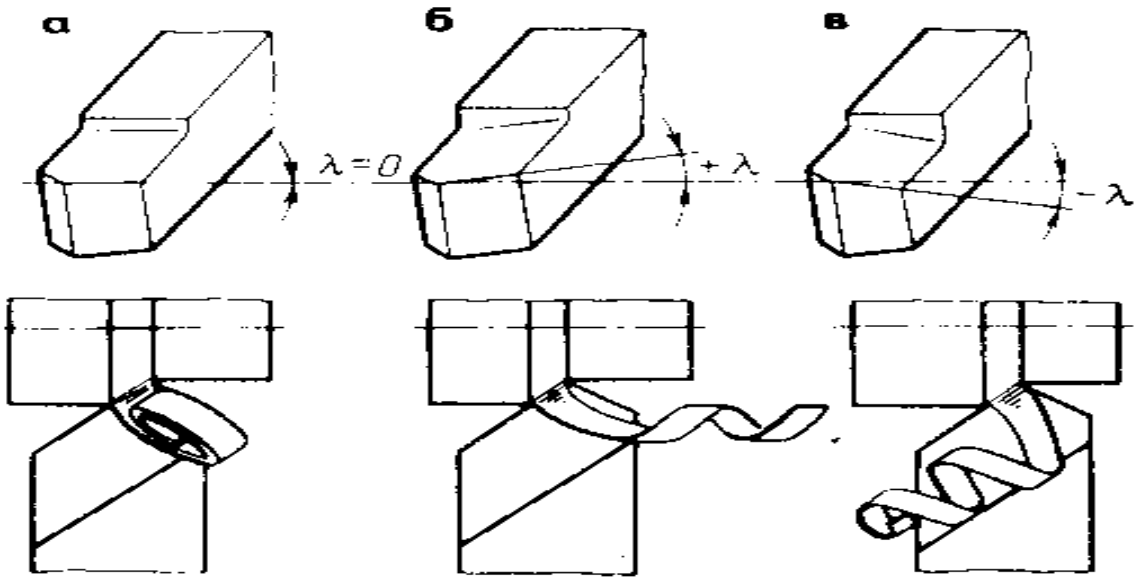


Рис. 2.13 Угол наклона главной режущей кромки и направление схода стружки

В процессе резания в зависимости от положения вершины резца относительно линии центров станка, величины скорости движения подачи и диаметра заготовки или обрабатываемого отверстия значения углов инструмента изменяются по сравнению со статистическим (нерабочим) состоянием (рис 2.14).

Значения геометрических элементов инструмента и форма передней поверхности (плоская, плоская с фаской, криволинейная, с лункой и др.) зависят от целого ряда факторов и в первую очередь от физико-механических свойств обрабатываемого материала, материала режущей части инструмента, формы и размеров обрабатываемой заготовки.

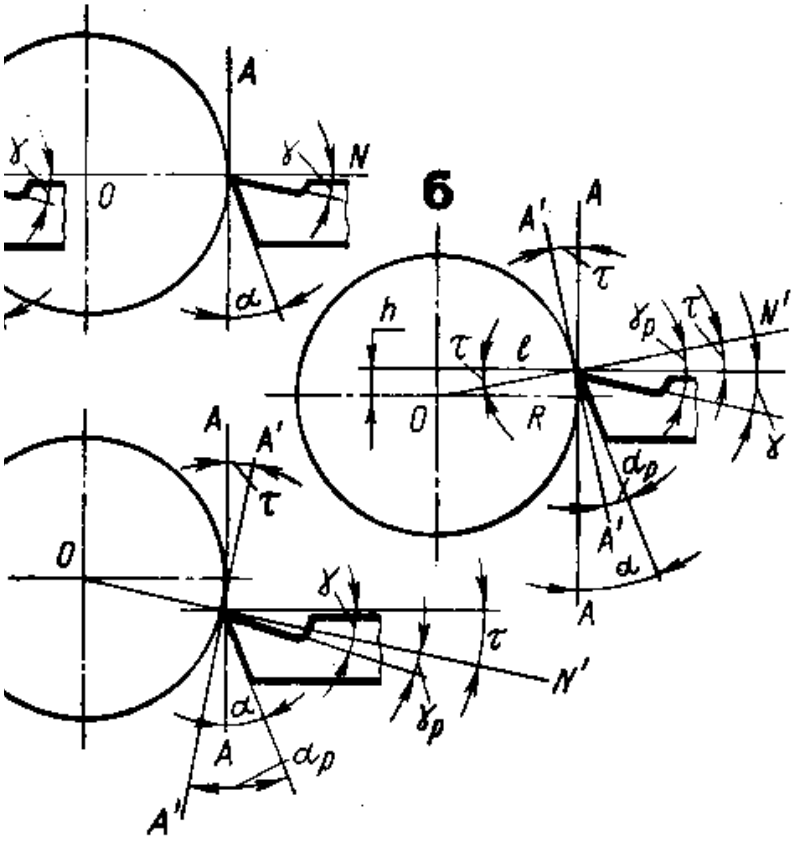


Рис. 2.14 Влияние установки резца относительно линии центров станка на его углы
а - установка по центру при обточке и расточке отверстия;
б - установка выше центра; *в* - установка ниже центра

Формы передней поверхности и углы заточки резцов из быстрорежущей стали и твердых сплавов приведены в таблице 2.

Заточку резцов производят на двустороннем заточном (точильно-шлифоваль-ном) или универсально-заточном станке.

Резцы из быстрорежущей стали затачивают шлифовальными кругами из электрокорунда 24А на керамической связке, зернистостью 40…25 и твердостью СМ 1…СМ2, например кругом 24А 25 П СМ2 5 К5 А. При заточке необходимо применять охлаждение.

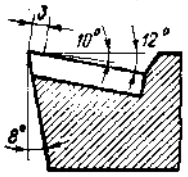
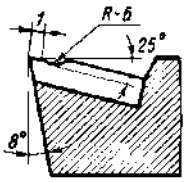
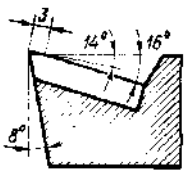
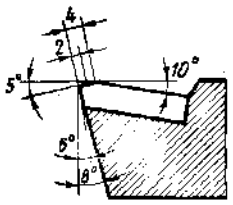
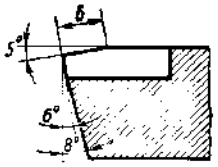
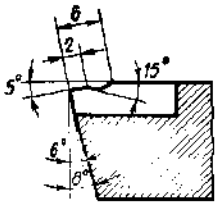
После заточки резцы доводятся мелкозернистыми кругами из карбида кремния зеленого 63С на бакелитовой связке, например кругом 63С 6 П СМ1 5 Б2 А.

Черновую заточку твердосплавных резцов производят шлифовальными кругами из карбида кремния черного 54С, зернистостью 50…40 и твердостью М3…СМ1 или из карбида кремния зеленого 63С, а чистовую заточку и доводку - кругами из синтетических алмазов АС0 80/63…АС0 125/100. Доводку резцов можно производить на доводочном диске-притире из мелкозернистого серого чугуна путем нанесения на него доводочной пасты. При невозможности выполнить доводку инструмента – ограничиться только заправкой режущих кромок мелкозернистым бруском из карбида кремния зеленого 63С.

Заточку и доводку твердосплавных резцов производят в такой последовательности. Сначала обрабатывают задние поверхности (по стальной державке) кругами из электрокорунда 24А под углом α $+5_0$, а затем производят черновую заточку кругами из карбида кремния зеленого 63С только пластины твердого сплава. После этого доводят алмазными кругами переднюю и заднюю поверхности и радиус вершины лезвия.

Таблица 2

Геометрические параметры и формы передней поверхности резцов

Форма передней поверхности	Эскиз	Область применения и характеристика обрабатываемых материалов
	Резцы из быстрорежущей стали	
Плоская с малым положительным передним углом		Сталь с $\sigma_в > 800$ МПа Чугун серый с НВ > 220 Бронза и другие хрупкие материалы
Криволинейная с фаской		Сталь с $\sigma_в < 800$ МПа Вязкие цветные металлы и сплавы
Плоская с большим положительным передним углом		Сталь с $\sigma_в < 800$ МПа Чугун серый с НВ < 220
	Резцы с пластинами твердого сплава	
Плоская с положительным передним углом		Чугун серый с НВ < 220 Бронза и другие хрупкие металлы
Плоская с отрицательной фаской		Чугун ковкий, сталь и стальное литье с $\sigma_в < 800$ МПа
Плоская с отрицательным передним углом		Чугун серый с НВ > 220 Сталь и стальное литье с $\sigma_в > 800$ МПа Работа с ударами
Криволинейная с отрицательной фаской		Сталь с $\sigma_в < 800$ МПа при необходимости зависания и дробления стружки

Примечание. При работе с ударами угол наклона главной режущей кромки $\lambda = +10^0$; при работе без ударов $\lambda = 0^0$.

Для упрочнения режущей кромки и предохранения ее от выкрашивания на передней поверхности делают фаску шириной

0,2…1 мм. Для резцов из быстрорежущей стали фаска направлена под положительным углом $\gamma_1 = 0…8^0$, а для твердосплавных резцов – под отрицательным углом $\gamma_1 = -3… -10^0$.

В процессе практики при выполнении различных токарных обработок учащийся должен научиться затачивать проходные и подрезные токарные резцы, проверять размер заточки выбранных углов, заправлять и доводить режущие кромки головки резца.

В заточном отделении учебных мастерских кроме универсально-заточных станков для заточки различного режущего инструмента должны быть установлены два заточных (точильных) станка для заточки резцов. На первом станке один шлифовальный круг должен предназначаться для заточки задней грани державки резца под углом $\alpha + 5^0$ (электрокорунд 24А, зернистостью 50…40, твердостью СМ1…СМ2), другой круг – для предварительной заточки передней и задней граней твердосплавной пластины (карбид кремния черный 54С, зернистостью 40…25, твердостью М3…СМ1). На втором станке круги из карбида кремния зеленого 63С, зернистостью 25…16, твердостью М3…СМ1 предназначаются для окончательной заточки пластины резца.

Для заточки быстрорежущих резцов используют шлифовальные круги из электрокорунда 24А, зернистостью 40…25, твердостью СМ1…СМ2.

Шлифовальные круги для шлифовально-точильных станков применяют прямого профиля (форма ПП), на некоторых моделях заточных станков используют плоские круги с выточкой (форма ПВ), чашки цилиндрические (форма ЧЦ), чашки конические (форма ЧК) и тарельчатые (формы 1Т, 2Т и 3Т).

Заточные станки должны иметь защитные прозрачные экраны из оргстекла, подручники, меняющие угол наклона опорной поверхности под требуемый угол заточки и обеспечивающие зазор между подручником и шлифовальным кругом в пределах 2…3 мм, ванну с охлаждающей жидкостью, отсасывающее устройство (пылеуловитель) и заземление станка. При заточке резец кладут на подручник, а затем вручную прижимают к шлифовальному кругу обрабатываемой поверхностью. Для равномерного износа круга резец необходимо перемещать по подручнику относительно рабочей поверхности круга. Затачиваемая режущая крошка должна располагаться параллельно рабочей поверхности круга. Переднюю поверхность резца удобнее затачивать боковой поверхностью

круга. Круг должен вращаться в направлении от режущей кромки в тело резца (рис. 2.15).

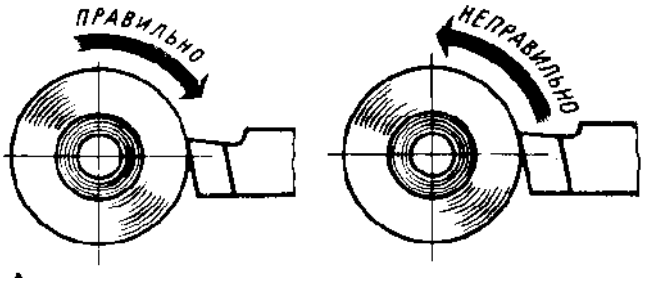


Рис. 2.15 Направление вращения
круга при заточке резцов

Это правило должно соблюдаться при заточке и доводке всех видов инструмента, так как в этом случае получается более высокое качество режущей кромки - меньшая шероховатость и незначительное выкрашивание. При доводке резцов на чугунном диске-притире вращение должно быть направлено в противоположную сторону, в противном случае режущая кромка резца будет соскабливать абразивную пасту и резать (царапать) рабочую поверхность чугунного притира.

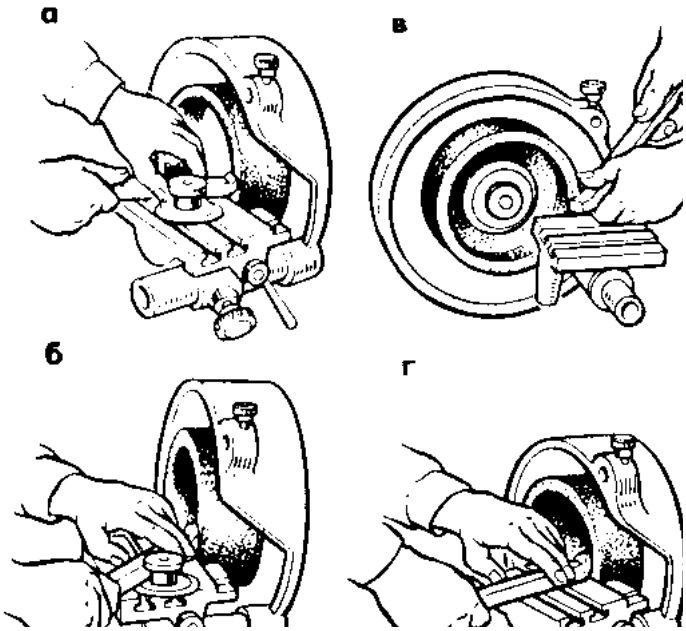


Рис. 2.16 - Приемы заточки резца
а - главной задней поверхности;
б - вспомогательной задней поверхности;
в - передней поверхности;
г - закругления по вершине резца

Приемы заточки резцов на заточном станке, оснащенном кругом в форме цилиндрической чашки (ЧЦ), показаны на рис. 2.16. а…г,

а приемы доводки и заправки резцов мелкозернистыми абразивными брусками (6П 63С 25 П С2 К5 А) – на рис. 2.17 а…в.

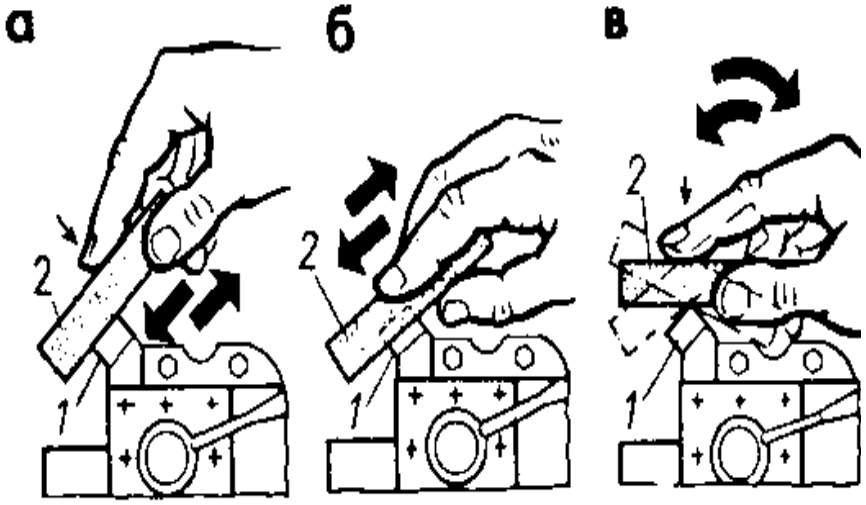


Рис. 2.17 Заправка резца абразивным бруском
а - по задней поверхности (ленточке); б - по передней поверхности (фаске); ***в*** - по вершине;
1 - резец, 2 - брусок

Доводка резцов алмазными кругами, абразивными пастами на чугунных доводочных дисках-притирках, а также контроль углов после заточки и доводки различными универсальными угломерами, специальными настольными угломерами и шаблонами показаны на рис. 2.18, а…д.

Качество поверхности после заточки и доводки резцов проверяется путем сравнивания их с резцами-эталонами или образцами поверхностей определенной шероховатости.

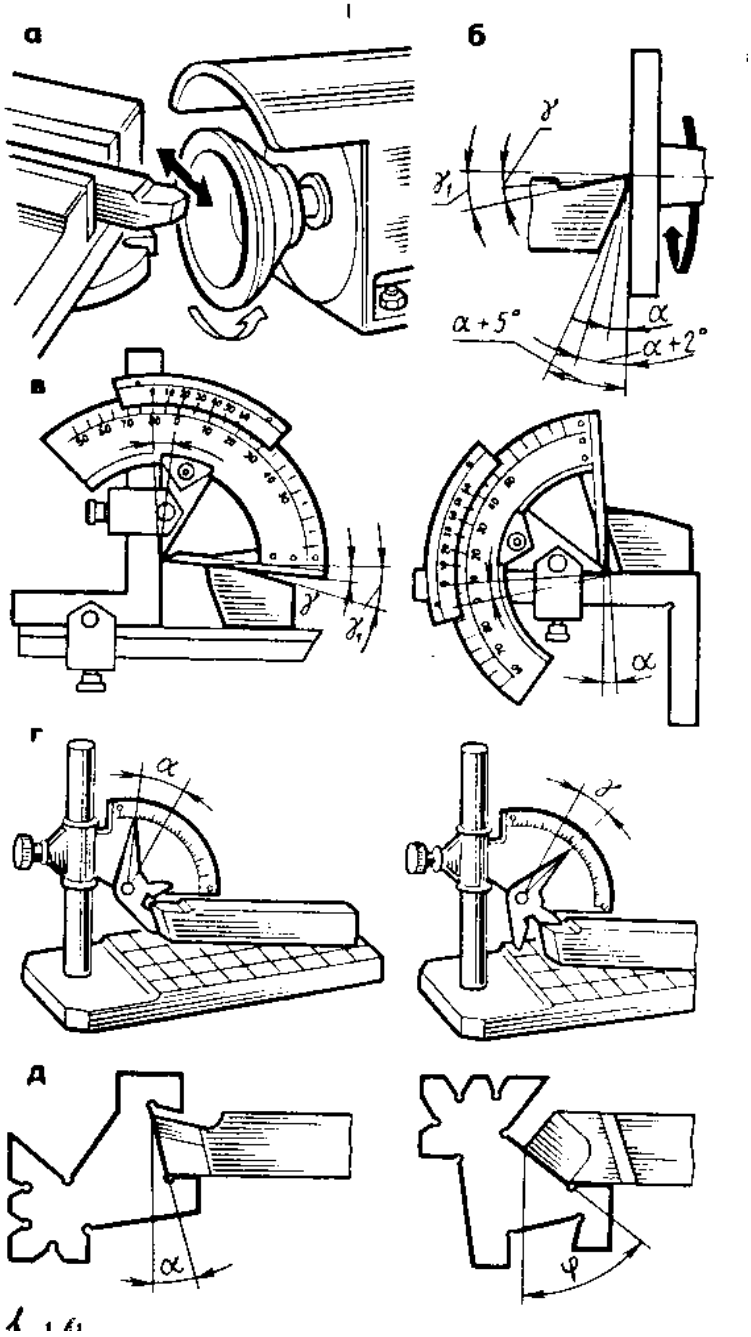


Рис.2.18 Приемы доводки и контроля углов резца

а - доводка алмазным кругом; б - доводка чугунным диско-притиром; в - контроль углов универсальным угломером; г - контроль настольным угломером;д - контроль шаблоном

Тренировочные упражнения на токарном станке

Перед началом работы на токарно-винторезном станке необходимо проверить наличие и исправность кожухов, закрывающих привод и гитару, провод заземления; установить все рукоятки управления в нейтральное (среднее) положение. Сдвинуть заднюю бабку в конец станины, установить каретку суппорта посредине станины. Подобрать подножную решетку так, чтобы ладонь руки, согнутой в локте под углом 90^0, находилась не ниже оси центров станка (рис 2.19).

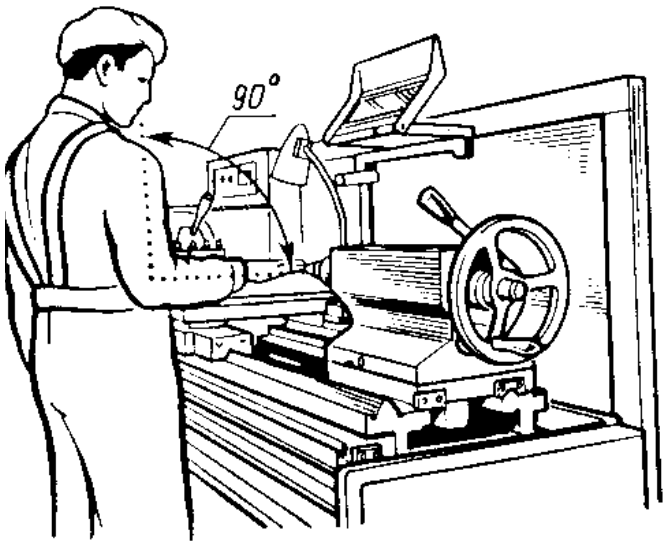


Рис. 2.19 Положение корпуса токаря

С помощью мастера производственного обучения настроить станок на частоту вращения шпинделя n =100 об/мин и скорость продольной подачи S_0 = 0,12 мм /об.

Для работы на токарном станке надо встать перед суппортом станка на расстоянии 80…100 мм от рукоятки винта поперечной подачи.

Выполнить последовательно следующие упражнения (при необходимости отдельные приемы повторить несколько раз):

1. Подключить электродвигатель к электросети, для чего повернуть правой рукой рукоятку Б линейного выключателя по ходу часовой стрелки до щелчка (рис. 2.20, а).

2. Включить электродвигатель станка, для чего указательным пальцем правой руки нажать до отказа и отпустить черную кнопку (или кнопку с надписью «Пуск»).

3. Выключить электродвигатель станка, для чего указательным пальцем правой руки нажать до отказа и отпустить красную кнопку или кнопку с надписью «Стоп» (рис. 2.20, б).

4. Включить вращение (против хода часовой стрелки), для чего левой рукой (при пользовании рукояткой около коробки подач) или правой (при пользовании рукояткой с правой стороны фартука) повернуть рукоятку I из среднего положения I (рис. 2.21, а) вверх до отказа в положение II (рис. 2.21, б).

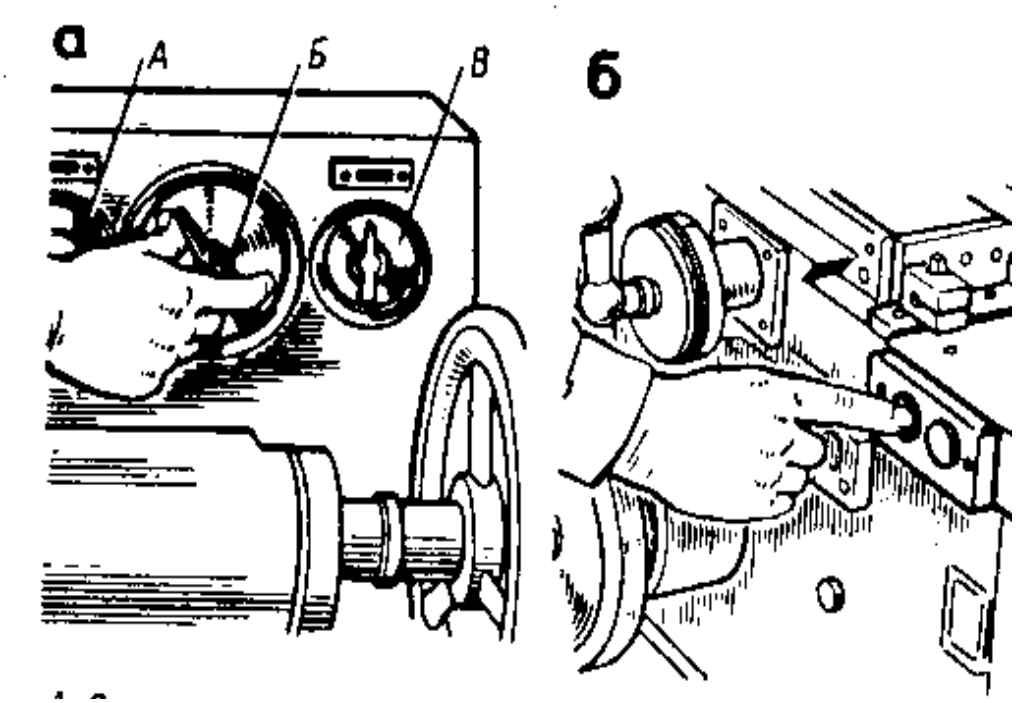


Рис. 2.20 Включение и выключение электродвигателя станка
а - рукоятка А для включения охлаждения, рукоятка Б для включения в электросеть, рукоятка В для включения местного освещения;
б - кнопки "Пуск" и "Стоп" главного электродвигателя

Можно правой рукой, при пользовании рукояткой с правой стороны фартука, нажать на рукоятку 2 (рис. 2.21, г) влево и повернуть ее из среднего положения I вверх от себя по стрелке А в положение II.

5. Выключить вращение шпинделя станка, для чего левой или правой рукой повернуть рукоятки 1 и 2 из положения II в положение I.

6. Включить вращение шпинделя станка на обратное вращение (по ходу часовой стрелки), для чего левой (или правой

повернуть рукоятку 1 (или нажать рукоятку 2) из среднего положения 1 вниз до отказа в положение III (рис. 2.21, в) . Переключить вращение шпинделя с прямого на обратное можно только после полной остановки шпинделя.

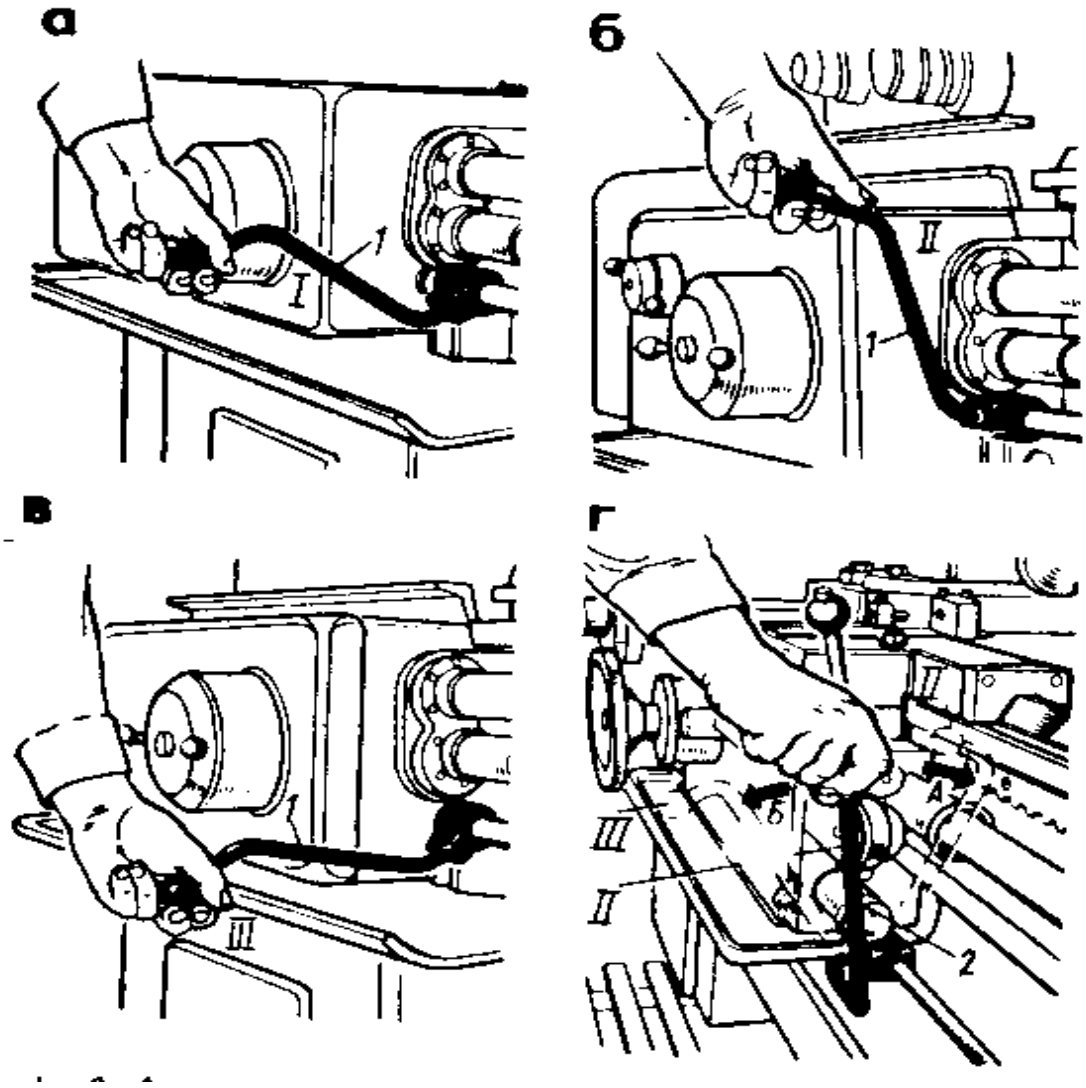


Рис. 2.21 Включение и выключение вращения шпинделя станка
а, б, в - управление левой рукой рукояткой 1; г - управление правой рукой рукояткой 2; положение 1 - выключено(нейтральное); положение II - включено прямое вращение; положение III - включено обратное вращение

7. Выключить вращение шпинделя станка путем поворота левой (или правой) рукой рукоятки 1 или 2 из положения III в среднее положение 1, красной кнопкой (или кнопкой «Стоп»).

8. Включить прямое продольное движение подачи суппорта (от задней к передней бабке станка), для чего правой рукой повернуть рукоятку 3 из среднего положения 1 (рис. 2.22, а) влево до отказа в положение II (рис. 2.22.б). При подходе каретки суппорта на расстоянии 150…200 мм до передней бабки (или патрона) выключить прямое продольное движение подачи, повернуть правой рукой рукоятку 3 из положения II вправо в среднее положение I.

9. Включить обратное продольное движение подачи (от передней к задней бабке станка), для чего правой рукой повернуть рукоятку 3 из среднего положения I вправо до отказа в положение III (рис. 2.22, в). При подходе каретки суппорта на расстояние 150…200 мм к задней бабке выключить обратное продольное движение подачи, повернув в правой руке рукоятку 3 из положения III в среднее положение I.

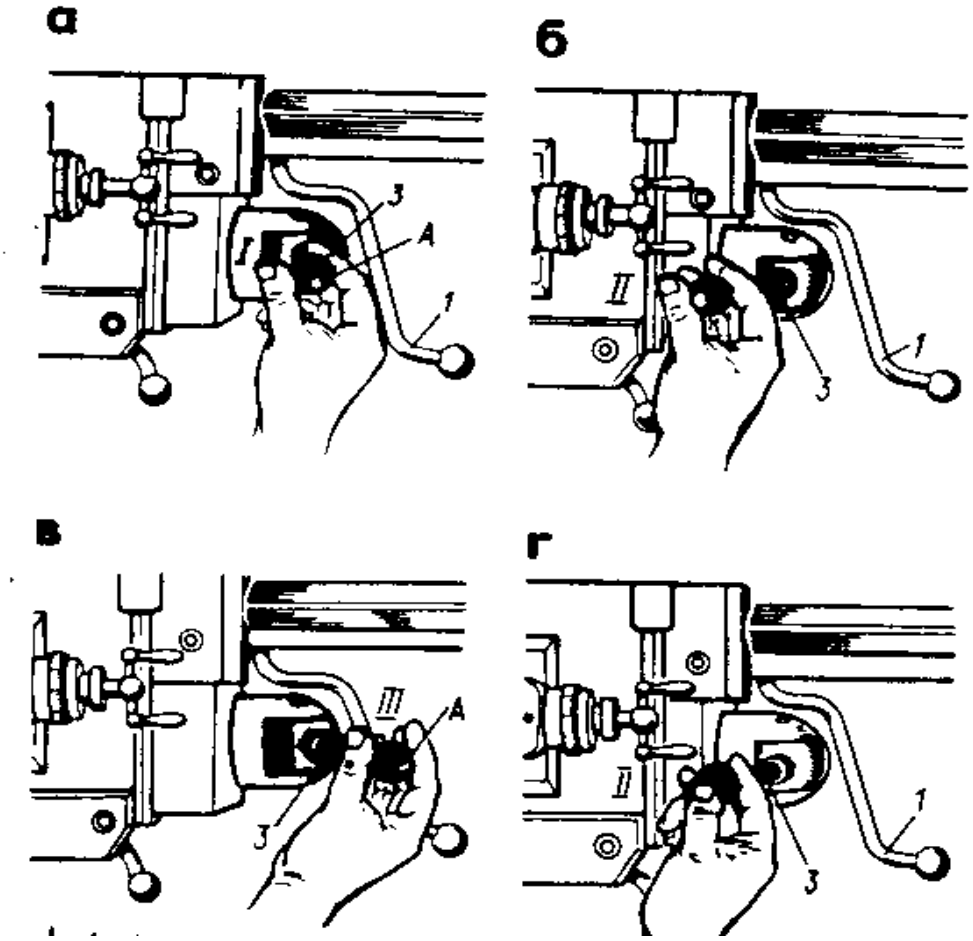


Рис.2.22 Включение и выключение механического
а - положение I - выключено (нейтральное); б - положение II - включено прямое продольное движение подачи; III - включено обратное продольное движение подачи; г - положение II и нажата кнопка А - включено быстрое прямое продольное движение подачи

10. Включить и выключить быстрый (ускоренный) прямой и обратный ход суппорта, для чего правой рукой, нажимая одновременно большим пальцем на кнопку А, расположенную на торце рукоятки 3, которую надо повернуть из среднего положения I влево в положение II (рис. 2.22, г); непрерывно нажимая на кнопку А, держать руку на рукоятке 3. В этом случае суппорт должен быстро перемещаться к передней бабке станка. При повороте рукоятки 3 в положение III суппорт будет быстро перемещаться к задней бабке станка.

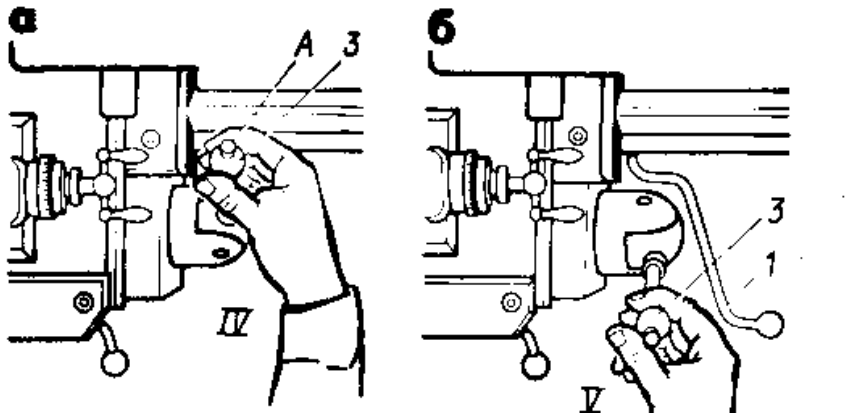


Рис. .23 Включение и выключение механического поперечного движения подач
а - положение IV - включено прямое поперечное движение подачи;
б - положение V - включено обратное поперечное движение подачи

11. Включить прямое поперечное движение подачи (от себя к оси центров станка), для чего правой рукой повернуть рукоятку 3 из среднего положения I от себя до отказа в положение IV (рис. 2.23, а). При приближении заднего края поперечных салазок к концу направляющих каретки суппорта на расстояние 50…80 мм выключить прямое поперечное движение подачи, повернув правой рукой рукоятку 3 из положения IV в среднее положение I.

12. Включить обратное поперечное движение подачи (на себя от центров станка), для чего правой рукой повернуть рукоятку 3 из среднего положения I до отказа на себя в положение V (рис. 2.23, б). При приближении переднего края поперечных салазок на расстоянии 20…30 мм к переднему краю направляющих каретки суппорта выключить обратное поперечное движение подачи,

повернув правой рукой рукоятку 3 из положения V в среднее положение I.

13. Установить трехкулачковый самоцентрирующий патрон на шпинделе станка, для чего обтирочным материалом, смоченным в керосине протереть резьбу шпинделя (рис. 2.24, а), фланца трехкулачкового патрона и коническое отверстие шпинделя передней бабки (рис.2.24, б), вставить в коническое отверстие шпинделя направляющую оправку (рис. 2.24, в), установить и закрепить патрон (рис. 2.24, г), удалить направляющую оправку из отверстия шпинделя.

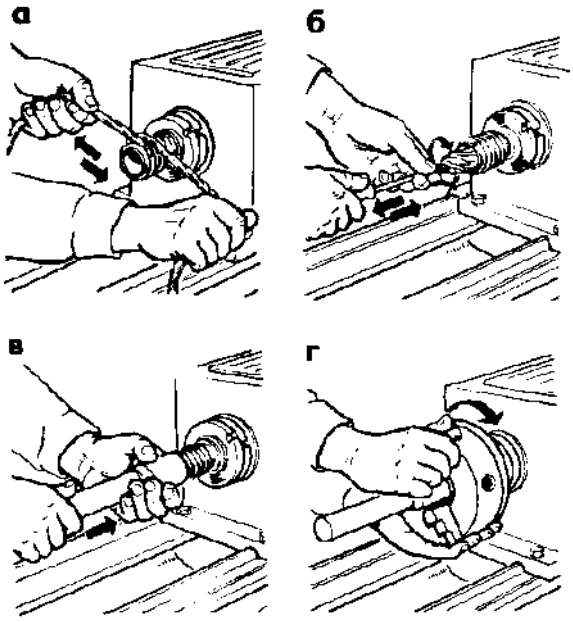


Рисунок 2.24 Приемы установки трехкулачкового патрона на шпиндель станка

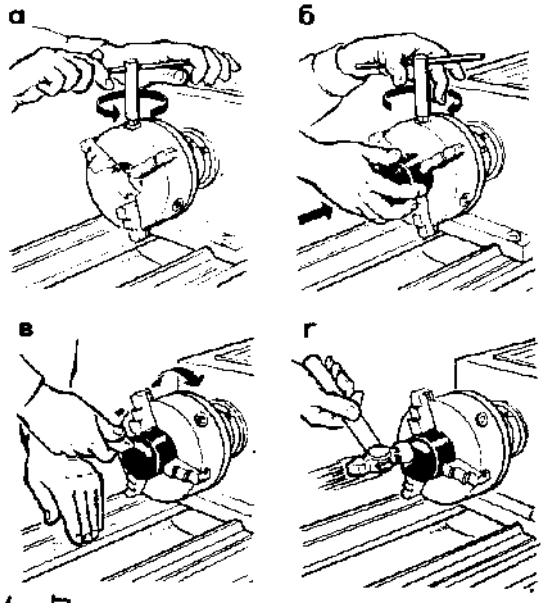


Рисунок 2.25 Приемы установки заготовки в трехкулачковом патроне

14. Закрепить заготовку в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, для чего отвести суппорт в правое крайнее положение, развести кулачки патрона на расстояние, несколько превышающее диаметр заготовки (рис. 2.25, а), вставить и предварительно закрепить заготовку (рис. 2.25, б). Включить привод главного движения станка, включить вращение шпинделя, выверить заготовку на торцовое и радиальное биение (рис.2.25, в, г), закрепить ее в патроне окончательно. Это упражнение выполнять при минимальной частоте вращения шпинделя (n= 12,5 об/мин).

15. Открепить и снять заготовку из трехкулачкового патрона.

16. Снять трехкулачковый патрон со шпинделя станка, для чего вставить в коническое отверстие шпинделя направляющую оправку, вставить патронный ключ в гнездо патрона и рывком на себя двумя руками сдвинуть с места патрон (рис. 2.26, а) и свинтить его на оправку (рис. 2.26, б), а затем снять и поставить на полку инструментальной тумбочки.

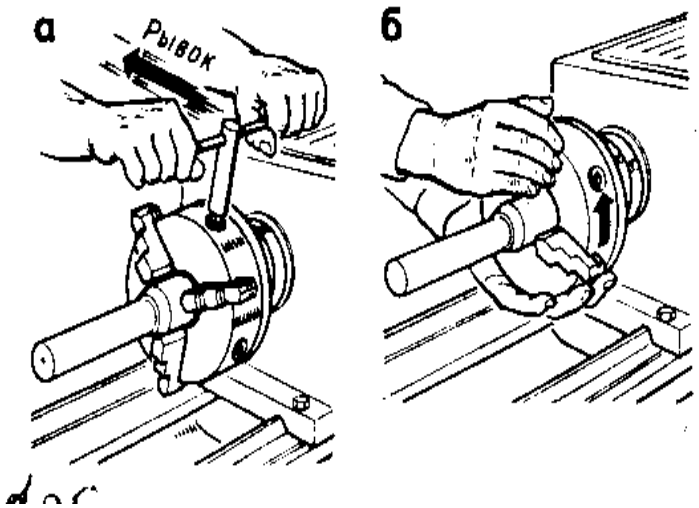


Рисунок 2.26 Приемы съема трехкулачкового патрона со шпинделя станка

17. Установить центры и поводковый патрон на шпиндель, для чего обтирочным материалом протереть посадочные места поводкового патрона, переднего конца шпинделя, конические отверстия шпинделя и пиноли задней бабки, передний и задний центры, а затем резкими движениями вставить центры в конические отверстия (рис. 2.27, а) и навернуть на шпиндель поводковый патрон (рис. 2.27,б). После установки переднего центра проверить его на радиальное биение, а затем совпадение (соосность) центров передней и задней бабок.

18. Для проверки соосности центров протереть обтирочным материалом направляющие станины и смазать их маслом, открепить заднюю бабку, повернув рычаг на себя, правой рукой взять за маховичок задней бабки и переместить ее к передней бабке, а затем в обратном направлении (рис. 2.27., в). Закрепить заднюю бабку на станине поворотом рукоятки от себя, открепить – поворотом на себя.

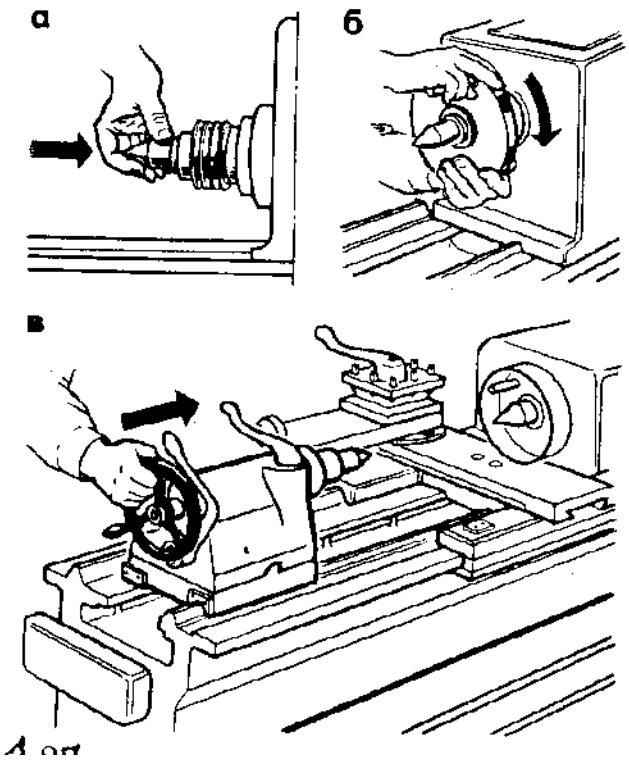
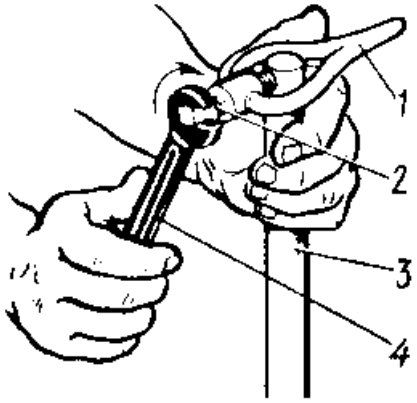


Рисунок 2.27 Приемы установки центров
и поводкового патрона

19. На заготовку с центровыми отверстиями на торцах надеть хомутик 1 (рис. 2.28), затем заготовку 3 закрепить в центрах токарного станка, для чего установить ее на передний центр, поджать задним центром и зажать пиноль задней бабки. Хвостовик хомутика устанавливают в прорезь планшайбы или на поводковый палец. Заготовка должна вращаться свободно, но без качки (люфта). Включить электродвигатель станка, включить и выключить вращение шпинделя.

20. Снять заготовку с центров токарного станка, снять хомутик с заготовки.

21. Удалить центр из конического отверстия шпинделя передней бабки, для чего легкими ударами латунного прутка выбить центр и положить его на место. Удалить центр из пиноли задней бабки, для чего вращением маховичка против хода часовой стрелки выжать центр из пиноли. Снять поводковый патрон, для чего резким движением (рывком) правой руки за поводковый палец на себя свинтить его со шпинделя и положить на место.



1 - хомутик; 2 - зажимной винт; 3 - заготовка; 4 - гаечный ключ

Рисунок 2.28 Приемы закрепления хомутика на заготовке

22. Установить резец в резцедержателе, для чего отвернуть крепежные винты резцедержателя (рис. 2.29, а), установить резец перпендикулярно оси центров на опорную поверхность, обеспечив вылет его головки из резцедержателя не более чем на 1…1,5 высоты державки резца (рис. 2.29, б), закрепить резец, завертывая винты резцедержателя торцовым ключом (рис. 2.29, в). Вершина головки резца должна находиться на высоте оси центров станка; при необходимости подложить подкладки под опорную поверхность резца.

23. Открепить, повернуть на 90, 180 и 270^0 и закрепить в каждом положении резцедержатель, для чего зажимную рукоятку резцедержателя повернуть против хода часовой стрелки, резцедержатель повернуть против хода часовой стрелки на 90^0 и закрепить поворотом рукоятки по ходу часовой стрелки (рис. 2.29, г).

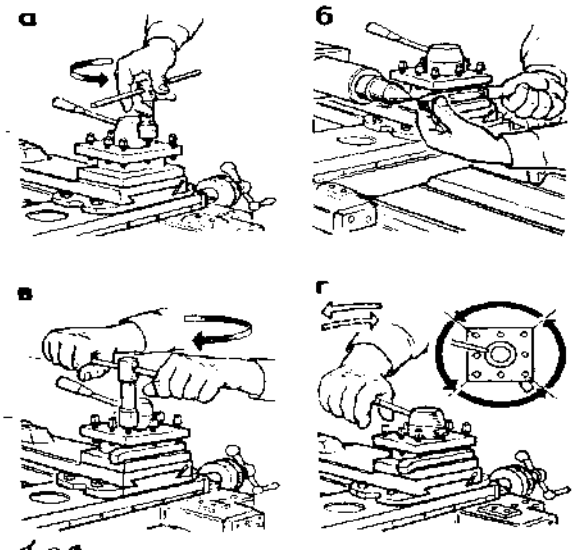


Рисунок 2.29 Приемы установки
резца в резцедержателе

24. Переместить верхние салазки суппорта в крайнее правое положение (в сторону задней бабки), затем переместить их в крайнее левое положение (рис. 2.30, а). Добиться умения вращать рукоятку равномерно и непрерывно, несмотря на перехват рукоятки руками во время ее вращения (рис. 2.30, б).

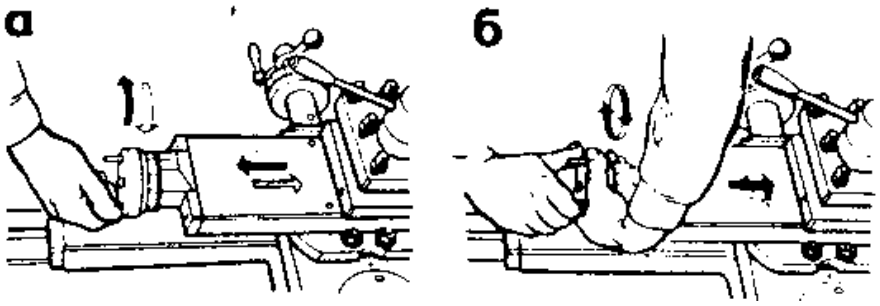


Рисунок 2.30 Приемы перемещения
верхних салазок

25. Переместить поперечные салазки суппорта в сторону оси центров станка и возвратить их в начальное положение (рис. 2.31, а). Выполнить перехват рук (рис.2.31,б).

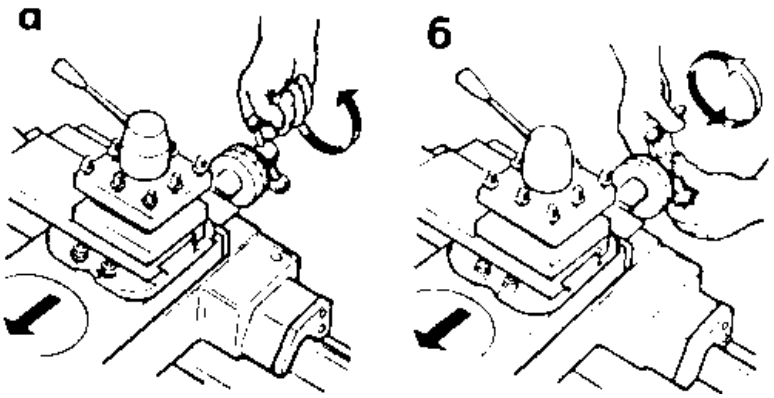


Рисунок 2.31 Приемы перемещения

26. Переместить поперечные салазки суппорта в сторону оси центров станка, а верхние – влево (в сторону передней бабки) одновременно двумя руками (рис. 2.32).

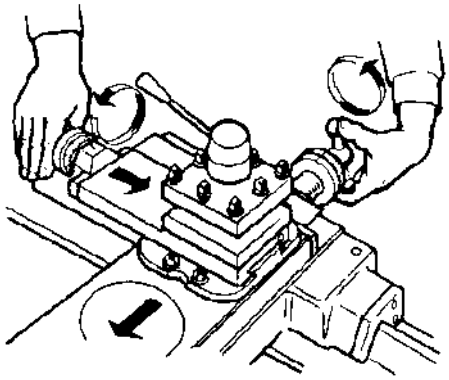


Рисунок 2.32 Прием одновременного
перемещения поперечных и верхних салазок

27. Переместить каретку суппорта вручную влево в сторону передней бабки двумя руками. Добиться умения вращать маховик равномерно и непрерывно, делая перехват последовательно правой (рис. 2.33, а), затем левой (рис. 2.33, б) рукой примерно через пол-оборота маховика. Каретку возвратить в первоначальное положение быстрой ручной подачей, вращая маховик по ходу часовой стрелки двумя руками.

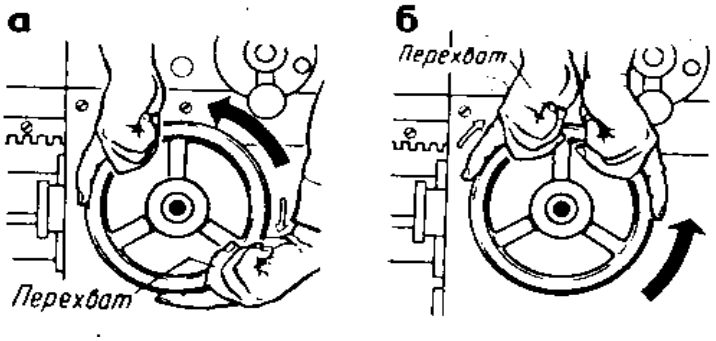


Рисунок 2.33 Прием перемещения
каретки суппорта

28. Переместить верхнюю (поворотную) часть суппорта против или по ходу часовой стрелки на заданный угол (5, 10, 20, 30^0), для чего гаечным ключом отвернуть гайки опорного фланца поворотной части суппорта на 1…2 об. (рис. 2.34, а), повернуть поворотную часть суппорта до совпадения риски 1 на опорном торце с заданным угловым делением на градуированной шкале поперечных салазок (рис. 2.34, б), завернуть гайки опорного фланца верхней части суппорта. Повернуть верхнюю часть суппорта в прежнее положение.

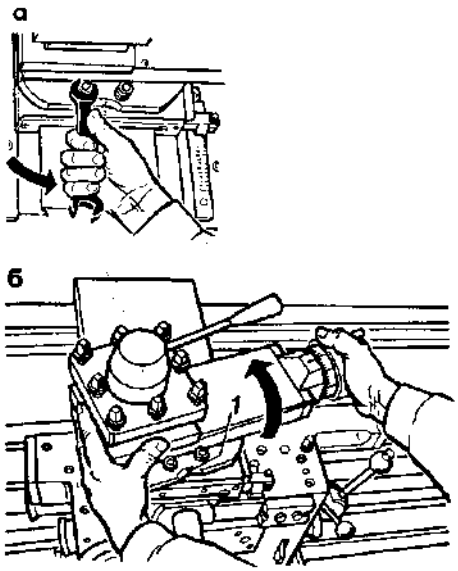


Рисунок 2.34 Приемы поворота верхней части суппорта

29. Настроить коробку скоростей на требуемую частоту вращения шпинделя. Установить рукоятку включения шпинделя в среднее (нейтральное) положение (см. упр. 4…7 этого занятия) и рукоятку включения движения продольных и поперечных подач (см. упр. 8…12 этого занятия). Проверить наличие, надежность крепления и исправность ограждающих и защитных устройств, переместить заднюю бабку до правого конца станины, а каретку суппорта – к задней бабке на расстоянии 100…150 мм от не, установить на гитаре постоянные для всех подач сменные зубчатые колеса – 42:50 (см. рис. 2.7).

Для настройки станка (к примеру, на 1000 об/мин) следует рукоятку 2 (см. рис. 2.7) вначале отклонить от себя, а затем повернуть влево до ряда чисел оборотов 630…2000, а рукоятку I риской А повернуть до окошечка с цифрой 1000. Рукоятку 2 отклоняют от себя только при повороте ее на ряд чисел оборотов 63…2000, в остальных случаях этого делать не требуется, например для частоты вращения шпинделя 12,5 об/мин следует рукоятку 2 повернуть влево до ряда чисел I риской А повернуть до окошечка с цифрой 12,5 (вертикально вверх).

Настроить станок на частоты вращения шпинделя 12,5; 100; 400; 1600 об/мин. После каждой настройки включать вращение шпинделя на 0,5..1 мин, наблюдая за вращением шпинделя для зрительного представления о скорости вращения шпинделя при установленной частоте вращения.

30. Настроить станок на требуемую скорость движения прямой продольной и поперечной подачи. Для настройки станка на требуемую скорость продольной подачи (к примеру, S_0 = 0,12 мм/об) следует диск 5 барабана настройки станка на подачу (см. рис.2.7) оттянуть за рукоятки на себя и затем повернуть его так, чтобы риска Б на диске была против ряда на таблице с подачей 0,12 (таблица подач расположена на поверхности барабана), после чего диск снова подать вперед от себя в прежнее положение; рукоятку 6 повернуть и поставить в положение «Подача»; рукоятку 3 коробки скоростей - на букву Б; рукоятку 4 – на букву Г (вертикально).

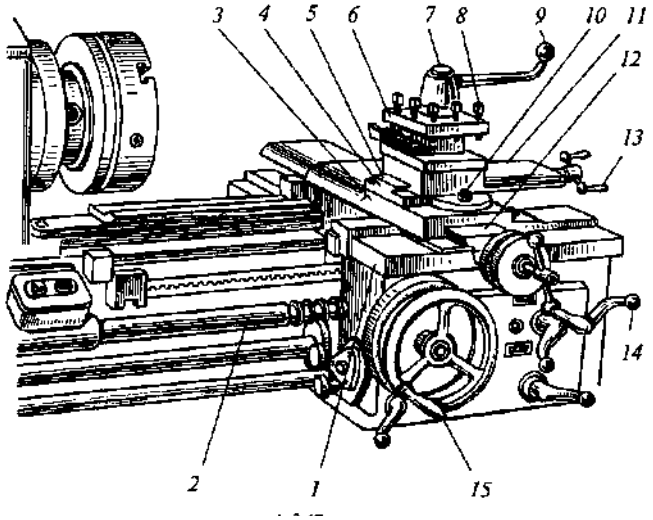
При одной и той же настройке скорость движения поперечной подачи равна половине продольной.

Настроить станок на продольную подачу: 0,07; 0,11; 0,17; 0,26; 0,57; 1,21; 1,9; 2,42 мм/об. После каждой настройки включать

вращение шпинделя на движение прямой продольной подачи, наблюдая за перемещением края каретки суппорта по направляющим станины. Установить скорость движения поперечной подачи: 0,06; 0,13; 0,15; 0,35; 1,4 мм/об. После каждой настройки включать вращение шпинделя на движение прямой поперечной подачи. Возвратить поперечные салазки в прежнее положение вращением рукоятки винта движения поперечной подачи против хода часовой стрелки.

Приспособления и оснастка токарных станков

Перемещение режущего инструмента во время токарной обработки и его крепление на токарно-винторезном станке обеспечивают несколько узлов (сборочных единиц). Ниже приведено краткое описание работы некоторых из них.

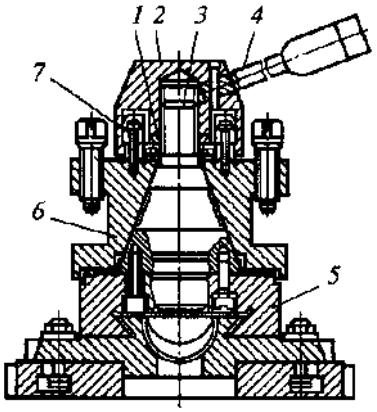


1 - нижние салазки (продольного суппорта); 2 - ходовой винт; 3 – поперечные салазки суппорта; 4 - поворотная плита; 5 – направля-ющие; 6 - резцедержатель; 7 - поворотная головка резцедержателя; 8 - винт для крепления резцов; 9 - рукоятка поворота резцедер-жателя; 10 - гайка; 11 - верхние салазки (продоль-ного суппорта); 12 - направляющие; 13 и 14 - рукоятки; 15 - рукоятка продоль-ного перемещения суппорта

Рисунок 2.35 Суппорт

Суппорт (рис.2.35) состоит из нижних салазок (продольного суппорта) 1, которые перемещаются по направляющим станины с помощью рукоятки 15 и обеспечивают перемещение резца вдоль заготовки. На нижних салазках по направляющим 12 перемещаются поперечные салазки (поперечный суппорт) 3, которые обеспечивают перемещение резца перпендикулярно к оси вращения заготовки. По направляющим 5 поворотной плиты 4

перемещаются (с помощью рукоятки 13) верхние салазки 11, которые вместе с плитой 4 могут поворачиваться в горизонтальной плоскости относительно поперечных салазок 3 и обеспечивать перемещение резца под углом к оси вращения заготовки. Резцедержатель (он же - четырехпозиционная резцовая головка) крепится к верхним салазкам 11 с помощью рукоятки 9 и позволяет вводить резец в работу с минимальной затратой времени.

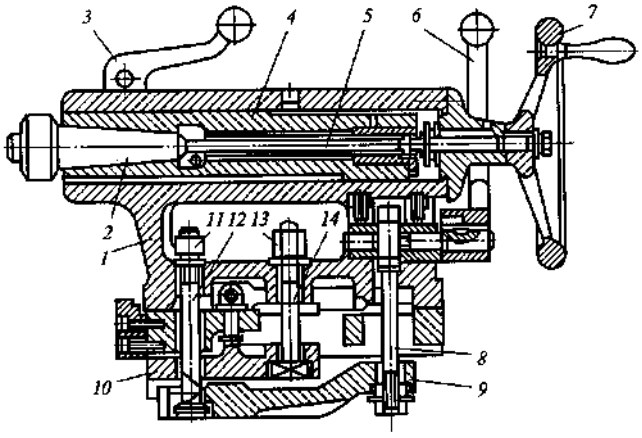


1 - шайба; 2 - головка; 3 - коническая оправка; 4 - рукоятка; 5 - верхние салазки; 6 – четырехсторон-няя резцовая головка; 7 – винт

Рисунок 2.36 Резцедержатель

Устройство резцедержателя показано на рис.2.36. В центрирующей расточке верхних салазок 5 установлена коническая оправка 3 с резьбовым концом. На конусе оправки установлена четырехсторонняя резцовая головка 6. При вращении рукоятки 4 головка 2 перемещается вниз по резьбе конической оправки 3. Шайба 1 и упорный подшипник обеспечивают жесткую посадку резцовой головки 6 на конической поверхности оправки 3. Головка 2 крепится к резцовой головке 6 винтами 7. Резцовая головка удерживается от поворота при закреплении шариком, который заклинивается между поверхностями, образованными пазом в основании конической оправки 3 и отверстием в резцовой головке 6.

Задняя бабка токарно-винторезного станка предназначена главным образом для поддержания длинных заготовок во время обработки. Она используется также для закрепления инструментов, предназначенных для обработки отверстий (сверл, зенкеров, разверток) и для нарезания резьбы (метчиков, плашек, резьбонарезных головок).



1 - корпус; 2 - центр; 3, 6 - рукоятки; 4 - пиноль; 5, 12 и 14 - винты; 7 - маховик; 8 - тяга; 9, 10 - рычаги; 11, 13 – гайки

Рисунок 2.37 Задняя бабка

Устройство задней бабки показано на рис. 2.37. В корпусе 1 (при вращении винта 5 маховиком 7) перемещается пиноль 4, закрепляемая рукояткой 3. В пиноли устанавливают центр 2 с коническим хвостовиком (или инструмент). Заднюю бабку перемещают по направляющим станка вручную или с помощью продольного суппорта. В рабочем неподвижном положении заднюю бабку фиксируют рукояткой 6, которая соединена с тягой 8 и рычагом 9. Силу прижима рычага 9 тягой 8 к станине регулируют гайкой 11 и винтом 12. Более жесткое крепление задней бабки производят с помощью гайки 13 и винта 14, который прижимает к станине рычаг 10.

На токарно-винторезных станках, предназначенных для обработки заготовок деталей сложной конфигурации в серийном производстве, закрепление различных инструментов производят в многопозиционной поворотной револьверной головке. При поворотах (индексировании) револьверной головки последовательно вводят в действие заранее настроенные на размер инструменты.

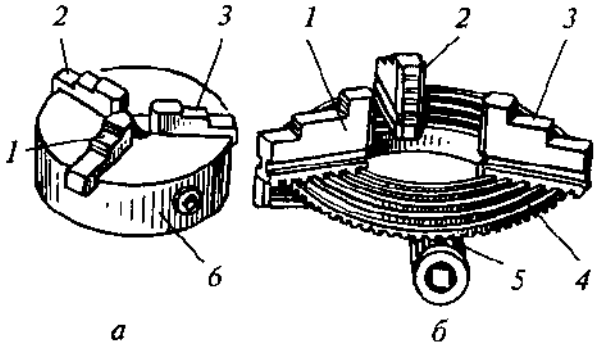
В зависимости от назначения приспособления для токарных станков можно разделить на три группы:

- приспособления для закрепления обрабатываемых заготовок;

- вспомогательный инструмент для закрепления режущего инструмента;

- приспособления, расширяющие технологические возможности станков, т. е. позволяющие производить не свойственные этим станкам работы (фрезерование, одновременное сверление нескольких отверстий и т.д.).

Приспособления для закрепления заготовок. Для крепления заготовок на токарных станках применяют двух-, трех- и четырехкулачковые патроны с ручным и механизированным приводом зажима.



1, 2 и 3 - кулачки; 4 - диск; 5 - зубчатое колесо; 6 - корпус патрона

Рисунок 2.38 Трехкулачковый самоцентрирующий патрон

Наиболее широко распространен трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис.2.38). Кулачки 1, 2 и 3 патрона перемещаются одновременно с помощью диска 4. На одной стороне этого диска выполнены пазы (имеющие форму архимедовой спирали), в которых расположены нижние выступы кулачков, а на другой - нарезано коническое зубчатое колесо, сопряженное с тремя коническими зубчатыми колесами 5. При повороте ключом одного из колес 5 диск 4 (благодаря зубчатому зацеплению) также поворачивается и посредством спирали перемещает одновременно и равномерно все три кулачка по пазам корпуса 6 патрона. В зависимости от направления вращения диска кулачки приближаются к центру патрона или удаляются от него, зажимая или освобождая деталь. Кулачки обычно изготовляют трехступенчатыми и для повышения износостойкости закаливают.

Различают кулачки крепления заготовок по внутренней и наружной поверхностям; при креплении по внутренней

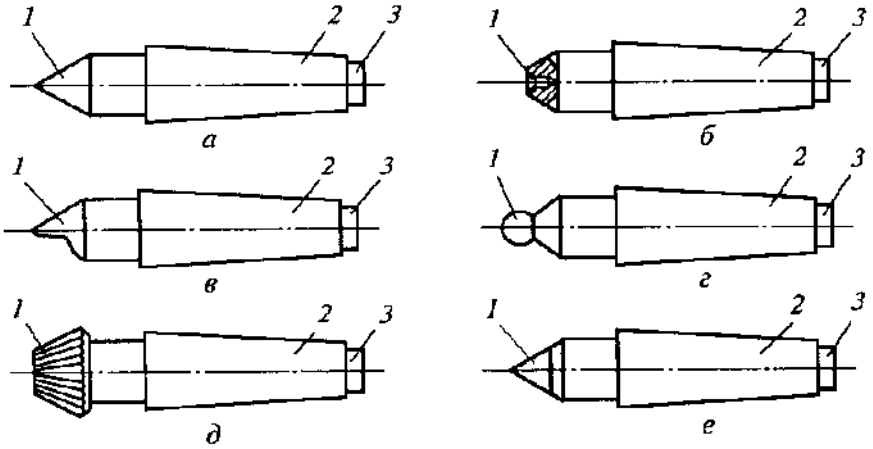
поверхности заготовка должна иметь отверстие, в котором могут разместиться кулачки.

В трехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют заготовки круглой и шестигранной формы или круглые прутки большого диаметра.

В двухкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют различные фасонные отливки и поковки; кулачки таких патронов, как правило, предназначены для закрепления только одной детали.

В четырехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют прутки квадратного сечения, а в патронах с индивидуальной регулировкой кулачков - детали прямоугольной или несимметричной формы.

В зависимости от формы и размеров обрабатываемых деталей применяют различные центры (рис. 2.39). Угол при вершине рабочей части центра (рис. 2.39, а) обычно равен 60°. Конические поверхности рабочей 1 и хвостовой 2 частей центра не должны иметь забоин, так как это приводит к погрешностям при обработке заготовок. Диаметр опорной части 3 меньше малого диаметра конуса хвостовой части, что позволяет выбивать центр из гнезда без повреждения конической поверхности хвостовой части.

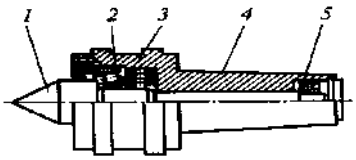


а - упорный; б - обратный; в - полуцентр упорный; г - со сферической рабочей частью; д - с рифленой поверхностью рабочего конуса; е - с твердосплавным наконечником; 1 - рабочая часть; 2 - хвостовая часть; 3 - опорная часть

Рисунок 2.39 Типы центров

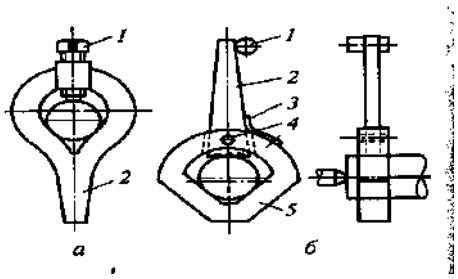
При обработке с большими скоростями резания и нагрузками применяют задние вращающиеся центры (рис.2.40). В хвостовой части 4 центра на опорах качения 2, 3 и 5 смонтирована ось, на конце которой выполнена рабочая часть 1 центра, что обеспечивает ее вращение вместе с обрабатываемой заготовкой.

Хомутики (рис. 2.41) служат для передачи вращения от шпинделя к обрабатываемой заготовке, установленной в центрах станка. Хомутик надевают на заготовку и закрепляют винтом 1 (рис. 2.41, а), при этом хвостовик 2 хомутика упирается в палец поводкового патрона.



1 - рабочая часть; 2, 3 и 5 - опоры качения; 4 - хвостовая часть

Рисунок 2.40 Вращающийся центр



а - обычный: 1 - винт; 2 - хвостовик; б - самозатягивающий: 1 - упор; 2 - хвостовик; 3 - пружина; 4 - ось; 5 - призма

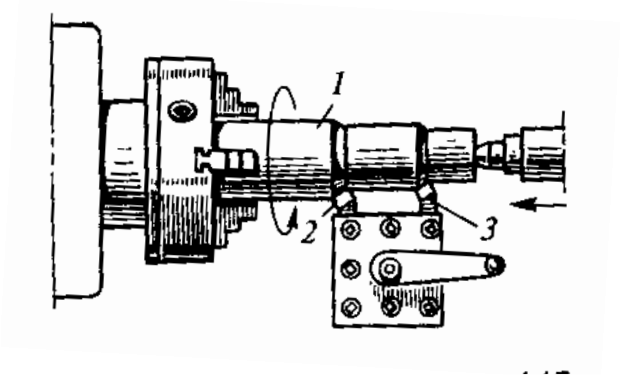
Рисунок 2.41 Токарные хомутики

При обработке заготовки в центрах передачу движения ей может осуществлять поводковый патрон через палец-поводок и хомутик, который крепится на детали винтом. Для сокращения вспомогательного времени при черновой обработке в центрах валов диаметром 15...90 мм применяют самозажимные поводковые патроны.

Цанговые патроны применяют главным образом для закрепления холоднотянутого прутка или для повторного зажима заготовок по предварительно обработанной поверхности.

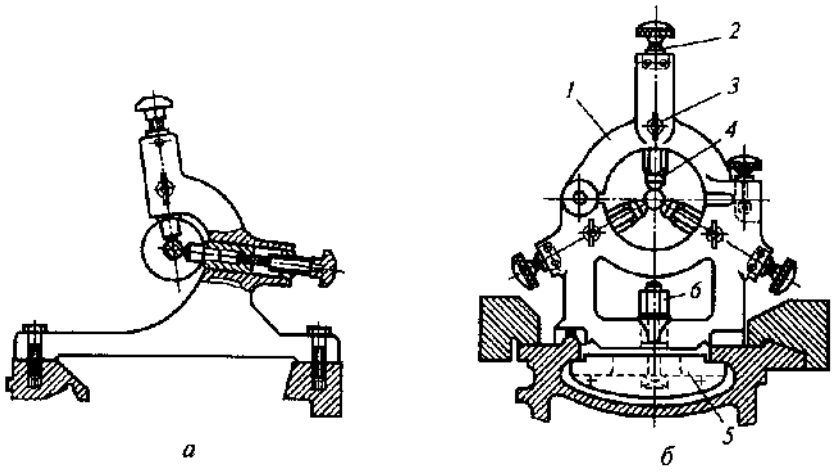
Мембранные патроны применяют в том случае, когда необходимо обработать партию заготовок с высокой точностью центрирования.

Способ установки и закрепления заготовок на станке выбирают в зависимости от их размеров, жесткости и требуемой точности обработки. При соотношении *l/D* < 4 (где l - длина обрабатываемой заготовки, мм; D - диаметр заготовки, мм) заготовки закрепляют в патроне, при 4 < *l/D* < 10 - в центрах или в патроне с поджимом задним центром (рис.1/42), при *l/D* > 10 - в центрах или в патроне и центре задней бабки и с поддержкой люнетом (рис. 2.43).



1 - заготовка; 2 и 3 - резцы

Рисунок 2.42 Установка заготовок в патроне с поджимом задним центром



а - подвижный; б - неподвижный: 1 - верхняя (откидная) часть; 2 - винты; 3 - болты; 4 - кулачки или ролики; 5 - планка; 6 - болт с гайкой

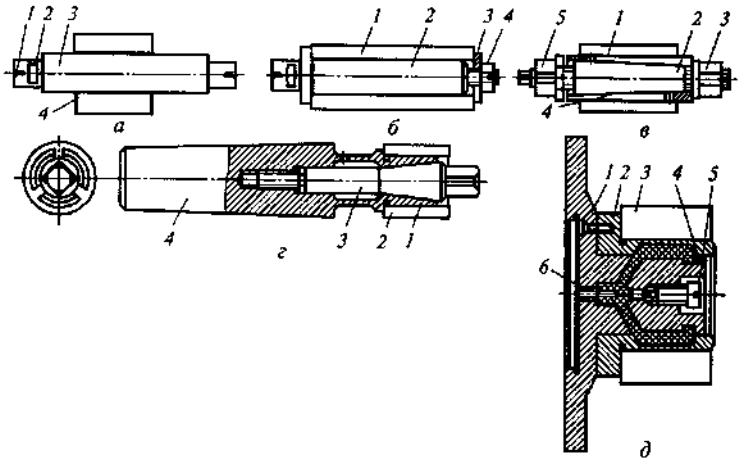
Рисунок 2.43 Люнеты

Самой распространенной является установка обрабатываемой заготовки в центрах станка.

Заготовку обрабатывают в центрах в случае необходимости обеспечения концентричности обрабатываемых поверхностей при

переустановке заготовки на станке, если последующую обработку выполняют на шлифовальном станке тоже в центрах и если это предусмотрено технологией обработки.

Заготовки с отверстием устанавливают в центрах с помощью токарных оправок (рис. 2.44).



а - оправка с малой конусностью (обычно 1:2000); 1 - центровое отверстие; 2 - хомутик; 3 - оправка; 4 - заготовка; *б* - цилиндрическая оправка: 1 - заготовка; 2 - оправка; 3 - прижимная шайба; 4 - шайба; в - разжимная (цанговая) оправка: 1 - заготовка; 2 - коническая оправка; 3, 5 - гайки; 4 - полая оправка; *г* - шпиндельная оправка: 1 - цанга; 2 - заготовка; 3 - разжимная оправка; 4 - патрон;
д - оправка с упругой оболочкой: 1 - план-шайба; 2 - втулка; 3 - заготовка; 4 - отверстие для ввода гидропласта; 5, 6 - винт

Рисунок 2.44 Токарные оправки

Для облегчения условий труда рабочих при закреплении заготовок на станки устанавливают механизированные приводы: пневматические, гидравлические, электрические и магнитные.

Вспомогательный инструмент. Для установки и закрепления режущего инструмента на станке применяют вспомогательный инструмент, который во многом определяет точность и производительность токарной обработки.

В качестве примера рассмотрим вспомогательный инструмент к токарно-револьверным станкам. Принцип работы этого инструмента общий для всех токарных станков; изменяется только хвостовая часть, с помощью которой инструмент устанавливается на станке. На токарно-револьверных станках применяют цилиндрические державки, призматические державки с цилиндрическими хвостовиками и державки сложных форм с цилиндрическими хвостовиками, а также байонетные державки.

Упоры, применяемые на токарно-револьверных станках для ограничения подачи прутка или поворота револьверной головки с горизонтальной осью вращения, бывают жесткие, регулируемые и откидные.

Операции контроля изделия и необходимый для этого измерительный инструмент будут рассмотрены при описании технологии обработки конкретных элементов деталей (например, цилиндрической наружной поверхности, отверстий, конических наружных и внутренних поверхностей). Там же будет приведена технологическая оснастка для обработки этих поверхностей, расширяющая технологические возможности станков этой группы.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите о конструктивной компоновке токарно-винторезного станка?
2. Как оборудуется рабочее место токаря?
3. Какая связь между организацией рационального рабочего места токаря и безопасностью его труда?
4. Перечислите основные виды токарной обработки?
5. Какой режущий инструмент применяют при обработке на токарных станках?
6. Как крепится режущий инструмент на токарно-винторезных станках?
7. Расскажите о приспособлениях для крепления заготовок и вспомогательном инструменте для токарных станков?

Тема 2.2 Черновое и чистовое обтачивание цилиндрических поверхностей с установкой заготовки в патроне и центрах

Оснащение рабочего места: *токарно-винторезный станок 1К62; патрон трехкулачковый; планшайба; центры; хомутик; плакаты; образцы токарных работ; набор резцов (проходные, упорные и подрезные); набор измерительных инструментов для контроля наружных цилиндрических поверхностей (кронциркуль, штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,1 мм, измерительная линейка); чертежи обрабатываемых деталей; технологические карты с указанием режима резания (скорость резания или частота вращения шпинделя, подача и глубина резания); стальные и чугунные заготовки диаметром 60…100 мм и длиной до 150 мм,*

крючок для отвода и удаления стружки; защитные очки; щетка; масленка; шприц; ветошь.

Обтачивание цилиндрических наружных поверхностей, уступов и канавок на заготовках подразделяется на предварительное (обдирочное), когда достигаются 12-й квалитет точности выполнения работ (5-й класс точности) и шероховатость поверхности с параметрами R_z = 40…160 мкм, и окончательное обтачивание, в результате чего достигаются 9…11-й квалитеты точности выполнения работ (3…4-й классы точности) и шероховатость поверхности с параметрами R_a 0,8…2,5 мкм. Приемы выполнения работ подробно разбираются на соответствующих занятиях по обтачиванию наружных поверхностей и отрезке заготовок.

Упражнение по предварительному обтачиванию наружной цилиндрической поверхности с ручным движением подачи резца при установке заготовки в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне заключается в следующем:

1. Установить трехкулачковый патрон на шпиндель станка.
2. Расположить на рабочем месте весь необходимый режущий, измерительный и вспомогательный инструмент, чертеж детали и технологическую документацию.
3. Установить и закрепить проходной резец в резцедержателе.
4. Настроить коробку скоростей станка на требуемую частоту вращения шпинделя n (об/мин) по скорости главного движения резания ν (м/мин), указанной в технологической документации или рекомендованной мастером для данного вида обрабатываемого металла, применяемого инструмента, глубины резания и скорости движения подачи. Частоту вращения шпинделя станка определяют по формуле

$$n=1000\ v/(\pi D) \text{ или } n = 318\ v/D.$$

Скорость главного движения резания может быть назначена по различным материалам по выбору режимов резания.

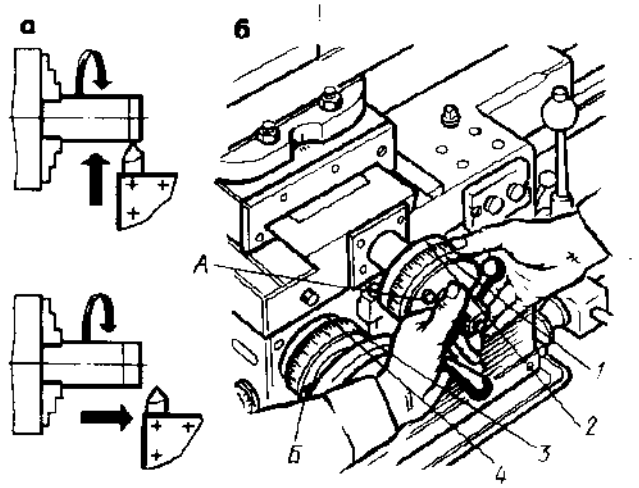
При работе с измененными условиями резания на скорость главного движения резания, выбранную по справочникам, надо вводить поправочные коэффициенты, учитывающие другую марку металла, корку или окалину на обрабатываемой заготовке, измененные углы заточки режущей части инструмента, применение охлаждения и т.п.

5. Проверить (измерить штангенциркулем или линейкой) соответствие размеров полученных заготовок чертежу обрабатываемых деталей. Для определения припусков на предварительную и окончательную обработку необходимо пользоваться специальными таблицами припусков на механическую обработку. По результатам замеров определить требуемые глубину резания, на которую следует подать резец, и число проходов.

6. Установить резец на требуемую глубину резания, для чего подвести его ручным движением подачи к вращающейся заготовке до соприкосновения вершины резца с ее поверхностью и затем переместить резец вправо так, чтобы его вершина находилась на расстоянии 8…10 мм от торца заготовки (рис. 2.45, а).

7. Выключить вращение шпинделя.

8. Подать резец на требуемую глубину резания по лимбу поперечной подачи, для чего, удерживая рукоятку винта левой рукой , правой повернуть кольцо 1 лимба до совпадения его нулевого штриха 2 с риской и закрепить лимб стопорным винтом А (рис. 2.45, б), после чего подать резец по лимбу на требуемое количество делений и вновь установить лимб на нулевое деление



1 - кольцо лимба поперечной подачи; 2 - нулевой штрих для лимба поперечной подачи; 3 - кольцо лимба продольной подачи; 4 - нулевой штрих для лимба продольной подачи; А, Б - стопорные винты

Рисунок 2.45 Прием установки резца на требуемую глубину резания

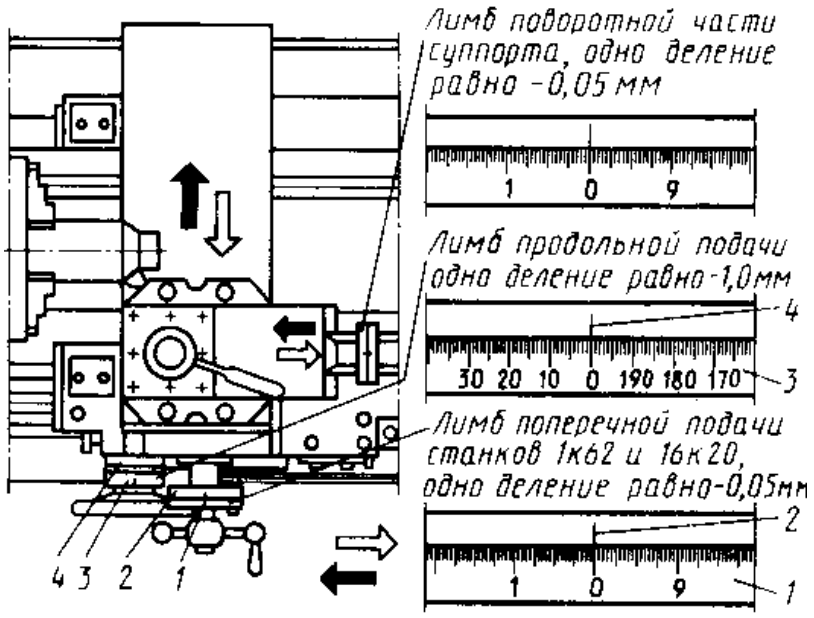


Рисунок 2.46
Цена деления лимбов суппорта токарно-винторезного станка 1К62

На рисунке 2.46 показаны кольца лимбов 1 и 3, нулевые штрихи 2 и 4 и цена делений лимбов суппорта токарно-винторезного станка 1К62. При пользовании лимбом поперечной подачи надо помнить, что цена деления лимба равна 0,05 мм на диаметр, следовательно, при повороте лимба на одно деление резец подается на глубину резания t=0,025 мм, а диаметр наружной поверхности уменьшится не на 0,025 мм, а на 0,05 мм. Точный поворот рукоятки лимба в нужное положение следует делать осторожно, легким ударом руки по рукоятке на подходе к требуемому делению (рис. 2.47, а). Если же лимб случайно все-таки повернули на большее число делений, то для исправления ошибки нельзя поворачивать рукоятку в обратном направлении до совпадения с требуемой риской (рис. 2.47, б). Рукоятку необходимо повернуть на полный оборот назад и только затем вновь подвести к нужному делению (рис. 2.47, в). На отработку этого приема необходимо обратить особое внимание, так как он применяется при

работе на большинстве металлорежущих станков (фрезерных, строгальных, шлифовальных и др.).

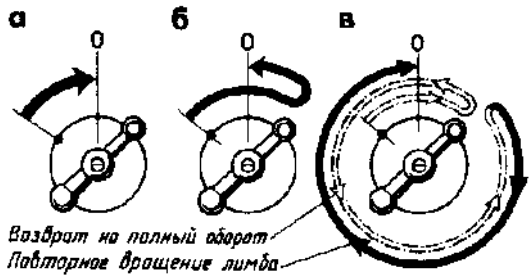


Рисунок 2.47 Правила вращения
рукоятки с лимбом

9. Включить вращение шпинделя.

10. Обточить поверхность заготовки на длину 3…5 мм с ручной подачей резца, осуществляя равномерное вращение маховика фартука суппорта против хода часовой стрелки.

11. Отвести резец от заготовки и переместить в исходное положение, выключить вращение шпинделя, измерить диаметр обработанного участка заготовки штангенциркулем. Если диаметр получился больше заданного размера, необходимо подсчитать, на сколько делений лимба движения поперечной подачи каретки суппорта нужно подать резец, чтобы получить требуемый размер диаметра обработанной поверхности, после чего выполнить вторичный проход и вновь измерить полученный размер. При получении требуемого размера диаметра приступают к обработке заготовки на заданную длину, добиваясь равномерного перемещения суппорта ручной подачей. По окончании обтачивания необходимо резец отвести от обработанной поверхности заготовки движением продольной подачи вправо возвратить в исходное положение. Выключить станок, открепить и снять обработанную заготовку.

Упражнение по обтачиванию наружной цилиндрической поверхности с механической подачей резца при установке заготовки в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне

заключается в выполнении приемов, предусмотренных в предыдущем упражнении. При получении требуемого размера диаметра путем съема пробной стружки на длине 3…5 мм, как описано выше, приступают к обработке заготовки на заданную длину с механической подачей резца, для чего необходимо:

1. Настроить станок на скорость движения прямой продольнойподачи, величина которой указана в технологической документации, в справочниках по режимам резания или рекомендована мастером для данного вида обработки. При предварительной (черновой) обработке, когда к качеству обработанной поверхности не предъявляют высокие требования, можно выбирать большую скорость движения подачи. При окончательной обработке, когда требуется получить поверхности определенной шероховатости, выбирают меньшую скорость движения подачи.

2.Включить вращение шпинделя станка.

3.Включить прямую продольную подачу и обточить заготовку на требуемую длину. Для выдерживания заданной длины обработки применяют следующий прием: стержень глубинометра штангенциркуля выдвигают на требуемую длину и концом штанги упирают в торец заготовки. Резец перемещают до совмещения его вершины с концом стержня глубинометра (рис. 2.48, а). Затем поперечной подачей резец перемещают до тех пор, пока его вершина немного врежется в заготовку и обозначится круговая риска, до которой и следует обтачивать заготовку (рис. 2.48,б). При подходе резца к риске на расстоянии 2…3 мм необходимо выключить механическую продольную подачу, а резец довести до риски вручную, после чего отвести его от обработанной поверхности и выключить станок. Это упражнение можно выполнить, применяя лимб продольной подачи.

4.Измерить длину обработанной поверхности линейкой (рис. 2.48, в) или стержнем глубинометра штангенциркуля (рис.2.48, г), диаметр – штангенциркулем с отсчетом по нониусу 0,1 мм (рис. 2.48, д).

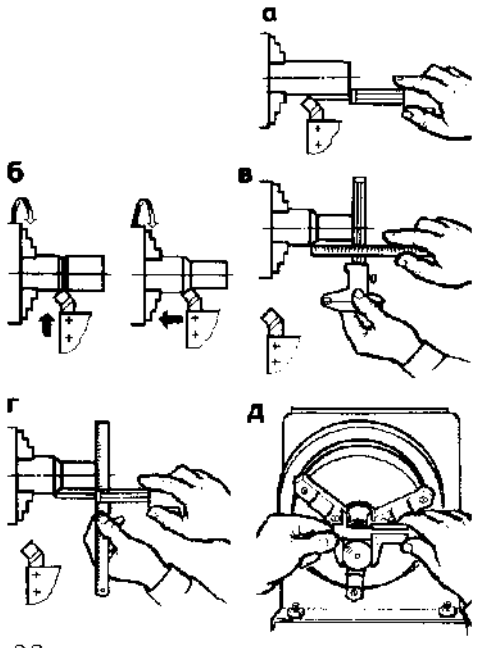
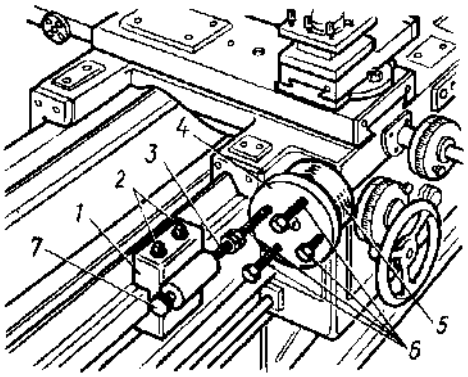


Рисунок 2.48 Приемы обтачивания цилиндрической поверхности на заданную длину

Для выдерживания заданной длины обработки применяют также упоры. Продольный упор ограничивает продольное перемещение суппорта. Упор закрепляют болтами на передней направляющей станины, обеспечивая определенную длину перемещения суппорта. Как только суппорт дойдет до упора, от перегрузки автоматически выключается продольная подача. При обтачивании ступенчатого вала вместо постоянного упора применяют мерные прутки или плиты и многопозиционные упоры, меняя которые можно обеспечить обработку каждой ступени валика на требуемую длину и диаметр. Применять упоры можно только на станках с автоматическим выключением подачи при перегрузке.



1 - упор; 2 - крепежные болты; 3 - винт упора; 4 - диск поворотный; 5 - барабан; 6 - винты упорные мерные; 7 - регулировочная головка винта

Рисунок 2.49 Продольный многопозиционный упор

На рисунке 2.49 показан многопозиционный продольный упор для обработки ступенчатых деталей в серийном производстве. Для обтачивания очередной ступени заготовки на заданную длину диск 4 с установленными на нем винтами 6 поворачивают по ходу часовой стрелки на четверть оборота. Для выдерживания заданных размеров диаметров применяют поперечные упоры, устанавливаемые на поперечные нижние салазки суппорта станка.

Упражнение по обтачиванию наружных цилиндрических поверхностей длинных заготовок с поджатием задним центром можно выполнять двумя способами.

Первый способ. Заготовку с предварительно обработанными центровыми отверстиями установить одним концом в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне, другим на задний центр и поджать пинолью задней бабки.

Затем обточить конец, расположенный у заднего центра, на длину 40…50 мм, переставить заготовку обточенным концом в патрон, другим на задний центр (рис. 2.50) и закончить обработку всей поверхности вала.

Второй способ. Заготовку с предварительно обработанными центровыми отверстиями и закрепленным хомутиком устанавливают в поводковый патрон на передний и задний центры и поджимают пинолью задней бабки (рис. 2.51, а). Затем необходимо обточить не менее 2/3 длины заготовки, измерить диаметры d_1 и d_2 обработанной поверхности заготовки. Если имеется конусность ($d_1 \neq d_2$), то перемещением корпуса задней бабки в поперечном направлении устранить ее. Переставить хомутик на обработанный конец заготовки, установить заготовку необработанным концом к заднему центру и обточить окончательно (рис. 2.51, б).

Для обработки цилиндрической поверхности заготовки полностью за один установ необходимо вместо поводкового патрона и хомутика применить специальный передний центр (рифленый, плавающий с рифленым поводком, самозажимной или обратный) и задний центр – вращающийся.

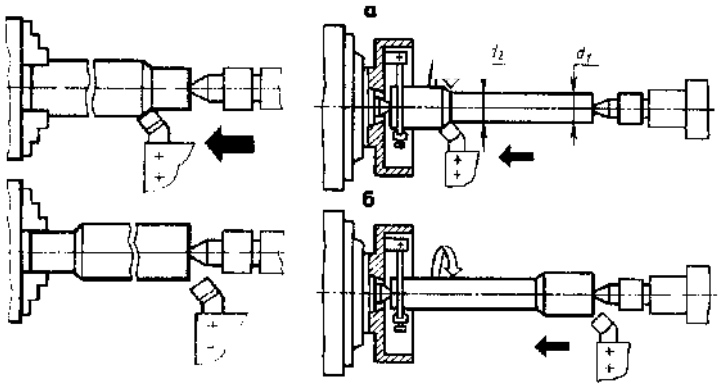


Рисунок 2.50 Обтачивание заготовок, закрепленных в патроне с поджатием задним центром

Рисунок 2.51 Обтачивание заготовок в центрах

Упражнение по обтачиванию наружных цилиндрических поверхностей с уступами (ступенчатых валов) заключается в выполнении приемов, предусмотренных в предыдущих упражнениях, и подразделяется на предварительную обработку без подрезания торцов поверхности и окончательную с подрезанием торцовых поверхностей. Предварительное обтачивание цилиндрических поверхностей с уступами производят проходным правым резцом с главным углом в плане $\varphi = 45^0$. После обработки 1-й ступени на требуемую длину и диаметр наносят вторую круговую риску (рис. 2.52, а), устанавливают резец на требуемую глубину резания и производят обработку 2-й ступени (рис. 2.52.,6).

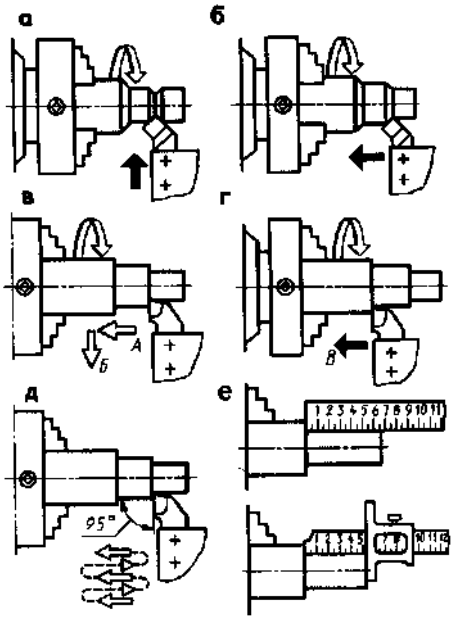


Рисунок 2.52 Приемы обтачивания цилиндрических поверхностей с уступами

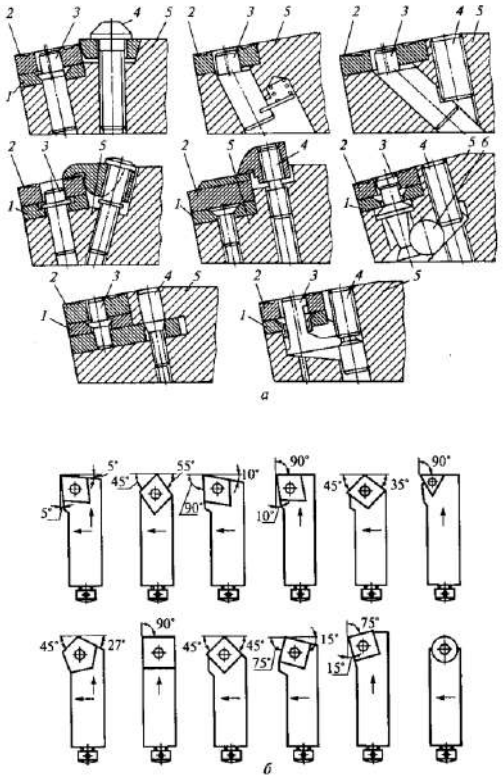
Окончательную обработку поверхностей производят проходным упорным резцом с главным углом в плане $\varphi = 90^0$, для чего цилиндрическую ступенчатую заготовку устанавливают и закрепляют в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне, проходной упорный резец ручным движением поперечной подачи перемещают до соприкосновения вершины головки резца с поверхностью заготовки, обеспечив требуемую глубину резания для получения заданного меньшего диаметра вала, затем за один проход продольной ручной подачей по стрелке А протачивают 1-ю ступень на длину, указанную на чертеже (рис. 2.52, в). Отводят резец от отработанной поверхности заготовки движением поперечной подачи по стрелке Б, устанавливают вершину резца на размер, обеспечивающий получение следующего диаметра вала, и с движением продольной ручной подачей по стрелке В (рис. 2.52,г) протачивают 2-ю ступень на требуемую длину, после чего снова отводят резец и выключают станок.

После обработки каждой ступени вала измеряют длину ступени (рис. 2.52, е) измерительной линейкой, стержнем глубинометра штангенциркуля, штангенглубинометром или шаблоном, а диаметр ступени – штангенциркулем. Если высота уступа ступенчатого вала, или глубина резания, менее 5 мм, обработку выполняют за один проход. Если высота уступа более 5 мм, то обработку ведут за два прохода и более, а резец устанавливают под углом $\varphi = 95^0$, (рис. 2.52, д).

На этом занятии учащийся должен обработать несколько заготовок с различными размерами уступов и перепадами диаметров ступеней, требующих обработки за один или несколько проходов; выполнить измерение обработанных поверхностей различными измерительными инструментами.

Особенности обработки твердосплавными резцами. Для наружного продольного чернового и чистового точения применяют проходные резцы. В настоящее время конструкция резцов с напаянными твердосплавными пластинами устарела. За рубежом около 80 % применяемых проходных твердосплавных резцов имеют сборную конструкцию, у нас в стране - только 20 % (рис. 2.53). По сравнению с напаянными резцами сборные имеют следующие преимущества: сокращение расходов на переточку;

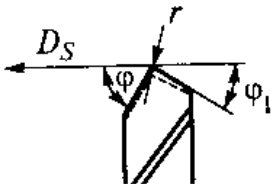
уменьшение вспомогательного времени на смену и подналадку резцов; экономия твердого сплава.



1 - подкладка; 2 - пластина; 3 - штифт; 4 - винт; 5 - державка; 6 - шарик

Рисунок 2.53 Проходные резцы сборной конструкции (а) и типовые резцовые вставки с механическим креплением многогранных и цилиндрических твердосплавных пластин (б)

Прямые проходные резцы изготовляют с главным углом в плане φ = 45, 60 и 75° (рис. 2.54). Отогнутые проходные резцы (рис. 1.55, а и б) имеют угол φ = 45°. Они широко применяются для продольного и поперечного точения (т.е. для подрезки торцов). Упорные проходные резцы (рис. 2.55, в) имеют угол φ = 90°. Они пригодны для обработки деталей с уступами небольших размеров и нежестких деталей.



φ и φ_1 - главный и вспомогательный углы в плане;
r - радиус скругления при вершине резца; D_s - направление движения подачи

Рисунок 2.54 Прямой проходной резец

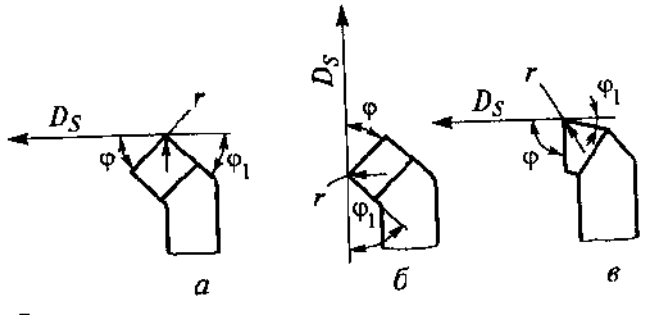


Рисунок 2.55 Проходные отогнутые (а и б) и упорные (в) резцы

Особенности обработки резцами из быстрорежущих сталей. Резцы из быстрорежущих сталей имеют такую же форму передней поверхности, как у сборных резцов с пластинками твердого сплава того же назначения, но имеют отличные от них углы резания и размеры элементов головки.

Резцы с плоской передней поверхностью и положительным передним углом γ рекомендуется применять при обработке чугуна, бронзы и стали с подачей $S_o < 0,2$ мм/об. Резцы с плоской передней поверхностью с фаской применяют при обработке сталей с подачей $S_o > 0,2$ мм/об. Резцы с криволинейной передней поверхностью с фаской (радиус кривизны поверхности R = 3...18 мм, ширина фаски b = 2,5... 15 мм) применяют при обработке сталей. У этих резцов передний угол γ = 20... 25°, задний угол α = 8...12°.

Чистовая обработка. Для получения поверхности с малой шероховатостью, точной по форме и размерам заготовку подвергают чистовой обработке.

Если требуемую шероховатость поверхности нельзя получить обычным проходным резцом, то применяют специальные (чистовые) резцы, предназначенные только для чистовой обработки.

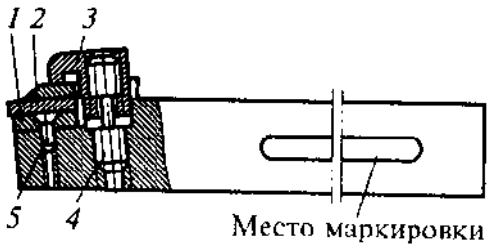
Установка резца относительно оси заготовки при чистовой обработке должна исключать возникновение дефектов на обработанной поверхности, что достигается установкой вершины резца по оси заготовки или несколько ниже ее. Вылет резца (при закреплении) должен быть минимально возможным.

Особенности обработки резцами с минералокерамическими пластинами. Резцы с неперетачиваемыми минералокерамическими пластинами (типа ЦМ-332) применяют для чистовой и

получистовой обработки стали (в том числе закаленной), чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов. Минералокерамические пластины обладают очень низкой теплопроводностью и склонны к образованию трещин при быстром нагревании и особенно при быстром охлаждении. Пластины крепят механическим способом (аналогично креплению твердосплавных многогранных пластин). При установке пластины нельзя допускать, чтобы она выступала за головку резца более чем на 1 мм. Пластины разрушаются, как правило, при входе инструмента в зону резания и выходе из нее, поэтому отводить резец от детали нужно только при выключенной подаче. Для обработки напроход применяют резцы с пластинами из оксидно-карбидной минералокерамики (рис. 2.56, а)

Пластины из оксидно-карбидной минералокерамики типа ВЗ, ВОК-60 и ВОК-63 выпускают треугольной, квадратной, ромбической и круглой форм.

Режущие пластины треугольной формы используют для предварительной чистовой обработки. Наиболее широко распространены пластины квадратной формы, используемые как для черновой (при толщине пластины 8 мм), так и для чистовой (при толщине пластины 4 мм) обработки.



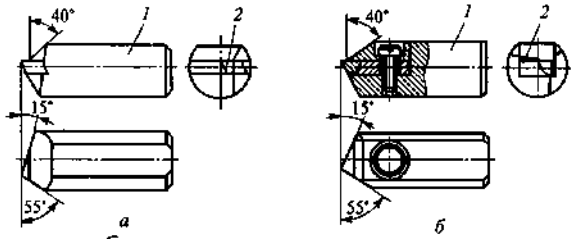
1 - опорная пластина из твердого сплава; 2 - режущая пластина из минералокерамики; 3 - прихват; 4 - дифференциальный винт; 5 - винт

Рисунок 2.56 а1 Конструкция резца с минералокерамической пластиной

Пластины ромбической формы с углом ромба 75 или 80° в основном применяют для черновой обработки, а с углом ромба 55° - для продольного точения по копиру. Пластины круглой формы чаще применяют при обработке гладких поверхностей без уступов. При обработке резцами, оснащенными режущей минералокерамикой, особое внимание следует обращать на стружколомание и удаление стружки из зоны резания. Это обеспечивается регулированием вылета накладного стружколома

относительно режущей кромки пластины и установкой накладного стружколома под углом 30...35° относительно режущей кромки.

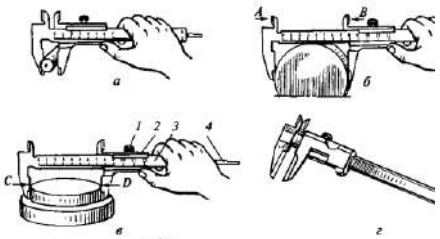
Особенности обработки резцами со вставками из эльбора и поликристаллических сверхтвердых материалов (СМ). Резцы из эльбора-Р и СМ применяют при необходимости повышения производительности (*v* = 400...800 м/мин) и улучшения качества обработки деталей из высокопрочных и закаленных сталей, чугуна, твердых сплавов и т.п. Конструкция резца, оснащенного вставкой из СМ, показана на рис. 2.56, б. Рабочие поверхности резца после заточки должны быть доведены. Обязательным условием эффективного использования инструмента, оснащенного вставками из эльбора-Р и СМ, является его переточка на специализированном оборудовании.



1 - державка; 2 - вставка из СМ

Рисунок 2.56, б Конструкция резца, оснащенного вставкой из СМ, впаянной (а) и механически закрепленной (б)

Контроль деталей. Наиболее распространенным инструментом для измерения размеров деталей, полученных после черновой и получистовой обработки, является штангенциркуль (рис. 2.57).



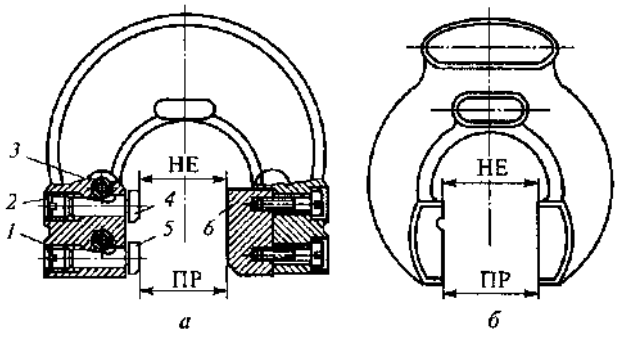
а - правильное измерение небольшого диаметра; б - неправильное измерение; в - правильное измерение большого диаметра; г - штангенциркуль с цифровой индикацией; A и B - губки для измерения внутренних поверхностей; C и D - губки для измерения наружных поверхностей; 1 - винт; 2 - каретка нониуса; 3 - линейка; 4 - ножка для измерения уступов и углублений

Рисунок 2.57 Измерения штангенциркулем

Губки С и D предназначены для измерения наружных, а губки А и В - для измерения внутренних поверхностей, с помощью ножки *4* измеряют уступы и углубления. Размер с точностью до 1 мм измеряют по линейке *3*, а с точностью до 0,1 мм - по нониусу на каретке *2*. После замера губки фиксируют винтом *7*.

Наиболее удобным для определения размеров является штангенциркуль с цифровой индикацией (рис. 2.57, г).

В условиях серийного производства детали измеряют предельными регулируемыми (рис. 2.58, а) и нерегулируемыми (рис. 2.58, б) скобами. Особенностью скоб различных конструкций является то, что с их помощью оценивают два размера обработанной детали: первый - с наибольшим отклонением, а второй - с наименьшим. Размер с наибольшим отклонением обозначается ПР (проходной), а размер с наименьшим отклонением - НЕ (непроходной). В регулируемых скобах размеры НЕ и ПР настраивают перемещением измерительных головок.



1, 2 и 3 - винты; 4, 5 - измерительные головки; 6 - опорная поверхность; ПР и НЕ - соответственно проходной и непроходной размеры

Рисунок 2.58 Предельная скоба регулируемая (а) и нерегулируемая (б)

Контрольные вопросы:

1. *Какие резцы применяют для обработки наружных поверхностей?*
2. *Как влияют разные значения элементов (углов) резцов на процесс обработки наружных цилиндрических поверхностей?*
3. *Расскажите об условиях применения резцов с пластинками из твердых сплавов, из быстрорежущей стали, с минералокерамическими пластинками, со вставками из эльбора и поликристаллических сверхтвердых материалов?*
4. *Расскажите об основных параметрах, определяющих режимы резания при точении?*

Тема 2.3 Подрезка торцов и уступов. Проточка канавок и отрезка

Оснащение рабочего места: *то же, что и для темы 2.2, кроме того, набор различных прорезных, фасонных, отрезных и подрезных резцов; стальные и чугунные заготовки с предварительно обработанной наружной поверхностью типа валов диаметром 60…10 мм, различные фланцы, втулки и прутковый материал.*

Упражнение по подрезанию торцов заготовок заключается в выполнении приемов, предусмотренных в предыдущих упражнениях (установка патрона, резца и заготовки, настройка станка на требуемую частоту вращения шпинделя). Заготовку закрепить в патроне с вылетом из кулачков не более 40…50 мм. Обработку выполнять подрезным торцовым отогнутым резцом с углом $\varphi = 90^0$ или проходным отогнутым резцом с углом $\varphi = 45^0$.

Обработку торца заготовки выполнять в такой последовательности: коснуться вершиной головки резца торца заготовки и отвести резец от заготовки на себя; установить резец на требуемый размер срезаемого слоя (глубину резания или припуск по торцу), перемещая его влево по стрелке А; подать резец по стрелке Б движением ручной поперечной подачи, уменьшая значение скорости движения подачи при подходе вершины резца к оси заготовки (рис. 2.59,а).

Для подрезки второго торца заготовки открепить заготовку, измерить ее длину, определить оставшийся припуск для обработки 2-го торца, закрепить заготовку в патроне другим концом. Переместить резец по стрелке А, отсчитывая перемещение по лимбу винта верхних салазок (или по лимбу движения продольной подачи каретки суппорта) от торца заготовки, оставив 0.1…0,2 мм на окончательное подрезание.

Подрезать торец путем перемещения резца к центру по стрелке Б движением поперечной ручной подачи (рис. 2.59, б). Отвести резец от заготовки в исходное положение. По лимбу винта верхних салазок суппорта подать резец влево на оставшийся припуск и подрезать второй торец окончательно (рис. 1.59, в). при подрезке торцов проходным отогнутым резцом с углом $\varphi = 45^0$ предварительный проход выполнять перемещением резца от

наружной поверхности заготовки к центру (по стрелке А), окончательный проход – перемещением от центра к наружной поверхности заготовки по стрелке Б (рис. 2.59, г).
Прямолинейность торца заготовки после обработки проверить измерительной линейкой (рис. 2.59, д, е). Выпуклость торца не допускается.

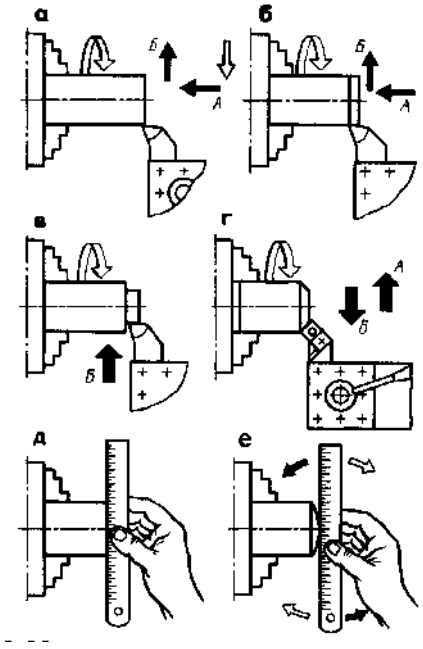
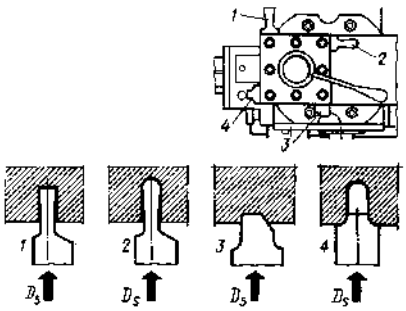


Рисунок 2.59
Приемы подрезания торцов

Упражнение по вытачиванию различных канавок выполняют прорезными резцами соответствующей формы с поперечной подачей суппорта (рис. 2.60), пользуясь шкалой лимба поперечной каретки суппорта. Диаметр вытачиваемой канавки измеряют штангенциркулем, ее глубину – стержнем глубиномера штангенциркуля (рис. 2.61), ширину канавки – измерительной линейкой, штангенциркулем или шаблонами.



1 - резец для канавок прямоугольного профиля;
2 - резец для полукруглых канавок; 3, 4 - резцы для фасонных канавок

Рисунок 2.60 Вытачивание канавок

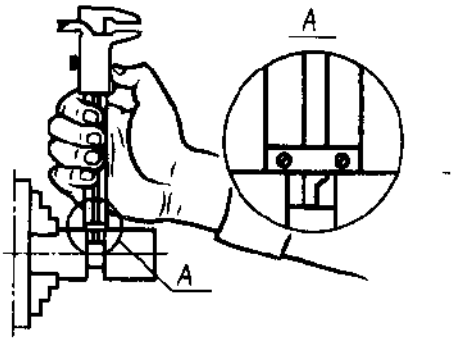


Рисунок 2.61
Измерение глубины канавки

Для отрезки заготовок требуемой длины нужно выполнить следующие приемы:

1. Установить и закрепить отрезной резец, при этом длина головки резца должна быть равна половине диаметра отрезаемой заготовки плюс 3…5 мм.

2. Вставить пруток в отверстие шпинделя с левой стороны коробки скоростей. Вылет прутка из кулачков патрона на длину L должен включить длину l_1 отрезаемой заготовки, ширину канавки a и расстояние b от левой стороны канавки до кулачков, которое должно примерно равняться диаметру заготовки (рис. 2.62, а).

3. Подобрать скорость главного движения резания, по ее значению и диаметру заготовки определить частоту вращения шпинделя.

4. Переместить отрезной резец правой вершиной головки от торца заготовки на требуемую длину l_1 и ручным движением поперечной подачи без разгонки резцом отрезать заготовку (рис. 2.62,б).

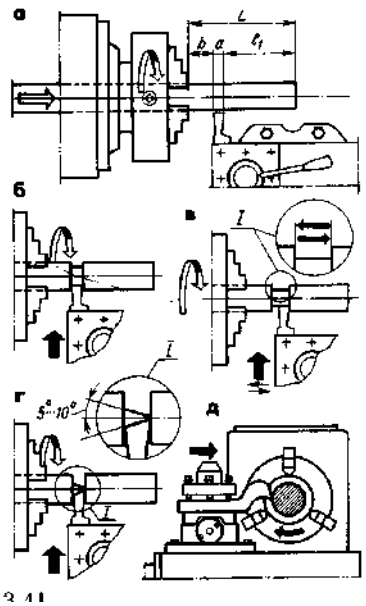


Рисунок 2.62
Приемы отрезания заготовок

Широкую канавку (больше ширины резца) вытачивают поперечным и продольным движениями подач с разгонкой резцом за несколько проходов, для чего резец устанавливают на размер правой стороны канавки от торца детали и подают резец по лимбу поперечной подачи на глубину на 0,5 мм меньше, чем задано по чертежу, оставив припуск для окончательного прохода. Затем отводят резец на себя в исходное положение, смещают резец влево на ширину канавки (с учетом ширины режущей кромки резца), подают резец по лимбу поперечной подачи на полную глубину канавки и, перемещая его слева направо, обрабатывают дно канавки окончательно (рис. 2.62, в).

Этот же способ применяют для уменьшения трения боковых сторон отрезного резца об образующиеся торцовые поверхности отрезаемой заготовки.

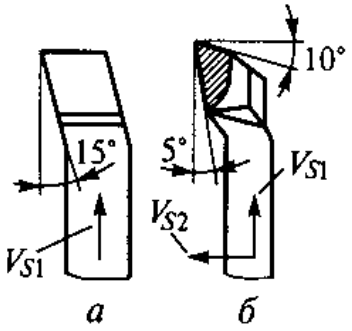
При отрезке заготовки нельзя отламывать ее от основного прутка на ходу станка. Чтобы на торце отрезной заготовки не оставалась бобышка, режущую кромку резца можно заточить под углом $5…10^0$ относительно оси вращения заготовки (при правой вершине резца угол в плане $\varepsilon = 80…85^0$). В этом случае правая вершина головки резца опережает левую и прорезание произойдет до самого центра. Оставшийся на торце прутка конический выступ удаляют путем продолжения поперечной подачи резца (рис. 2.62, г).

При отрезке заготовок большого диаметра для уменьшения дрожания и возможности поломки резца применяют изогнутый отрезной резец с тонкой и длинной головкой, который устанавливают режущей кромкой вниз, а заготовку (шпиндель с патроном) вращают в обратном направлении (рис. 2.62, д).

Все приведенные выше упражнения по обтачиванию цилиндрических поверхностей и подрезке торцов повторить несколько раз, после чего обработать заготовки, необходимые для проведения следующих занятий или изготовления деталей для продукции, выпускаемой учебными мастерскими.

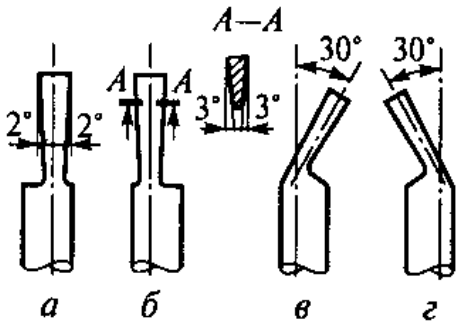
Особенности обработки торцовых поверхностей (рис. 2.63). Торцы и уступы обрабатывают подрезными, проходными отогнутыми или проходными упорными резцами.

Подрезной резец предназначен для обработки наружных торцовых поверхностей. При подрезании торца движение подачи резца осуществляется перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки. Подрезной резец (рис. 2.63, б) позволяет обрабатывать различные торцовые и другие поверхности с продольным и поперечным движениями подачи.



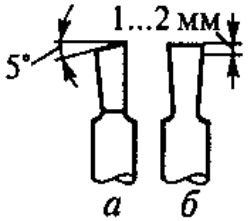
а - для обработки наружных торцов;б - для работы с продольной V_{S2} и поперечной V_{S1} подачами

Рисунок 2.63
Подрезные резцы



а - прямой левый; б - прямой правый; в - отогнутый левый; г - отогнутый правый

Рисунок 2.64
Прорезные резцы



а - для получения ровного торца у отрезаемой детали; б - для уменьшения шероховатости поверхности, получен-ной после отрезки

Рисунок 2.65
Отрезные резцы

Подрезные резцы изготовляют сборными с пластинами из быстрорежущих сталей или твердых сплавов. Главный задний угол $\alpha = 10...15°$, передний угол γ выбирают в зависимости от обрабатываемого материала.

Скорость резания для обработки торцов и уступов обычно на 20% выше, чем при обработке наружных цилиндрических

поверхностей, так как время участия резца в процессе резания незначительно и он не успевает нагреться до критической температуры.

Обработка канавок и отрезка. Узкие канавки обрабатывают прорезными резцами. Форма режущей кромки резца соответствует форме обрабатываемой канавки. Прорезные резцы (рис. 2.64) бывают прямые и отогнутые, которые, в свою очередь, делятся на правые и левые. Чаще применяют правые прямые и левые отогнутые прорезные резцы.

Жесткость детали не всегда позволяет прорезать канавки заданной ширины за один проход резца. Канавку шире 5 мм в нежесткой детали прорезают за несколько проходов резца с поперечным движением подачи. На торцах и по диаметру канавки оставляют припуск 0,5...1 мм для чистовой обработки, которую выполняют этим же резцом или канавочным резцом с размером режущей кромки, равным заданному размеру канавки.

Заготовки и детали разрезают отрезными резцами (рис. 2.65). Ширина режущей кромки отрезного резца зависит от диаметра отрезаемой заготовки и может быть равна 3; 4; 5; 6; 8 и 10 мм. Длина головки отрезного резца должна быть несколько больше половины диаметра d прутка, от которого отрезают заготовку $(l>0,5d)$.

Отрезные резцы изготовляют цельными, а также с пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава. Для уменьшения трения между резцом и разрезаемым материалом головка резца сужается к стержню под углом $1...2^0$ (с каждой стороны резца), угол $\lambda = 0°$, задний угол $\alpha = 12°$.

Отрезные резцы следует устанавливать под прямым углом к оси обрабатываемой заготовки. Установка режущей кромки резца выше оси обрабатываемой заготовки (даже на 0,1 - 0,2 мм) может привести к его поломке, а при установке режущей кромки резца ниже оси заготовки на торце детали остается необработанный выступ. Расстояние от торца приспособления для закрепления прутка до обработанного торца прутка не должно превышать диаметра отрезаемого прутка.

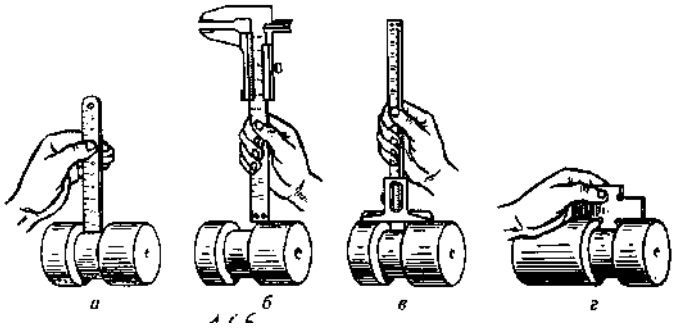
При резании хрупкого материала заготовка отламывается раньше, чем резец подойдет к центру заготовки, в результате чего на торце заготовки остается выступ (бобышка). Для получения

ровного торца режущую кромку резца выполняют под углом 5...10° (рис. 2.65, а).

Для уменьшения шероховатости поверхности, полученной после отрезки, на задних вспомогательных поверхностях резца делают фаски шириной 1...2 мм (рис. 2.65, б). Поперечная подача при обработке канавок - 0,05...0,3 мм/об (для стальных деталей диаметром до 100 мм).

Скорость резания при обработке канавок и отрезке заготовок - 25...30 м/мин для резцов из быстрорежущих сталей и 125...150 м/мин для твердосплавных резцов.

Контроль наружных уступов, торцов и канавок. Глубину канавок на наружной поверхности детали измеряют линейкой, штангенциркулем, штангенглубиномером и шаблоном-уступомером (рис. 2.66).



а - линейкой; б - штангенциркулем; в – штанген-глубиномером; г - шаблоном-уступомером

Рисунок 2.66 Измерение глубины канавки

Ширину обработанного участка до уступа измеряют линейкой в том случае, если не требуется большой точности измерения. При более высоких требованиях к точности измерения лучше использовать штангенциркуль, а при серийном производстве деталей - шаблон-уступомер. Проходная сторона шаблона (ПР) при измерении должна упираться в обработанную цилиндрическую поверхность детали, а непроходная сторона (НЕ) - в наружную цилиндрическую поверхность детали.

Контрольные вопросы:

1. *Назовите резцы и режимы резания, применяемые при обработке торцов и уступов?*
2. *Расскажите о способах протачивания канавок и отрезки заготовок?*
3. *Как устроен штангенциркуль, предельные скобы и как ими пользоваться?*
4. *Расскажите, как измеряют уступы и канавки?*

Тема 2.4 Обработка отверстий

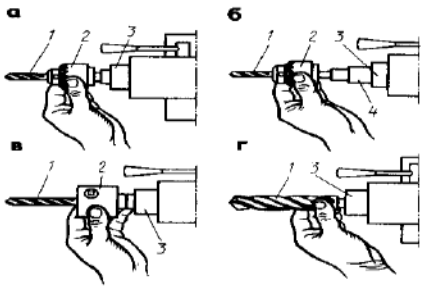
Оснащение рабочего места: то же, что и для темы 1.2., кроме того, патрон трехкулачковый самоцентрирующийся; патрон четырехкулачковый; планшайба с планками и болтами; трехкулачковый сверлильный патрон; двухкулачковый сверлильный патрон; переходные конические втулки Морзе 2/3 и ¾; спиральные сверла диаметром 8…15 мм с цилиндрическим хвостовиком; спиральные сверла диаметром 15…20 мм с коническим хвостовиком; подрезные и расточные резцы различной длины для растачивания сквозных и глухих отверстий; центровочные сверла; заготовки стальные и чугунные диаметром 25…100 мм и длиной 60…150 мм; плакаты; образцы токарных работ с обработанными отверстиями (желательно с вырезами или в разрезе); инструменты для контроля отверстий (штангенциркуль, кронциркуль, штангенглубинометр); чертежи обрабатываемых деталей; щетка-сметка; защитные очки.

Обработку отверстий на токарных станках выполняют различными режущими инструментами, выбор которых зависит от вида заготовок (в сплошном металле или с отверстием предварительно полученным литьем, ковкой или штамповкой), формы отверстия (цилиндрической, конической, ступенчатой, сквозной и т.п.), точности и шероховатости поверхности отверстия.

Заготовки крепят в шпинделе станка и сообщают им вращательное движение, а режущие инструменты – в пиноли задней бабки (реже – в резцедержателе на суппорте станка) и сообщают им поступательное движение подачи. В зависимости от формы и размеров заготовку крепят в трехкулачковом патроне, на планшайбе с помощью планок и болтов или другими способами.

Обработку отверстий в сплошном металле заготовки производят спиральными сверлами. Когда длина отверстия превышает 5…10 диаметров, при так называемом глубоком сверлении, применяют специальные сверла (ружейные, пушечные, шпиндельные, кольцевые, центровочные и др).

Спиральные сверла диаметром до 10 мм с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в трехкулачковом сверлильном патроне, который устанавливают непосредственно в коническое отверстие пиноли задней бабки (рис. 2.67, а). Если конус хвостовика сверлильного патрона меньше конуса конического отверстия пиноли, то необходимо использовать переходную коническую втулку 4 (рис. 2.67, б). Спиральные сверла диаметром более 10 мм с цилиндрическим хвостиком закрепляют в двухкулачковом сверлильном патроне, обладающем большей силой зажима (рис. 1.67, в).



1 - сверло; 2 - патрон; 3 - пиноль; 4 - переходная втулка

Рисунок 2.67 Способы закрепления сверл на токарном станке

Спиральные сверла с коническими хвостовиками устанавливают непосредственно в коническом отверстии пиноли задней бабки станка (рис. 2.67, г), а когда конус сверла меньше конического отверстия пиноли, то с помощью одной или нескольких переходных втулок.

Различают предварительное и окончательное сверление. При предварительном сверлении диаметр сверла подбирают меньше окончательного диаметра на размер припуска, оставленного для

окончательной обработки. После предварительного сверления, т.е. сверление сверлом большего диаметра, зенкерования, развертывание или растачивание отверстия резцом. Выбор вида дальнейшей обработки зависит от точности обрабатываемого отверстия.

Увеличение диаметра уже имеющегося в заготовке отверстия и придание ему необходимой формы (цилиндрической, конической, ступенчатой) с помощью расточных резцов называется растачиванием. Расточной резец, устанавливаемый в резцедержатель суппорта станка, должен иметь консольную часть, выступающего из резцедержателя на длину, большую длины растачиваемого отверстия заготовки. Геометрические элементы расточных резцов и элементы режимов резания при расставании аналогичны этим параметрам при обтачивании цилиндрических заготовок проходными резцами. На рис. 2.68. приведены конструктивные и геометрические элементы расточных резцов и способы растачивания различных видов отверстий.

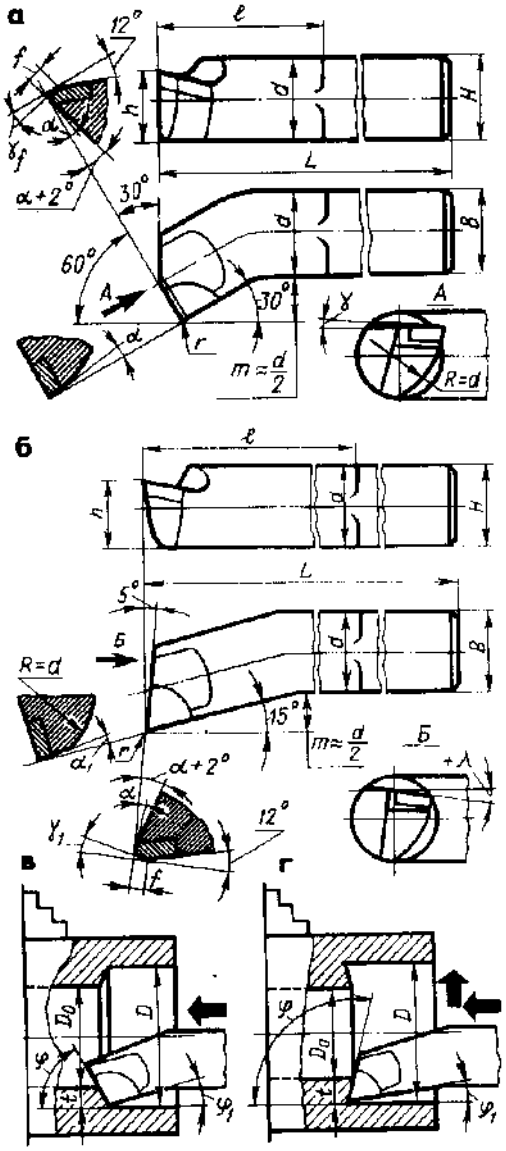
Упражнение по сверлению отверстий в сплошном металле заключается в выполнении следующих приемов.

1. Подобрать сверло для сверления сквозного цилиндрического отверстия. Если отверстие требует последующей обработки (зенкерования, развертывания, нарезания резьбы и т.п), то диаметр сверла может быть выбран по таблице 3.

2. Закрепить сверло в зависимости от его размера и конструкции в сверлильном патроне или непосредственно в пиноли задней бабки.

3. Закрепить заготовку в зависимости от ее размеров и формы в трехкулачковом самоцентрирующемся или в четырехкулачковом патроне.

4. Подрезать проходным отогнутым резцом торец заготовки и в центре его сделать зацентровку – углубление конической формы для направления сверла при врезании (рис.2.69, а). Вместо этого углубления можно выполнить надсверливание торца коротким сверлом большого диаметра, закрепленным в пиноли задней бабки.



а - для обработки сквозных отверстий; б - для обработки глухих и ступенчатых отверстий; в - растачивание гладкого отверстия; г - растачивание отверстия с уступом

Рисунок 2.68 Токарные расточные резцы и способы растачивания гладких отверстий и с уступами

Таблица 3 .Рекомендуемые диаметры сверл в зависимости от их назначения, мм

Номинальные диаметры обработки	Сверление						
	На проход				под зенкерование	под развертывание	под метрическую резьбу
	Точная сборка		Грубая сборка				
	под болты, винты и шпильки	под заклепки	под болты, винты и шпильки	под заклепки			
1	1,2	1,1	-	-	-	-	0,75
1,2	1,4	1,3	-	-	-	-	0,95
1,4	1,6	1,5	-	-	-	-	1,1
1,6.	1,8	-	-	-	-	-	-
2	2,2	2,1	-	2,3	-	-	1,6
2,3	2,5	2,4	-	2,6	-	2,1	1,9
2,5	2,7	-	-	-	-	2,4	-
2,6	2,8	2,7	-	3,1	-	-	2,15
3	3,2	3,1	-	3,5	3,1	2,9	2,5
3,5	3,7	3,6		4,0	-	-	-
4	4,2	4,1	-	-	4,1	3,9	3,3
4,5	-	-	-	-	-	-	3,6
5	5,2	5,1	6,0	5,7	5,1	4,8	4,2
6	6,3	6,2	7,0	6,7	6,1	5,8	5,0
7	7,3	7,2	-	7,7	-	6,7	-
8	8,3	8,2	9,0	8,7	8,1	7,7	6,7
10	10,5	10,3	11,0	10,5	10,1	9,7	8,4
12	12,5	-	13,0	-	-	11,7	10,1
13	-	13,5	-	14,0	-	12,7	-
14	14,5	-	-	15,0	-	-	11,8
15	-	-	-	-	-	14,7	-
16	16,5	16,5	17,0	17,0	14,25	15,5	13,8
18	18,5	-	20,0	-	16,25	17,5	15,3
20	20,5	21,0	22,0	-	17,5	19,5	17,3
22	22,5	23,0	23,0	24,0	19,5	21,5	19,4
24	24,5	-	26,0	-	21,5	23,5	20,9
27	28,0	-	29,0	-	24,5	25,5	-
30	31,0	31,0	32,0	32,0	27,5	29,5	26,4
33	34,0	-	36,0	-	-	32,5	-
36	37,0	-	39,0	-	33,0	35,5	31,9
39	40,0	-	43,0	-	-	-	-
42	43,0	-	44,0	-	39,0	41,5	37,4

5. Сверлить сквозное отверстие сверлом требуемого диаметра, осуществляя подачу вращением маховичка задней бабки и охлаждая сверло смазачно-охлаждающей жидкостью.

Сверление глухого отверстия отличается тем, что при его обработке надо выдерживать заданную длину отверстия l (рис. 1.69, б). Сверление и рассверливание сквозных, глухих, ступенчатых отверстий заключается в выполнении приемов, предусмотренных в

предыдущем упражнении, т.е. подрезании торца заготовки резцом, зацентровке и сверлении. Затем производят рассверливание отверстия сверлом большего диаметра или зенкером. Сверление глухого ступенчатого отверстия отличается от сверления отверстия одного диаметра тем, что обработку выполняют последовательно двумя сверлами, выдерживая заданную глубину для каждой ступени (рис. 2.69, в, г).

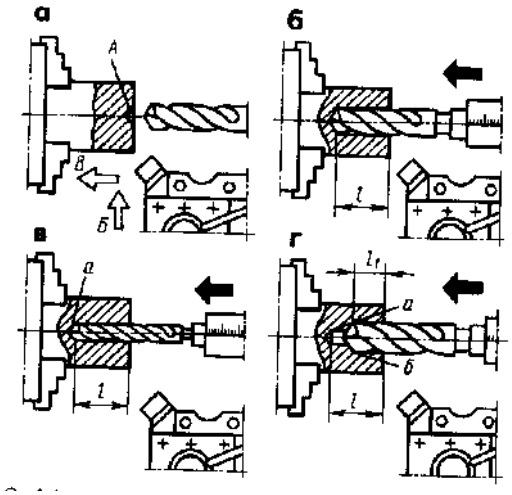


Рисунок 2.69 Приемы сверления отверстий

Для повышения производительности труда рекомендуется применять такую последовательность переходов: сначала сверлят отверстия большего диаметра на заданную длину, затем – отверстие малого диаметра.

На рис. 2.70,а приведена менее производительная последовательность обработки, так как в этом случае суммарная длина сверления составит 70+50+20=140 мм; во втором случае (рис. 2.70,б) длина сверления указанными сверлами равна 20+30+20-70 мм.

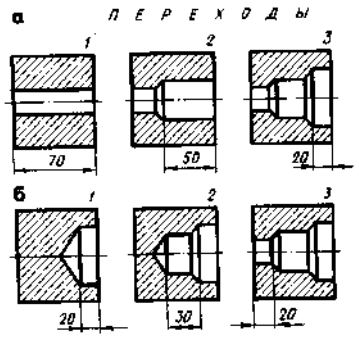


Рисунок 2.70 Последовательность сверления ступенчатого отверстия

Сверление глухого отверстия с плоским дном выполняют за два перехода: сверлом с обычной заточкой с углом при вершине 2φ = 118^0 (рис. 2.71,а) и сверлом со специальной заточкой такого же диаметра, что и для предварительного сверления, но с углом при вершине 2φ = 180^0 (рис. 2.71,б).

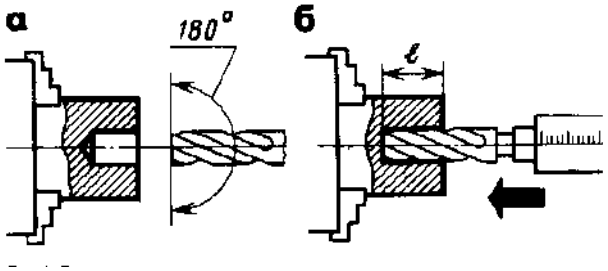


Рисунок 2.71 Сверление глухого отверстия с плоским дном

Контроль длины отверстия или отдельной ступени можно осуществлять в процессе сверления по делениям на пиноли задней бабки станка или глубиномером штангенциркуля. При коническом дне отверстия (рис. 2.72, а) длину сверления l можно выдержать по метке 2, намеченной на сверле мелом или графитовым карандашом от режущей кромки 1 сверла, или по делениям 3 пиноли задней бабки. Измерение глубины просверленного отверстия штангенциркулем показано на рис. 2.72, б.

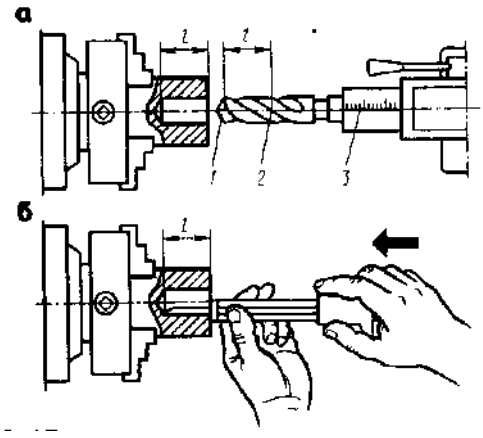


Рисунок 2.72
Способы контроля

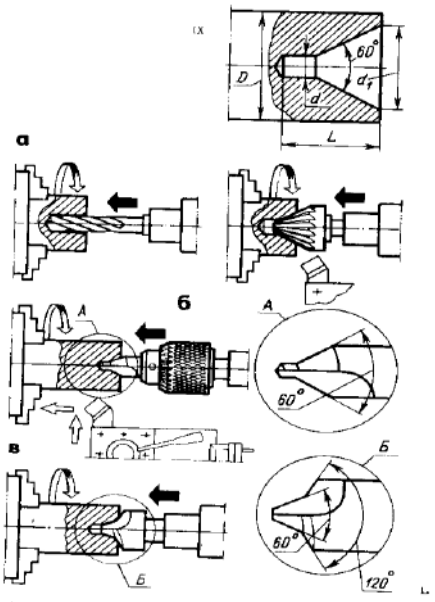


Рисунок 2.73
Обработка центровых

Обработку центровых отверстий на торцовых поверхностях для установки заготовок в центрах станков осуществляют или последовательно сверлением и зенковкой, или за один прием комбинированным центровочным сверлом (рис. 2.72).

Первый способ (последовательное сверление и зенкерование отверстия) (рис. 2.73, а).

1. Выбрать форму и требуемые размеры центровочного отверстия в зависимости от наружного диаметра d_0 обрабатываемой заготовки.
2. Закрепить заготовку в трехкулачковом патроне.
3. Подрезать проходным отогнутым резцом торец заготовки.
4. Просверлить сверлом диаметром d, закрепленным в пиноли задней бабки, отверстие на заданную длину l.
5. Зенковать конусное отверстие с углом конуса 60^0 до диаметра d_1.

Второй способ (центрирование комбинированным центровочным сверлом):

1. Выбрать форму и размеры центровочного отверстия.
2. Подрезать торец заготовки.
3. Центровать комбинированным центровочным сверлом, закрепленным в сверлильном патроне в пиноли задней бабки (рис. 2.73, б).

Если центровочное отверстие должно иметь предохранительную фаску под углом 120^0, то в первом случае ее выполняют обычным сверлом большого диаметра, а во втором – комбинированным центровочным сверлом с предохранительным конусом (рис. 2.73, в).

Упражнение по растачиванию гладких цилиндрических отверстий заключается в выполнении следующих приемов:

1. Подобрать расточной проходной резец. Вылет из резцедержателя *l* должен быть больше, чем длина растачиваемого отверстия, на 5…10 мм.
2. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне.
3. Установить и закрепить расточной проходной резец в резцедержателе суппорта станка.
4. Настроить станок на требуемый режим резания (скорость резания, частоту вращения шпинделя, толщину снимаемого слоя и глубину резания) при предварительном растачивании.

5. Поставить резец в исходное рабочее положение (на расстоянии 5…10 мм от торца заготовки), установить по лимбу резец на требуемую глубину резания и снять пробную стружку, проточив отверстие на 3…5 мм.
6. Измерить штангенциркулем диаметр отверстия. Если действительный диаметр отверстия меньше заданного, вторично снять пробную стружку и так до получения требуемого диаметра. Измерение выполнить штангенциркулем с отсчетом по нониусу 0,1 или 0,05 мм.
7. Расточить отверстие с ручным движением продольной подачи на всю длину заготовки.
8. Расточить отверстие с механическим движением прямой продольной подачи, выбрать по таблицам или указанию мастера требуемую скорость движения подачи и настроить на нее станок. Вывести резец из отверстия и вторично проверить диаметр растачиваемого отверстия.

Растачивание отверстий с уступами отличается от растачивания гладкого цилиндрического отверстия расточным упорным резцом тем, что обработку выполняют за несколько проходов. Длина стержня резца должна быть такой, чтобы можно было растачивать на полную глубину все ступенчатое отверстие, а поперечное сечение головки и стержня резца должно быть меньше малого диаметра ступенчатого отверстия. Если высота уступа менее 5 мм и растачивание большего диаметра выполняют за один проход ($t < 5$ мм), то применяют резец с главным углом в плане $\varphi = 90^0$, подачу резца производят только в продольном направлении по стрелке А (рис.2.74,а). При растачивании глухих цилиндрических отверстий или сквозных отверстий с уступами высотой более 5 мм применяют резец с главным углом в плане $\varphi = 95^0$, подача резца в этом случае производится сначала в продольном направлении по стрелке А, а при подходе резца к уступу - в поперечном направлении по стрелке Б (рис.2.74, б).

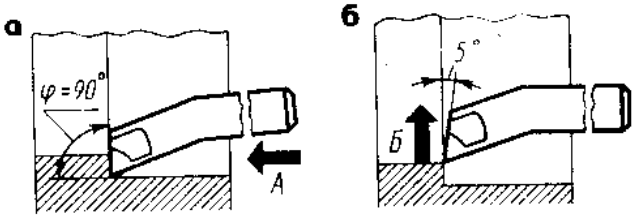


Рисунок 2.74 Растачивание отверстий с уступами

Размер от торца до уступа выдерживают различными способами: по риске на резце (рис.2.75,а), плоским упором, закрепленным в резцедержателе (рис.2.75,б), а также продольным упором, установленным на направляющих станины, или по продольному лимбу. Размер от торца заготовки до уступа 9или дна глухого цилиндрического отверстия) можно измерить различными измерительными инструментами: измерительной линейкой (рис. 2.76,а), глубиномером штангенциркуля (рис. 2.76,б), штангенглубиномером (рис. 2.76, в) или шаблоном (рис. 2.76, г).

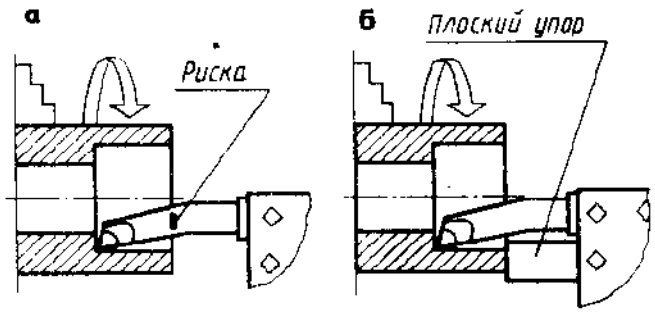


Рисунок 2.75 Способы контроля длины

Диаметр отверстия измеряют штангенциркулем. При использовании штангенциркуля с отсчет по нониусу 0,05 мм необходимо к показаниям штангенциркуля прибавлять толщину губок, указанную на них.

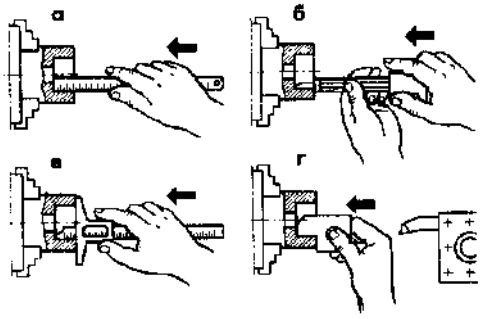


Рисунок 2.76 Измерение длины от торца
заготовки до уступа

Проверить полученный диаметр отверстия можно предельными калибрами-пробками. Проходная сторона пробки (ПР) должна проходить в отверстие без особых усилий, а непроходная сторона (НЕ) не должна проходить в отверстие.

При черновом растачивании стали принимают глубину резания до 3 мм; продольную подачу – 0,08 …0,2 мм/об; скорость резания – около 25 м/мин для резцов из быстрорежущей стали и 50…100 м/мин для твердосплавных резцов.

При чистовом растачивании глубина резания не превышает 1 мм, продольная подача – 0,05 … 0,1 мм/об, скорость резания – 40…80 м/мин для резцов из быстрорежущей стали и 150…200 м/мин для твердосплавных резцов.

Контрольные вопросы:

1. *Расскажите о способах крепления сверл на токарных станках.*
2. *Когда применяют рассверливание, зенкерование и развертывание отверстий? Как выполняют эти операции на токарных станках?*
3. *Какие резцы применяют для обработки глухих и сквозных отверстий на токарных станках?*
4. *Чем лимитированы режимы резания при растачивании?*

Тема 2.5 Нарезание резьбы

Оснащение рабочего места: то же, что и для темы1.2, кроме того, метчики машинные и машинно-ручные для нарезания метрической резьбы; плашки круглые; патроны для крепления метчиков на станках (предохранительные, быстросменные, плавающие и т.п.); плашкодержатели или патроны для плашек; калибры-пробки резьбовые; калибры-скобы; резьбовой микрометр; заготовки для нарезания внутренних и наружных резьб, предварительно обработанные под нарезание внутренней и наружной резьбы; масленки со смазывающей жидкостью, соответствующей обрабатываемому материалу.

Нарезание наружной и внутренней треугольной крепежной резьбы метчиками и плашками на токарных, токарно-револьверных и других станках – один из высокопроизводительных способов обработки. Резьбу нарезают окончательно за один или несколько

проходов инструмента. Специальную настройку станка на нарезание резьбы не производят. Приемы работ просты, во многом сходны с приемами нарезания резьбы, освоенными учащимися при прохождении слесарной практики, и не требуют высокой квалификации. Наиболее целесообразно применять метчики и плашки для нарезания неточных крепежных резьб диаметром до 25…30 мм и с шагом не более 3 мм.

Плашка представляет собой кольцо с резьбой на внутренней поверхности и стружечными отверстиями, образующими режущие кромки.

Метчики применяются для нарезания внутренних резьб и делятся на слесарные, машинно-ручные, машинные гаечные и специальные. Машинные метчики применяют при нарезании резьбы на токарных, токарно-револьверных и сверлильных станках, а специальные и гаечные метчики – на различных гайкорезных автоматах. Метчик состоит из рабочей части, имеющей резьбовую поверхность и канавки для образования режущих кромок и хвостовика, который служит для закрепления инструмента в патроне. Обычно при нарезании резьбы на станке пользуются одним машинным метчиком, обеспечивающим получение резьбы за один проход. Для нарезания резьбы в заготовках из твердых металлов пользуются двумя или тремя метчиками (двух-и трехкомплектными). Первый – черновой, делает предварительную нарезку, а чистовой доводит резьбу до требуемых размеров и защищает ее.

При ввинчивании метчика или навинчивании плашки в нарезаемую поверхность заготовки зубья постепенно прорезывают винтовые канавки профиля резьбы. Толщина срезаемого слоя a_z каждым зубом заборной части, а, следовательно, сила резания и крутящий момент зависят от числа зубьев, угла φ заборной части и шага резьбы (рис. 2.77)

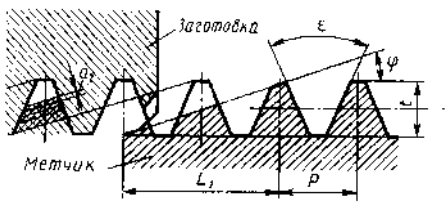
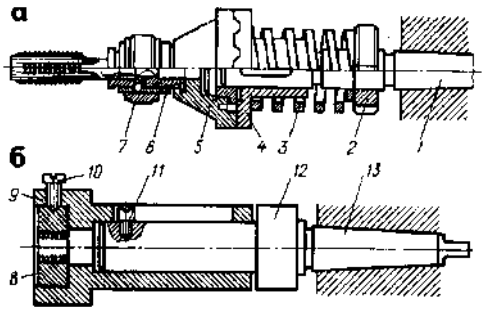


Рисунок 2.77

Для закрепления инструмента на станке и предохранения его от поломок и срыва резьбы в процессе нарезания, особенно в глухих отверстиях и на ступенчатых валиках, применяют предохранительные компенсирующие патроны различных конструкций и размеров. Основная особенность таких патронов – возможность перемещения инструмента на некоторое расстояние вдоль оси хвостовика и компенсирование некоторого рассогласования фактической подачи инструмента с шагом нарезаемой резьбы. На рис.1.78. показаны предохранительные патроны для крепления метчиков (рис. 2.78,а) и плашек (рис. 2.78,б) в пиноли задней бабки токарного станка.



1 - хвостовик; 2 - гайка; 3 - пружина; 4 - муфта правая; 5 - муфта левая; 6 - быстросменная втулка; 7 - кольцо; 8 - плашка; 9 - корпус плашкодержателя; 10 - винты; 11 - шпонка; 12 - сменное кольцо; 13 - хвостовик

Рисунок 2.78 Предохранительные патроны

На этом занятии учащийся должен нарезать наружную и внутреннюю метрическую резьбу на нескольких различных по форме и размерам заготовках, применяя плашки и метчики; выполнить измерение резьбы различными контрольно-измерительными инструментами.

При установке плашки в плашкодержатель необходимо обеспечить плотное прилегание торца плашки к дну плашкодержателя. При отсутствии специальных патронов-плашкодержателей можно использовать стандартный слесарный плашкодержатель с двумя ручками, который вместе с плашкой прижимают пинолью задней бабки к заготовке, и, упирая одну из рукояток плашкодержателя в суппорт станка, нарезают резьбу (рис. 2.79,а).

На заготовках малого диаметра можно нарезать несколько первых ниток резьбы вручную, без применения пиноли задней

бабки, а затем включить станок и, упирая ручку плашкодержателя в суппорт станка, закончить нарезание (рис. 1.79, б).

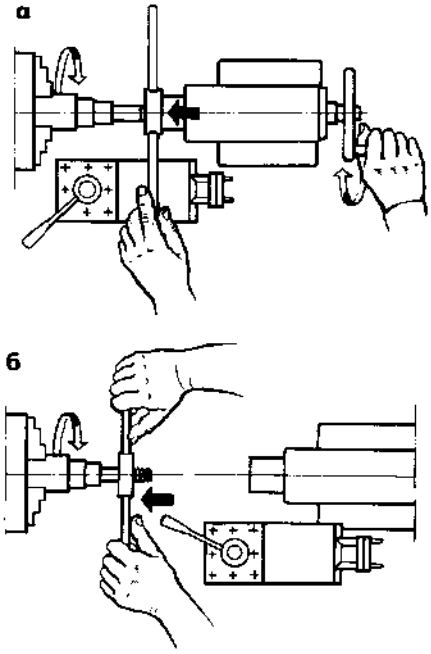


Рисунок 2.79 Нарезание резьбы плашкой
на токарном станке

При нарезании внутренней резьбы метчиками вместо специального компенсирующего патрона можно использовать слесарный вороток с квадратным отверстием для хвостовика метчика и центр, вставляемый в пиноль задней бабки, обеспечивающий поддержку и центрирование метчика. Одна рукоятку воротка должна при работе упираться в суппорт станка.

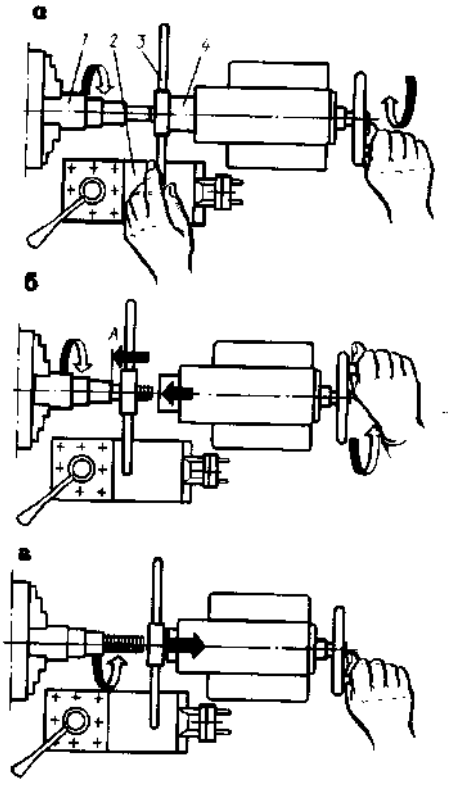
Инструменту в начальный период работы сообщают принудительную подачу на длину 3…5 резьбовых ниток с помощью ручного перемещения пиноли задней бабки. Дальнейшее перемещение инструмента вдоль оси происходит самостоятельно его на резьбовую поверхность (ввинчивание или навинчивания).

Для нарезания плашки наружной резьбы плашками и внутренней резьбы метчиками, так же как и при слесарной обработке, необходимо обработать стержень (наружную поверхность) или отверстие в заготовке под строго определенный диаметр. Если диаметр стержня занижен, а диаметр отверстия завышен, то нарезанная резьба имеет неполный профиль. Если диаметр стержня взят большего, а диаметр отверстия меньшего, чем требуется, размера, произойдет заклинивание, поломка режущего инструмента или срыв резьбы. Правильный выбор

диаметра поверхности под обработку обеспечит получение резьбы полного профиля и с требуемой шероховатостью поверхности. Диаметры стержня и отверстия (диаметры сверла) для нарезания резьбы выбирают по специальным таблицам.

Чтобы облегчить врезание инструмента в металл, на конце заготовки снимают фаску шириной 1…3 мм.

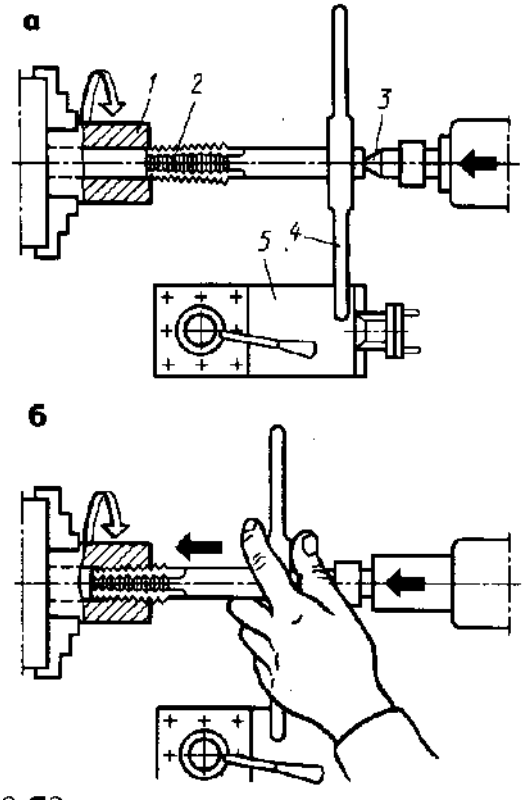
На рис. 2.80. показаны приемы нарезания наружной треугольной резьбы плашкой, закрепленной в слесарный плашкодержатель. При выполнении этой операции необходимо соблюдать следующие условия: как только плашка начнет самоввинчиваться, надо прекратить принудительную подачу плашки пинолью задней бабки (рис. 2.80, а); нарезав резьбу, не доходя до уступа А на 1…1,5 шага нарезаемой резьбы (рис.2.80. б), выключить станок, отвести пиноль в исходное положение, включить станок на обратное вращение и свинтить плашку (рис. 2.80, в).



1 - заготовка; 2 - верхние салазки суппорта; 3 - плашкодержатель с плашкой; 4 - пиноль задней бабки

Рисунок 2.80

Приемы нарезания наружной треугольной резьбы плашкой



1 - заготовка; 2 - метчик; 3 - задний центр; 4 - вороток; 5 - верхние салазки суппорта

Рисунок 2.81

Приемы нарезания внутренней треугольной резьбы метчиком

При нарезании резьбы не в упор выключать шпиндель можно в момент перемещения плашки на всю требуемую длину резьбы. Нарезанную резьбу проверить резьбовым калибром-кольцом или скобой.

На рис. 2.81. показаны приемы нарезания внутренней треугольной резьбы метчиком, поджатым центром задней бабки и с надетым на хвостовик воротком.

При выполнении этой операции необходимо соблюдать следующие требования: вводить заборную часть метчика в отверстие заготовки перемещением пиноли задней бабки (рис. 2.81, а), после начала самозатягивания метчика следить за тем, чтобы вершина заднего центра не выходила из центрового отверстия метчика (рис. 2.81, б).

Если надо нарезать резьбу в глухом отверстии, то станок выключает в тот момент, когда риска, нанесенная мелом на хвостовик метчика, приблизится к торцу заготовки. Удалять метчик из глухого отверстия следует путем обратного вращения шпинделя, предварительно отведя пиноль в исходное положение.

При нарезании резьбы в сквозном отверстии выключение вращения шпинделя производят при перемещении метчика на всю длину резьбы. Метчик удаляют из заготовки путем снятия ее из патрона (с противоположной стороны).

Нарезанную резьбу проверить резьбовым калибром-пробкой.

Скорость главного движения резания выбирают в зависимости от марки обрабатываемого материала, металла, из которого изготовлен инструмент, диаметра и шага резьбы. При нарезании резьбы метчиками в заготовках из стали рекомендуется скорость главного движения резания 3..12 м/мин, а из чугуна, бронзы и алюминия – 4…20 м/мин. При нарезании резьбы плашками рекомендуется следующие скорости главного движения резания: для стали – 3…4 м/мин, для чугуна и бронзы – 2…3 м/мин, для латуни – 9…15 м/мин. Обработку ведут с охлаждением.

Выбор смазочно-охлаждающей жидкости также зависит от обрабатываемого материала; например, при обработке стали применяют эмульсию, растительные, минеральные масла или сульфофрезол, при обработке чугуна применяют растительное масло, керосин или работают без охлаждения и смазки.

Нарезание резьбы резцами

*Оснащение рабочего места**:** то же, что и для темы 1.2., кроме того, плакаты; резьбовые резцы для нарезания метрической резьбы; шаблоны для установки резьбовых резцов; заготовки для нарезания резьбы, предварительно обточенные под нарезание резьбы. Набор резьбовых валиков и деталей с внутренней резьбой и различные резьбовые измерительные инструменты (резьбомеры, калибри-кольца, предельные резьбовые скобы, резьбовые микрометры и др.) для тренировочных приемов по измерению наружной и внутренней метрической резьбы.*

Нарезание резьбы резцами производится на токарно-винторезных станках, имеющих ходовой винт с разъемной гайкой, гитару сменных колес, коробку подач и реверсивный механизм. На станке можно нарезать различные резьбы – наружные и внутренние, правые и левые, однозаходные и многозаходные, крепежные и грузовые; по форме профиля – треугольные. Прямоугольные, трапецеидальные и др. Кроме того, на токарно-винторезных станках нарезают червяки.

Перед нарезанием резьбы заготовку обтачивают (растачивают) до определенного диаметра, который должен быть несколько меньше наружного диаметра резьбы. Это объясняется наличием упругих и пластических деформаций, возникающих в материале заготовки, от чего наружный диаметр отверстия уменьшается. Выбор диаметра заготовки производится по специальным таблицам.

Для нарезания резьбы применяют стержневые, призматические и круглые (дисковые) резцы и резьбовые гребенки. Более широкое применение находят стержневые резцы. У резцов для окончательной обработки передний угол $\gamma = 0$, у резцов для предварительной обработки резьбы, когда искажение профиля работы не имеет большого значения, применяют положительный передний угол $\gamma = 10 \ldots 20^0$. Угол профиля ε режущий части резца равен углу профиля резьбы (для метрической – 60^0, для дюймовой – 55^0). Угол профиля режущей части резца и установку его в резцедержателе измеряют шаблоном или угломером на просвет.

Для нарезания резьбы необходимо увязать вращение заготовки (шпинделя) со скоростью движения подачи резьбового

резца (суппорта). Резьба нужного шага получится в том случае, когда за один оборот заготовки резец переместится в продольном направлении на один шаг (нитку) нарезаемой резьбы.

Современные токарно-винторезные станки с коробкой подач имеют очень простую настройку на заданный шаг резьбы. Настройка сводится либо к нахождению по таблице, прикрепленной в зависимости от модели станка к верхней или боковой стенке коробки подач, или на барабане настройки станка на требуемую резьбу нужного положения рукояток барабана коробки подач, либо чисел зубьев сменных зубчатых колес и установке их в нужное положение. Станки обычно имеют два комплекта сменных колес. Так, например, у станка модели 1К62 для нарезания крепежных метрических и дюймовых резьб служат сменные зубчатые колеса 42-50, для нарезания модульных и питчевых червяков – сменные зубчатые колеса 64:97 (см. рис. 1.7.).

В тех токарно-винторезных станках, в которых нет коробки подач, настройку производят только по расчету. К таким станкам прилагают комплекты сменных зубчатых колес из 17, 19, 38 и другого количества колес.

Резьбу нарезают за несколько предварительных и окончательных ходов, количество которых зависит от шага резьбы. Применяют несколько способов (схем) подачи резьбового резца на глубину резания при каждом проходе. При нарезании резьбы с шагом $P > 2$ мм резец подается в поперечном направлении перпендикулярно оси нарезаемой заготовки – радиальная подача (рис. 2.82,а). При нарезании резьбы с шагом $P > 2…2{,}5$ мм для облегчения деформации и свободного выхода стружки из зоны резания применяют комбинированную подачу резца – одновременно поперечную и продольную (рис. 2.82, б). Вторая схема резания может быть также осуществлена с помощью подачи верхних салазок суппорта, повернутых к оси центров станка под углом 60^0 (рис. 2.82, в). Для получения более точной резьбы окончательные проходы желательно выполнять только с радиальной подачей – по первой схеме

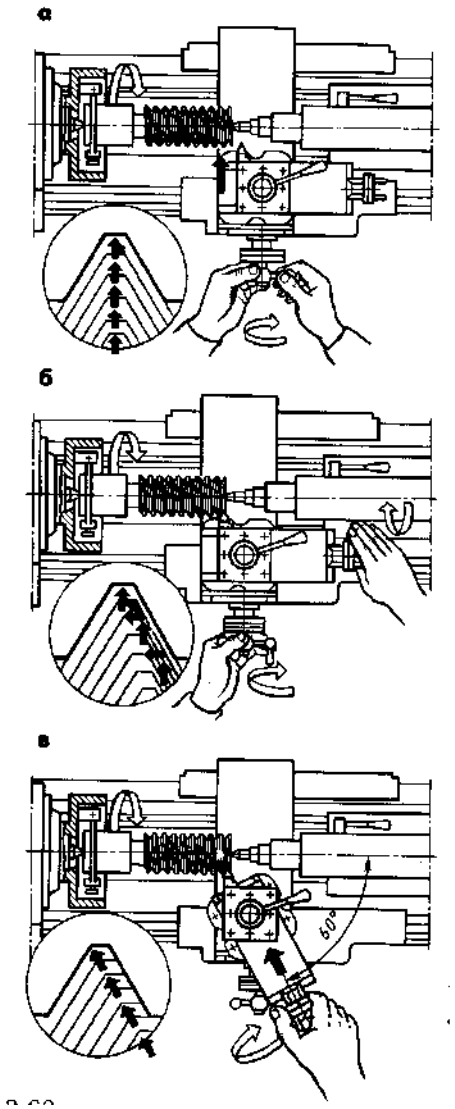


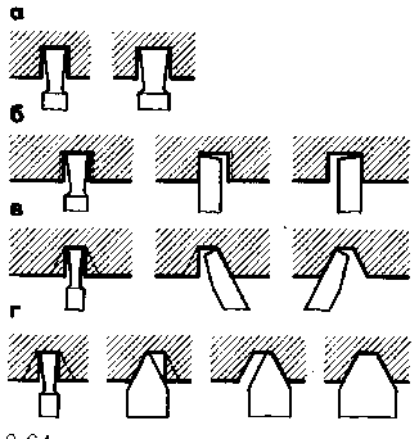
Рисунок 2.82 Схемы поперечных подач при нарезании резьбы резцом

Возврат резьбового резца в исходное положение для выполнения очередного прохода осуществляют двумя способами, выбор которых зависти от шага нарезаемой резьбы и шага ходового винта станка.

При нарезании на токарно-винторезном станке различают кратную (четную) и некратную (нечетную) резьбы. Кратной называют резьбу, у которой отношение шага P_x резьбы ходового винта делится без остатка на шаг $P_н$ нарезаемой резьбы или число ниток $n_н$ на 1” нарезаемой дюймовой резьбы делится без остатка на число ниток n_x ходового винта. Некратной называют такую резьбу, у которой в результате указанного деления получаются дробные, а не целые числа.

При нарезании кратной резьбы возврат резца (суппорта) в первоначальное положение осуществляется путем выключения разъемной гайки ходового винта и быстрого перемещения суппорта вручную При нарезании некратной резьбы, после ввода резца от заготовки в поперечном направлении, переключают вращение шпинделя на обратный (ускоренный) ход, не размыкая разъемной гайки, и перемещают суппорт с резцом в исходное положение для выполнения очередного прохода.

Прямоугольную и трапецеидальную резьбу и червяки в зависимости от размеров нарезают одним или несколькими резцами (рис. 2.83, а…г).



а - прямоугольной резьбы двумя резцами; б - прямоугольной резьбы тремя резцами; в, г - трапецеидальной резьбы тремя или четырьмя резцами

Рисунок 2.83 Схемы нарезания

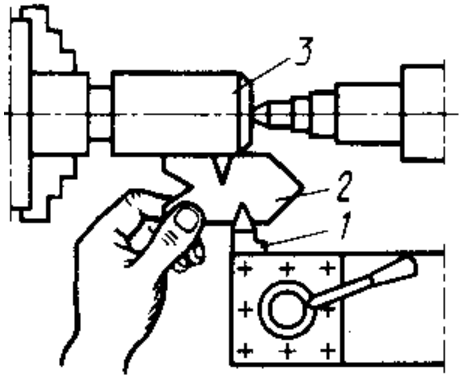


Рисунок 2.84 Установка резьбового резца на станке

При нарезании резьбы применяют различные смазочно-охлаждающие жидкости, которые поглощают теплоту, уменьшают трение трущихся поверхностей резца и заготовки, удаляют мелкие частицы стружки. При обработке стальных деталей используют эмульсию, масло, сульфофрезол; бронзовых и латунных – без охлаждения или сурепное масло; чугунных – без охлаждения или керосин.

Упражнение по нарезанию наружной треугольной (метрической) резьбы со свободным входом заключается в выполнении следующих приемов:

1. Установить заготовку требуемого диаметра в центрах станка.

2. Предварительно установить и закрепить резьбовой резец 1 (рис. 2.84) в резцедержателе, затем взять резьбовой шаблон 2 в левую руку и приставить его к поверхности заготовки 3. Перемещая салазки суппорта, ввести головку резца в треугольный вырез резьбового шаблона. В случае неплотного прилегания боковых сторон головки к стенкам профиля шаблона надо изменить установку резца в резцедержателе и окончательно закрепить резец.

3. Настроить токарно-винторезный станок на заданный шаг нарезаемой резьбы, например Р=1 мм, для чего диск 5 барабана Б (см.рис. 2.7) за две рукоятки вытянуть на себя, затем повернуть его до ряда подач на таблице с шагом резьбы 1 мм, совместить риску диска с риской барабана Б и диск подать вперед в прежнее положение. Таблица резьб и подач укреплена на боковой поверхности барабана Б.

Затем повернуть барабан 6 до совмещения графы таблицы «Резьбы метрические» и проверить наличие установки сменных зубчатых колес 42:50. По таблице резьбы и подач по стрелке А от шага резьбы 1 мм, обозначенным жирным четырехугольником, устанавливаем, что рукоятку 3 следует поставить в положение Б – «Нормальный шаг»; по стрелке Б от 1 мм рукоятку 2 поставить влево на ряд чисел оборотов 12,5…2000; рукоятку 4 поставить в положение Д – «Нормальный шаг – правый».

4. Для проверки правильности настройки станка на нарезание заданной резьбы необходимо суппорт отвести в сторону задней бабки, настроить станок на минимальную частоту вращения шпинделя, пустить станок и по длине следа перемещения суппорта за определенное число оборотов шпинделя определить правильность настройки. Проверку настройки станка можно сделать резьбомером после пробного прохода на дефектной заготовке.

5. Настроить станок на требуемую частоту вращения шпинделя, для чего по таблицам нормативов или указанию мастера подобрать скорость главного движения резания для предварительного (а затем окончательного) нарезания резьбы и количества проходов. По скорости главного движения резания и диаметру заготовки определить частоту вращения шпинделя.

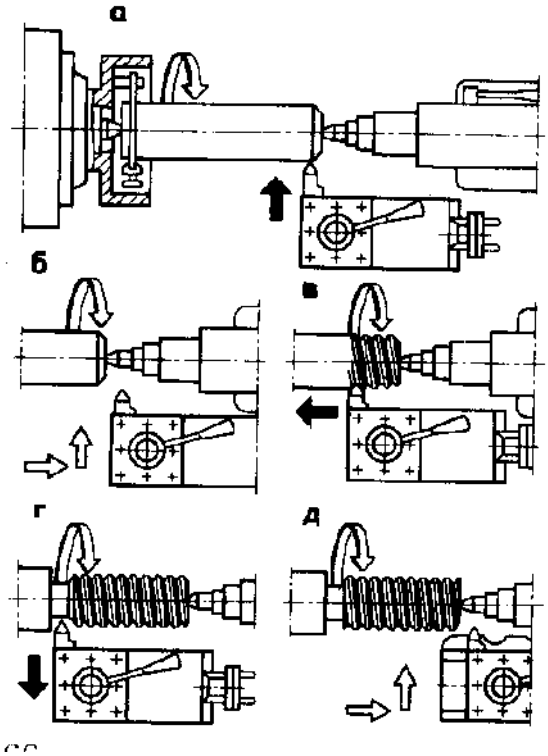


Рисунок 2.85 Приемы нарезания
наружной треугольной резьбы

6. Установить резец на требуемую глубину резания для первого прохода, для чего пустить станок и, вращая рукоятку винта поперечной подачи, подвести резец до касания с поверхностью заготовки (рис. 2.85,а).Затем отвести резец вправо на 10…15 мм за пределы торца заготовки, подать резец в поперечном направлении на заданную длину в зависимости от шага нарезаемой резьбы для первого прохода (0,3…0,5 мм), после чего лимб установить на нуль (рис. 2.85,б).

7. Приступить к нарезанию резьбы, для чего сделать первый проход, включив станок и разъемную гайку ходового винта (рис. 2.85,в). Как только резец пройдет весь участок заготовки, предусмотренный для нарезания резьбы, и начнет входить в канавку заготовки для выхода резьбы, остановить станок, вывести резец из канавки на себя (рис. 2.85,г), возвратить его в исходное рабочее положение для второго и последующих проходов (рис. 2.85. д). При втором и последующих проходах поперечную подачу уменьшать на 0,3…0,1 мм.

Отводить резец на себя в конце каждого прохода и перемещать его в исходное рабочее положение надо рукояткой

винта движения поперечной подачи, устанавливая каждый раз лимб на нулевое деление.

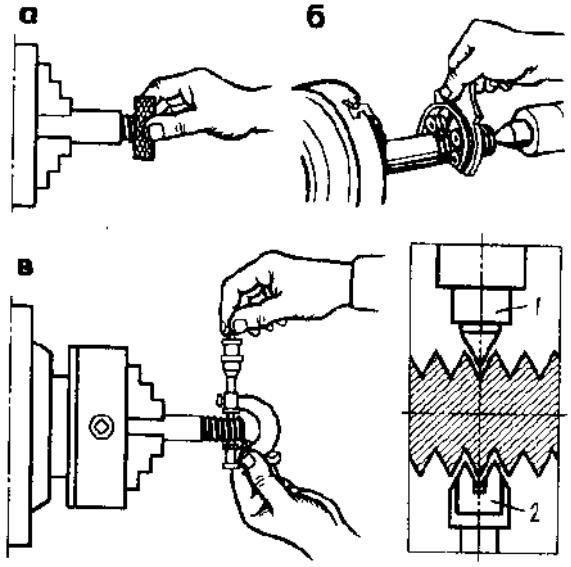
Для чистового нарезания наружной треугольной резьбы необходимо выполнить следующие приемы:

1. Установить в центрах (или в патроне) заготовку с предварительно нарезанной резьбой.

2. Установить и закрепить чистовой резьбовой резец.

3. Подобрать по таблицам требуемую скорость главного движения резания и настроить станок на найденную частоту вращения шпинделя.

4. Ввести резьбовой резец во впадину предварительно нарезанной резьбы и, вращая соответствующие рукоятки продольной и поперечной подач верхних и нижних салазок суппорта, добиться плавного и равномерного прилегания режущих кромок резца к боковым сторонам профиля резьбы, после чего, включив станок и разъемную гайку, переместить суппорт на несколько витков в продольном направлении.



1 - призматическая вставка пятки; 2 - конусная вставка микрометрического винта

Рисунок 2.86 Способы контроля наружной резьбы

5. Сделать первый проход для окончательного нарезания резьбы.

6. Окончательно нарезать резьбу, сделав второй, третий и т.д. проходы резца, подавая резец на требуемую глубину резания только движением прямой поперечной подачи на 0,1...0,2 мм.

7. Проверить нарезанную резьбу калибром-кольцом (рис. 2.86,а), резьбовой скобой (рис. 2.86,б) или резьбовым микрометром (рис. 2.86, в). О способах применения контрольно-измерительного инструмента для проверки резьб см. в разделе 1.

При нарезании внутренних резьб применяют те же приемы установки и выверки резьбовых резцов, выполнения предварительных и окончательных проходов.

1. Установить заготовку в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

2. Предварительно обработать торец и отверстие заготовки для нарезания внутренней треугольной резьбы (рис. 1.87, а), применив для этого расточной упорный резец с главным углом в плане $\varphi = 95^0$.

3. Настроить станок на шаг нарезаемой резьбы и на требуемую частоту вращения шпинделя.

4. Установить и закрепить резьбовой резец в резцедержателе по шаблону (рис. 2.87. б), нанести на резце мелом риску А на расстоянии от вершины головки, равном длине резьбы.

5. Установить резец на врезание для первого прохода, для чего пустить станок и подвести резец до касания вершины его головки с поверхностью отверстия заготовки (рис. 2.87, в). Остановить станок и отвести резец вправо от торца заготовки на 10…15 мм, движением поперечной подачи подать резец на требуемую глубину резания (0,1…0,5 мм), затем лимб установить на нулевое деление (рис. 2.87,г).

6. Сделать первый проход для чего пустить станок и включить разъемную гайку. Как только риска А на резце начнет приближаться к торцу, остановить станок, вращением винта поперечной подачи отвести резец от нарезаемой поверхности и включить станок на обратное вращение шпинделя (рис. 2.87, д), остановить станок при выходе резца из отверстия на 10…15 мм от торца и обратной поперечной подачей переместить резец в исходное рабочее положение, поставив лимб на прежнее нулевое деление.

7. Подать резец на врезание по лимбу на 0,1…0,3 мм, сделать второй и последующие проходы до получения требуемых размеров (рис. 2.87, е).

8. Проверить нарезанную резьбу соответствующими калибром-пробкой.

При чистовом нарезании резьбы применяют чистовой резец с передним углом $\gamma = 0\ ^0$, который устанавливается так же, как и черновой резец. Врезание за каждый проход 0,02 ..0,1 мм.

При нарезании обязательно применять смазочно-охлаждающую жидкость.

Контрольные вопросы:

1. *Назовите основные элементы резьбы.*
2. *Чем отличаются однозаходные резьбы от многозаходных?*
3. *Назовите способы и инструмент для нарезания наружной и внутренней резьбы?*
4. *Как измеряют резьбы?*

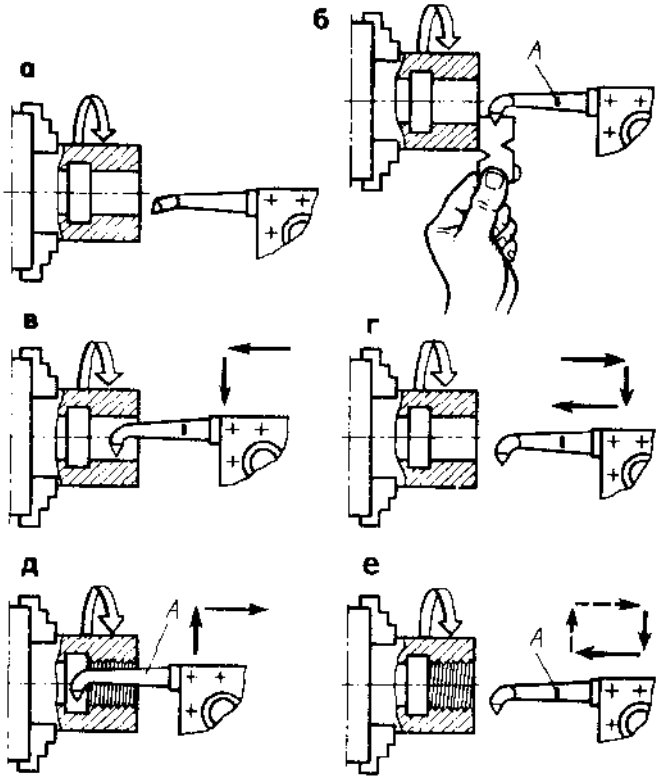


Рисунок 2.87
Приемы нарезания внутренней треугольной резьбы

Тема 2.6 Обработка наружных и внутренних конических поверхностей

Оснащение рабочего места: то же, что и для темы 1.2., кроме того, резцы расточные с различной длиной стержня: резцы специальные широкие; сверла, развертки конические; набор измерительных инструментов для контроля наружных и внутренних конических поверхностей (штангенциркуль, конические калибры, втулки, пробки, универсальные угломеры, шаблоны, измерительная линейка); плакаты, чертежи обрабатываемых деталей с наружными и внутренними коническими поверхностями; технологические карты с указанием режима резания; стальные и чугунные заготовки с предварительно обработанными для данного занятия поверхностями; мел кусковой; тампон с краской для калибров; щетка-сметка; защитные очки.

Обработку конических поверхностей на токарных станках выполняют различными способами: поворотом верхней части суппорта; смещением корпуса задней бабки; поворотом конусной (копировальной) линейки; широким резцом. Применение того или иного способа зависит от длины конической поверхности и угла уклона конуса.

Обработка наружного конуса способом поворота верхних салазок суппорта целесообразна в тех случаях, когда необходимо получить большой угол уклона конуса при сравнительно небольшой его длине. Наибольшая длина образующей конуса должна быть несколько меньше хода каретки верхнего суппорта.

Обработка наружного конуса способом смещением корпуса задней бабки удобна для получения длинных пологих конусов с малым углом уклона ($3…5^0$).Для этого корпус задней бабки сдвигают в поперечном направлении от линии центров станка по направляющим основания бабки. Обрабатываемая заготовка закрепляется между центрами станка в поводковом патроне с хомутиком.

Обработку конусов с помощью конусной (копировальной) линейки, закрепленной с задней стороны станины токарного станка на плите, применяют для получения пологого конуса значительной длины. Заготовку крепят в центрах или в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне. Резец, закрепленный в

резцедержателе суппорта станка, получает одновременное перемещение в продольном и поперечном направлениях, в результате чего обрабатывает коническую поверхность заготовки.

Обработку наружного конуса широким резцом применяют при необходимости получения короткого конуса (l < 25 мм) с большим углом уклона. Широкий проходной резец, режущая кромка которого длинней образующей конуса, устанавливают в резцедержатель так, чтобы главная режущая кромка резца составляла с осью заготовки угол α, равный углу уклона конуса. Обработку можно вести как с продольной, так и с поперечной подачей.

На чертежах деталей часто не указывают размеры, необходимые для обработки конуса, и их необходимо подсчитывать. Для подсчета неизвестных элементов конусов и их размеров (в мм) (рис. 1.88) можно пользоваться следующими формулами:

а) конусность $K=(D-d) / 2l$ *или* $tg\ \alpha = K/2;$

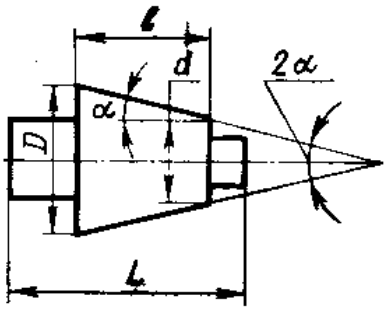
б) угол уклона конуса $tg\ \alpha = (D-d) / (2l) = K/2;$

в) уклон $i = K/2= (D-d) / (2l) = tg\ \alpha;$

г) большой диаметр конуса $D = Kl+d = 2ltg\ \alpha;$

д) меньший диаметр конуса $d=D-Kl = D-2ltg\ \alpha;$

е) длина конуса $l = (D-d)\ K= (D-d) / (2\ tg\ \alpha).$



D - большой диаметр конуса; d - малый диаметр конуса; L - длина детали; l - длина конуса; α - угол уклона конуса; 2α - угол при вершине конуса

Рисунок 2.88 Элементы конуса

Обработку внутренних конических поверхностей на токарных станках выполняют также различными способами: широким резцом; поворотом верхней части (салазок) суппорта; поворотом конусной (копировальной) линейки. Внутренние конические поверхности длиной до 15 мм обрабатывают широким

резцом, главная режущая кромка которого установлена под требуемым углом к оси конуса, осуществляя продольную или поперечную подачу. Этот способ применяют в том случае, когда угол уклона конуса большой, а к точности угла уклона конуса и шероховатости поверхности не предъявляют высоких требований. Внутренние конусы длиной > 15 мм, при любом угле наклона обрабатываются поворотом верхних салазок суппорта с применением ручной подачи. Наибольшая длина образующей конуса должна быть несколько меньше хода каретки верхнего суппорта. Обтачивание внутренних конических поверхностей с помощью конусной линейки применяют при обработке заготовок любой длины с малым углом уклона конуса (примерно до 12^0).

Независимо от способа обработки конуса резец обязательно устанавливают точно по высоте центров станка.

Упражнение по обтачиванию наружных конических поверхностей смещением корпуса задней бабки заключается в выполнении следующих приемов:

1. Определить смещение корпуса задней бабки (мм):

$H = L\,(D-d) / (2l)$

где D и d – диаметры конуса; L – общая длина заготовки; l – длина конуса.

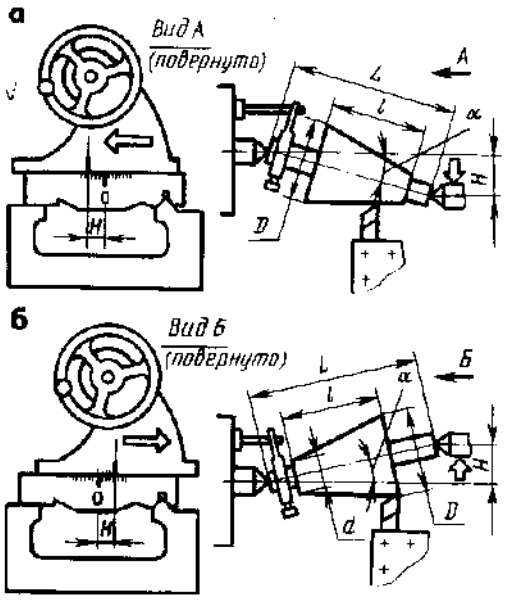


Рисунок 2.89 Обработка конических поверхностей смещением корпуса задней бабки

2. Сместить корпус задней бабки по направляющим ее основания. При смещении корпус задней бабки на себя (рис. 2.89, а) конус своим большим диаметром обращен к передней бабке; при смещении от себя (рис. 2.89, б) большой диаметр конуса обращен к задней бабке. Отсчет смещения Н задней бабки производят по делениям, нанесенным на торцовой поверхности корпуса задней бабки от риски 0 (плоскость оси центров).

Правильность смещения задней бабки корректируют пробным обтачиванием и проверкой полученного угла конуса.

3. Установить и закрепить заготовку и проходной резец. Заготовку устанавливают в центрах. Задний центр из-за смещения оси вращения заготовки целесообразно применять с шаровой вершиной (сферической) или вращающейся. Вершину головки проходного резца установить обязательно на уровне линии центров станка.

4. Обточить коническую поверхность детали предварительно, предусмотрев припуск для окончательного прохода. Обработку выполнить с прямой продольной механической подачей резца.

5. Проверить конусность обработанной поверхности заготовки и установить правильность настройки станка.

6. Обточить коническую поверхность окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания.

7. Проверить обработанную коническую поверхность по размерам с помощью штангенциркуля и конического калибра-втулки.

Упражнение по обтачиванию наружных конических поверхностей широким резцом.

Схема обработки конической поверхности широким резцом показана на рис. 2.90, а. Главную режущую кромку резца затачивают и устанавливают под углом α, равным половине угла конуса с помощью шаблона. Коническая поверхность может быть образована движением как поперечной, так и продольной подач. Чтобы предотвратить смещение суппорта вдоль станины от действия сил резания на суппорт, его необходимо закрепить зажимным болтом. Если зажимного (стопорного) болта на суппорте нет, то надо выключить механизм подачи и включить либо механическую продольную подачу (ходовой вал), либо разъемную гайку (ходовой винт). Длина режущей кромки резца должна быть

несколько больше длины образующей конуса. Указанным способом можно обрабатывать заготовки, длина конической поверхности которых не превышает 20…25 мм.

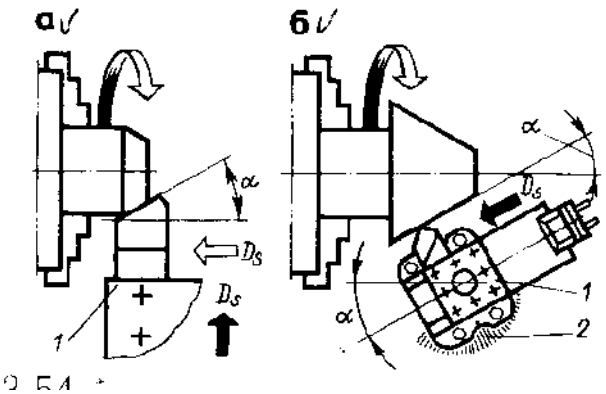


Рисунок 2.90 Схемы обработки конусов широким резцом (а) и поворотом верхних салазок суппорта (б)

Упражнение по обтачиванию наружных конических поверхностей поворотом верхних салазок 1 суппорта (рис. 2.90, б) заключается в выполнении следующих приемов:

1. Установить и закрепить в трехкулачковом патроне заготовку с предварительно обработанной цилиндрической поверхностью и проходной резец в резцедержателе. Вершину головки резца установить обязательно на уровне линии центров станка.

2. Если на чертеже размер угла уклона конуса α не указан, то угол поворота верхней части суппорта определяют по данным чертежа обрабатываемой детали. Тангенс угла уклона конуса

$tg\alpha = (D-d) / (2l)$ *или* $tg\alpha = K / 2$

Угол уклона конуса находят по таблице тангенсов углов.

3. Повернуть верхнюю поворотную часть суппорта на требуемый угол уклона конуса так, чтобы риска нижнего фланца совпадала с делением градуированной шкалы 2 поворотного фланца, равного углу уклона конуса α. Если конус детали вершиной обращен в сторону задней бабки, то верхнюю поворотную часть суппорта повернуть от себя; если вершина конуса обращена в сторону передней бабки, то верхнюю часть суппорта повернуть на себя.

4. Обточить коническую поверхность детали предварительно, предусмотрев припуск для окончательного прохода. Подача резца осуществляется вручную, путем вращения винта верхних салазок суппорта плавно, обеими руками по часовой стрелке.

5. Проверить конусность предварительно обработанной поверхности заготовки и установить правильность настройки станка.

Конусность проверить следующими способами: измерением диаметров оснований конуса штангенциркулем; калибром – втулкой, по меловым или карандашным линиям (при повороте калибра-втулки линии должны стираться равномерно по всей длине); универсальным угломером, по плотности прилегания измерительных поверхностей угломера к образующей конической поверхности детали.

6. Обточить коническую поверхность окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания и установить чистовой проходной резец.

7. Проверить размеры обработанной конической поверхности штангенциркулем, для чего измерить диаметры оснований конуса. Полученная разность диаметров должна равняться разности диаметров оснований конуса, указанных на чертеже при одинаковом расстоянии между диаметрами.

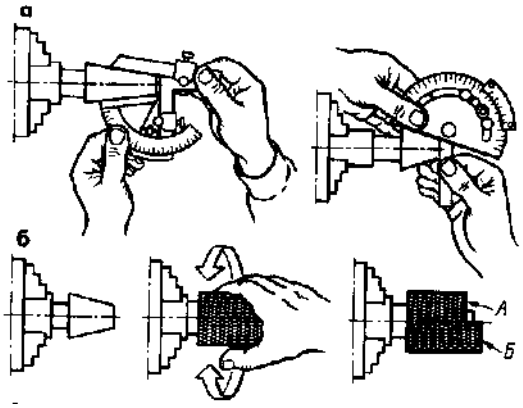


Рисунок 2.91 Способы контроля конической поверхности

Правильность конической поверхности проверяют универсальным угломером по плотности прилегания измерительных поверхностей (рис. 2.91,а); калибром-втулкой по меловым линиям, «на краску» и предельными калибрами-втулками с двумя рисками или с уступом между торцами А и Б (рис. 2.91, б). Контроль конусов калибрами-втулками является комплексным методом, позволяющим одновременно проверить угол конуса, диаметры и длину. Годность изделия определяют осевым перемещением калибра до сопряжения с проверяемой поверхностью и проворачиванием его вокруг оси. При проверке «на окраску» равномерность слоя красящего вещества на конусной поверхности обрабатываемой заготовки характеризует точность угла конуса. Положение торца заготовки относительно размера между контрольными рисками или торцами А и Б уступа характеризует размер диаметров и длины. При правильном выдерживании размеров конической поверхности торец заготовки не должен выходить за пределы торцов А и Б уступа калибра втулки. Если торец заготовки не доходит до торца А, то заготовку следует дополнительно обточить, а если торец заготовки выходит за торец Б, то ее размеры занижены, что является неисправимым браком.

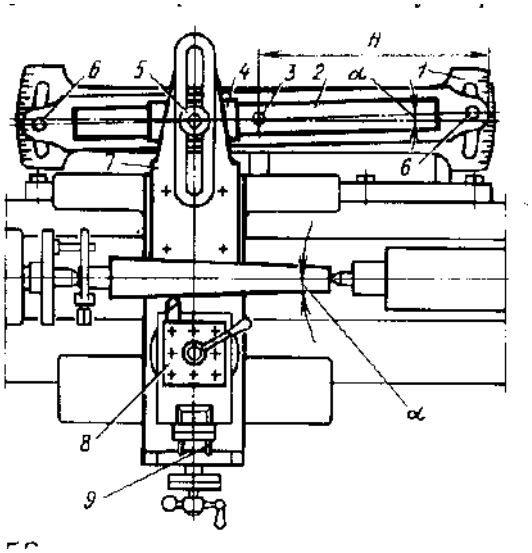


Рисунок 2.92 Обработка конической поверхности с применением конусной линейки

Упражнение по обтачиванию наружных конических поверхностей с применением конусной линейки (рис. 2.92) заключается в выполнении следующих приемов:

1. Определить угол уклона конуса

$tg\alpha = (D-d) / (2l)$

Если шкала поворота на торце конусной линейки задана не в градусах, а в миллиметрах, то число делений на которое надо повернуть линейку,

$$C = \frac{H}{l}(\frac{D-d}{2}) = Htg\alpha$$

где Н – расстояние от оси вращения линейки до торца, на котором нанесена шкала, мм.

2. Наладить станок на обтачивание наружной конической поверхности, для чего необходимо ослабить гайки 6 (рис. 2.92), повернуть линейку 2 около ее оси 3 на угол α (пользуясь) градуированной шкалой на плите 1), повернуть верхнюю поворотную часть (салазки) суппорта 8 на угол 90^0 к оси заготовки, закрепить гайкой 5 поперечные салазки 7 суппорта с ползуном 4. При отсутствии специального паза для гайки надо временно удалить из поперечных салазок 7 суппорта.

3. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне или в центрах.

4. Обточить предварительно коническую поверхность детали. Резец подавать на требуемую глубину резания, вращая рукоятку с лимбом 9 винта верхней поворотной части суппорта.

Продольное механическое перемещение резец получает от ходового вала станка, а поперечное – от конусной линейки.

5. Проверить конусность обработанной поверхности заготовки.

6. Обточить коническую поверхность окончательно.

7. проверить размеры обработанной конической поверхности с помощью конического калибра-втулки, универсального угломера или штангенциркуля.

Упражнение по растачиванию конических поверхностей с помощью поворота верхних салазок суппорта заключается в выполнении следующих приемов:

1. Просверлить отверстие под растачивание (рис. 2.93, а), для чего взять сверло диаметром на 2…3 мм меньше малого диаметра d обрабатываемого конического отверстия и закрепить его в пиноли задней бабки. Если заготовка уже имеет отверстие, полученное при предварительной обработке, то в зависимости от припуска вместо сверления производят рассверливание, зенкерование или непосредственно растачивание отверстия.

2. Расточить коническое отверстие предварительно, для чего повернуть верхние салазки суппорта на себя на требуемый угол уклона конуса α, переместить верхние салазки в крайнее левое положение, настроить, установить и закрепить расточной проходной резец (рис. 2.93, б), подвести резец к заготовке и проточить отверстие на длине 2…3 мм, проверить полученный размер и расточить отверстие начерно. Салазки подавать равномерно, вращая рукоятку их винта обеими руками по ходу часовой стрелки.

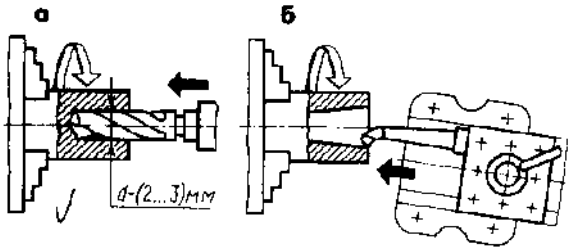


Рисунок 2.93 Обработка внутренней конической поверхности поворотом верхних салазок суппорта

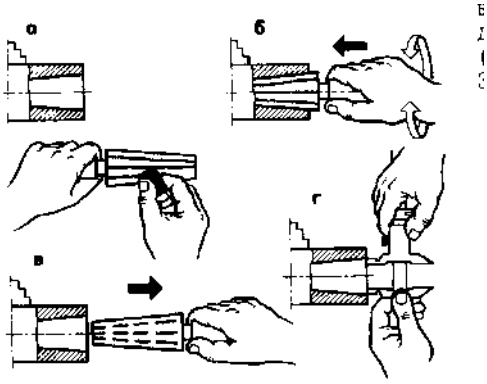


Рисунок 2.94 Способы контроля внутренней конической поверхности

3. Проверить конусность обработанной поверхности отверстия заготовки с помощью конического калибра-пробки по меловым линиям или «по краске», для чего на калибр-пробку нанести несколько продольных меловых линий (рис. 2.94, а) и калибр ввести в отверстие заготовки, а затем два-три раза провернуть в ней (рис. 2.94,б). Если меловые линии стерлись равномерно, то конусность конического отверстия выдержана правильно. Если меловые линии стерлись посредине поверхности калибра, то это значит, что резец установлен выше или ниже линии центров станка

и его необходимо установить правильно и продолжить растачивание отверстия.

Если линия стерлась со стороны большего диаметра конуса калибра-пробки (рис. 2.94, в), то поворотную часть суппорта надо несколько повернуть по ходу часовой стрелки (увеличить угол уклона конуса α) и снова снять пробную стружку, и так поступать до получения требуемой конусности отверстия.

4. Расточить коническое отверстие окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания, установить расточной чистовой проходной резец. Растачивая отверстие ручной подачей, необходимо добиться равномерного вращения рукоятки винта верхних салазок обеими руками, что обеспечивает получение гладкой и чистой поверхности.

5. Проверить конусность и размеры окончательно расточенного конического отверстия и сравнить их с размерами, указанными на чертеже детали. Правильность их можно проверить с помощью штангенциркуля и конического калибра-пробки. При измерении диаметра большего основания конуса толщину измерительных губок штангенциркуля прибавлять к прочитанному размеру (рис. 2.94, г).

При проверке конического отверстия калибром-пробкой (комплексным методом) годность изделия определяют осевым перемещением калибра до сопряжения с проверяемой поверхностью отверстия и поворачиванием его вокруг оси. Точность угла конуса и прямолинейность образующей характеризуются видом и степенью стирания меловых линий или слоя краски с поверхности калибра, а размер диаметров и длины характеризуется положением торца обрабатываемой заготовки относительно размера или торцами уступа на коническом калибре-пробке.

Если не выдерживается хотя бы один из контролируемых параметров, то для его исправления необходимо применить соответствующий прием исправления брака, рекомендованный при выполнении предыдущего упражнения (предварительное растачивание).

На рис. 2.95 приведены возможные дефекты при обработке конических отверстий. Если конусность выдержана, а диаметр отверстия меньше требуемого (обе риски на калибре видны, рис. 2.95, а), дефект может быть исправлен путем дополнительного

растачивания; если конусность выдержана, а диаметр отверстия больше требуемого (обе риски на калибре ушли за пределы заготовки, рис. 2.95. б), дефект неисправим; если диаметр большего (или меньшего) основания конического отверстия выдержан, а конусность не выдержана в результате неправильной установки верхней поворотной части суппорта, дефект неисправим (рис. 2.95, в).

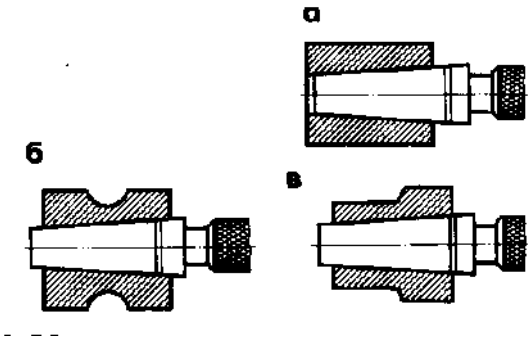


Рисунок 2.95 Возможные дефекты при обработке конических отверстий

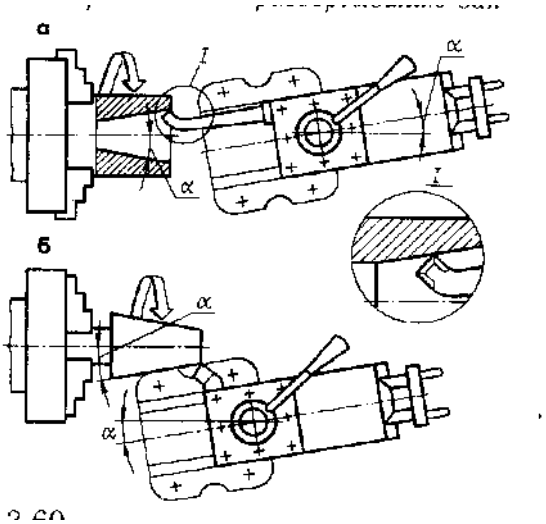


Рисунок 2.96 Обтачивание внутренней (а) и наружной (б) сопрягаемых поверхностей без переналадки верхних салазок суппорта

Упражнение по растачиванию конических отверстий с применением конусной линейки заключается в выполнении приемов, приведенных в предыдущем занятии при обтачивании с применением конусной линейки. Различие в наладке станка для обработки наружных и внутренних конусов состоит в изменении направления поворота конусной линейки. Для обработки наружных конусов правую часть линейки 2 (см. рис. 2.92) нужно повернуть в направлении от резца (центра), а при обработке отверстий – повернуть на угол α в направлении к резцу (центру). Затем установить и закрепить заготовку, расточной проходной резец, расточить отверстие предварительно. Конусность и размеры проверяют, как и при обработке конусных отверстий, с помощью верхней поворотной части суппорта.

Расточить коническое отверстие окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания и установить расточной проходной резец. Проверить конусность и размеры конического отверстия калибром-пробкой.

Для точной обработки двух конических поверхностей (наружной и внутренней) рекомендуется использовать настройку станка, применяющуюся для обработки наружной конической поверхности. В этом случае растачивания конического отверстия выполняют тем же (прямым) вращением шпинделя, но резцом, обращенным к противоположной стороне поверхности отверстия и установленным режущей кромкой (передней поверхностью) головки резца вниз (рис. 2.96).

Развертывание конических отверстий. Внутренние конусные поверхности малых размеров в сплошном металле после сверления обрабатывают комплектом из трех конических разверток. Черновая развертка (рис. 2.97, а) при обработке образуют ступенчатое отверстие: получистовая развертка (рис. 2.97, б) со стружкоделительными канавками срезает уступы, образованные черновой разверткой; чистовая (рис. 2.97. в) защищает неровности, оставшиеся после обработки второй разверткой, и калибрует конус. Развертывание выполняют с применением соответствующей для данного металла смазачно-охлаждающей жидкости.

Упражнение по развертыванию заключается в выполнении следующих приемов:

1. Просверлить отверстие под развертываемое отверстие, для чего взять сверло диаметром на 0,5…1 мм меньше малого диаметра конического отверстия (рис. 2.98, а).

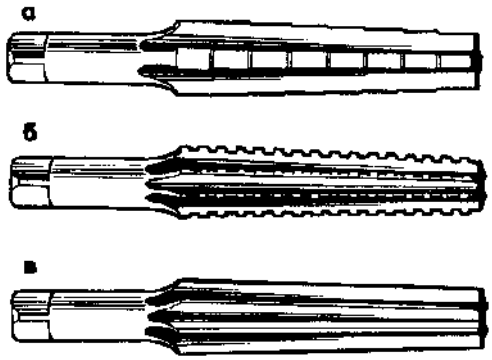


Рисунок 2.97 Комплект конических
разверток

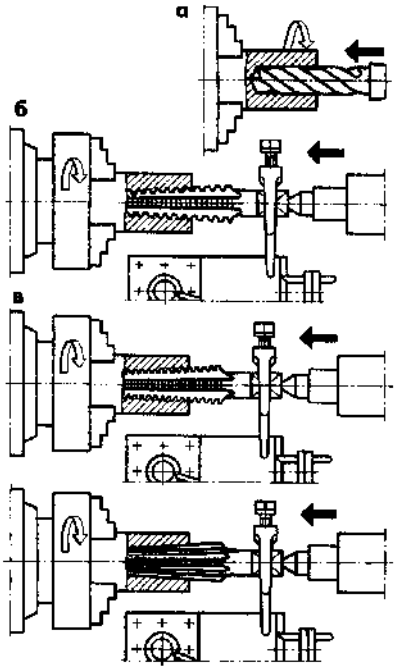


Рисунок 2.98
Развертывание конических отверстий

2. Подобрать режим резания для развертывания и настроить станок; для определения частоты вращения шпинделя надо брать больший диаметр конического отверстия.

3. На квадраты хвостовиков разверток надеть хомутики или воротки. Отрегулировать положение заднего центра, вставить черновую развертку вместе с хомутиком в отверстие заготовки, а центровым отверстием установить ее на задний центр. Хвостовик хомутика (или рукоятки воротка) должен упираться в поверхность верхних салазок. Поддерживая развертку левой рукой за хвостовик, прижать ее к центру задней бабки (рис. 2.98, б).

4. Включить станок. Правой рукой, вращая маховичок задней бабки, перемещать развертку вдоль оси отверстия на длину, соответствующую требуемому диаметру большего основания конического отверстия (с учетом припуска на последующее развертывание). Затем остановить станок и, поддерживая левой рукой хвостовик развертки за хомутик, вывести ее из отверстия.

Выполнить эти же приемы последовательно получистовой (рис. 2.98, в) и чистовой (рис. 2.98,г) развертками, оставляя для получистового развертывания припуск 0,5…1 мм, а для чистового – 0,1…0,2 мм.

5. После каждого перехода проверять размеры отверстия соответствующим коническим калибром-пробкой.

При развертывании отверстия необходимо выполнять следующие правила техники безопасности: не вводить и не выводить развертку на ходу станка; не удерживать руками хвостовик хомутика или рукоятку воротка, они должны быть прижаты к поверхности верхних салазок; не удалять из отверстия стружку, масло и грязь руками; не измерять размеры развертываемого отверстия на ходу станка.

На этом занятии учащийся должен обработать несколько заготовок с различными значениями углов уклона конуса α, применяя требуемый способ обработки конических поверхностей, и выполнить контроль обработанной детали.

Контрольные вопросы:

1. *Что называется конусностью и как она обозначается?*
2. *Какие существуют методы обработки наружных и внутренних конических поверхностей?*
3. *Как производится контроль конических поверхностей?*

Тема 2.7 Технология обработки фасонных поверхностей

0бщие сведения. Поверхности деталей (как наружные, так и внутренние) относят к фасонным, если они образованы криволинейной образующей, комбинацией прямолинейных образующих, расположенных под различными углами к оси детали, или комбинацией криволинейных и прямолинейных образующих. На токарных станках фасонные поверхности получают:

• ручным или автоматическим поперечным и продольным движением подачи резца относительно заготовки с подгонкой профиля обрабатываемой поверхности по шаблону;

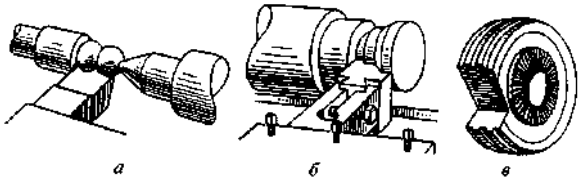
• фасонными резцами, профиль которых соответствует профилю обработанной детали;

• с помощью приспособлений и копирных устройств, позволяющих обработать поверхность заданного профиля;

• комбинированием перечисленных выше методов.

Фасонные поверхности на длинных деталях, заданный профиль которых получается с помощью шаблона, копира и приспособлений, обрабатывают проходными резцами из быстрорежущей стали или твердого сплава.

При обработке галтелей и канавок радиусом $R < 20$ мм на стальных и чугунных деталях применяют резцы, режущая часть которых выполнена по профилю обрабатываемой галтели или канавки.



а - цельный; б - с механическим креплением режущей части; в - дисковый

Рисунок 2.99 Фасонные резцы

Для обработки галтелей и канавок радиусом $R > 20$ мм режущую часть резцов выполняют с радиусом округления, равным (1,5...2)R. При этом используют как продольное, так и поперечное перемещение суппорта.

Для повышения производительности обработки фасонных поверхностей сложного профиля применяют фасонные резцы (рис. 1.99). Ширина фасонных резцов не превышает 60 мм и зависит от жесткости системы станок - приспособление - инструмент - обрабатываемая деталь (СПИД) и радиального усилия резания.

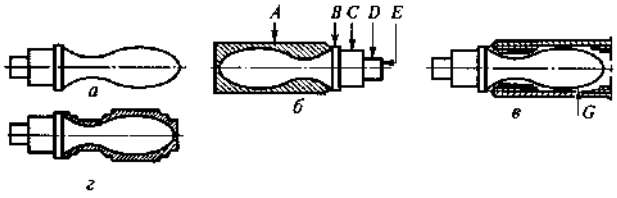
Обработка проходными резцами. При небольшой партии заготовок и соответствующей подготовке рабочего фасонную поверхность можно обрабатывать проходным резцом при его одновременном продольном и поперечном движении, осуществляемом вручную.

При выборе резца форма его вершины и расположение режущих кромок должны позволить обработать фасонную поверхность с заданными углами наклона и радиусами.

Для приобретения навыка одновременного продольного и поперечного перемещения резца по заданной траектории следует предварительно (перед обработкой фасонной детали) выполнить несколько упражнений, что позволит освоиться с особенностями управления станком при фасонной обработке. Для этого в патроне или в центрах устанавливают готовую деталь с фасонной поверхностью сложного профиля. Перемещая суппорт координированным вращением его рукояток, следят за тем, чтобы вершина резца перемещалась в непосредственной близости (с одинаковым зазором до 1 мм) от поверхности детали.

Убедившись в надежности управления станком, переходят к обработке детали с фасонной поверхностью. На рис. 2.100, а показана последовательность обработки описанным способом фасонной поверхности заготовки рукоятки. Заготовку закрепляют в трехкулачковом патроне, используя для этого поверхность *A* (рис.1.100, б), и обрабатывают проходным резцом хвостовую часть рукоятки, состоящую из поверхностей *B, C, D,* и *E.* Установив рукоятку в патроне по поверхности *G* (рис. 2.100, в), обрабатывают фасонную часть рукоятки. С помощью шкалы на станине станка производят разметку (вдоль оси заготовки) наибольшего и наименьшего диаметров фасонной поверхности рукоятки, а затем

проходным резцом снимают черновой припуск в несколько проходов (см. заштрихованные участки на рис. 1.100, в).

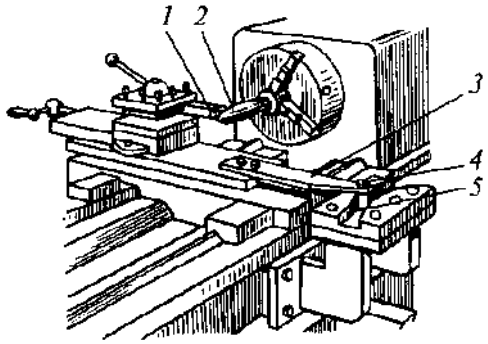


а - готовая деталь; б, в и г - полуфабрикаты для получения детали;*A, B, C, D,E и G* - обрабатываемые поверхности

Рисунок 2.100 Последовательность обработки фасонной поверхности рукоятки проходным резцом с применением продольной и поперечной подач

Окончательный съем припуска (рис. 2.100, г) выполняют в несколько проходов. Вначале аккуратно снимают гребешки плавным перемещением резца вдоль оси обрабатываемой детали и возвратно-поступательным перемещением поперечных салазок суппорта. Затем к невращающейся заготовке прикладывают шаблон с профилем готовой детали, измеряют наибольший и наименьший диаметры фасонной поверхности и определяют места, с которых необходимо снять припуск. Для облегчения условий труда и повышения его производительности опытные рабочие используют автоматическую продольную подачу, перемещая вручную только поперечный суппорт.

Для повышения производительности и точности обработки фасонных поверхностей проходным резцом применяют копир (рис. 2.101). Фасонную поверхность рукоятки *2* обрабатывают резцом *1,* поперечное перемещение которого осуществляется по копиру 5 пальцем *4* в соответствии с его профилем. Вместе с пальцем *4* в поперечном направлении перемещается тяга *3* и связанный с ней суппорт с резцовой головкой. При этом винт поперечного движения подачи выводится из зацепления с гайкой поперечного суппорта, а движение продольной подачи может осуществляться автоматически.



1 - резец; 2 - рукоятка; 3 - тяга; 4 - палец; 5 - копир

Рисунок 2.101 Обработка фасонных поверхностей по копиру

Обработка фасонными резцами. Для обработки галтелей, резьбы и других фасонных поверхностей применяют фасонные резцы. Профиль режущей кромки фасонных резцов полностью совпадает с профилем обрабатываемой поверхности, поэтому передняя поверхность резца устанавливается точно на линии центров станка. Фасонные резцы затачивают по передней поверхности. Это необходимо учитывать при повторной установке резцов. В горизонтальной плоскости резец должен быть установлен перпендикулярно к линии центров станка; правильность установки проверяют угольником, который одной стороной прикладывают к цилиндрической поверхности детали, а другой - к боковой поверхности резца, при этом между угольником и резцом должен быть равномерный просвет. Применение призматических и круглых фасонных резцов позволяет обрабатывать фасонные поверхности сложного профиля.

Призматические радиальные фасонные резцы устанавливают на поперечном суппорте или в револьверной головке с горизонтальной осью вращения. Они предназначены для работы с поперечным движением подачи. Режущую кромку резца необходимо устанавливать по центру обрабатываемой детали. Задние углы α создают соответствующей установкой резца в державке, что является преимуществом этой конструкции.

Фасонные круглые резцы с винтовыми образующими режущих кромок обеспечивают получение меньшей шероховатости

обрабатываемой поверхности по сравнению с круглыми резцами с кольцевыми образующими. Резцы с винтовыми образующими — это высокопроизводительный инструмент, который применяется на станках с револьверными головками.

Подача фасонного резца должна быть равномерной и не превышать 0,05 мм/об при ширине резца 10... 20 мм и 0,03 мм/об при ширине резца более 20 мм. Подача зависит от жесткости детали.

Контроль фасонной поверхности. Фасонную поверхность детали контролируют, как правило, шаблоном. Отклонения от фактического профиля могут быть вызваны следующими причинами: неточностью профиля резца или погрешностью его установки, а также деформацией детали при обработке, вызванными чрезмерно большими подачами.

Контрольные вопросы

1. Какие поверхности относят к фасонным?
2. Назовите инструмент, применяемый при фасонной обработке.
3. Какими способами ведут обработку фасонных поверхностей?
4. Как осуществляют контроль фасонной поверхности?

ЛИТЕРАТУРА

1. Вереина Л.И. Справочник токаря. М.: АСАДЕМА, 2004, 446 с.
2. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. Вып. 2, 1986.
3. Черпаков Б.И., Альперович Т.А. Металлорежущие станки. - М.: АСАДЕМА, 2004, 365 с.
4. Бруштейн Б.Е. Токарное дело. Высшая школа 1967

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Уторов
14.09.22

И. Б. Белоносова

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения» для самостоятельной работы студентов» по дисциплине Инженерная графика

Издание УГГУ Екатеринбург, 2022

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4

1.ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА 5

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ 9

3. ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ» 10

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 12

4.1. Соединение труб муфтами 12

4.1.1. Соединение труб прямой муфтой 12

4.1.2. Соединение труб переходной муфтой 17

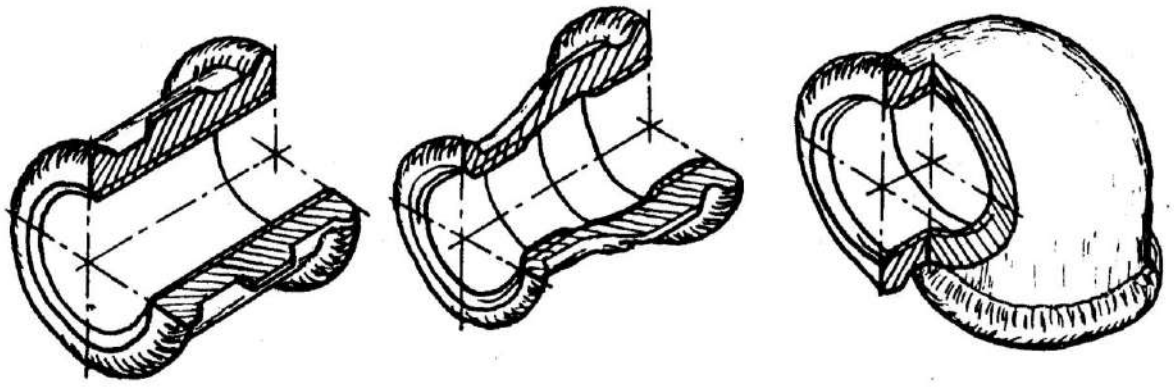
4.2. Соединение труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами 19

4.3. Перекрытие труб колпаком 23

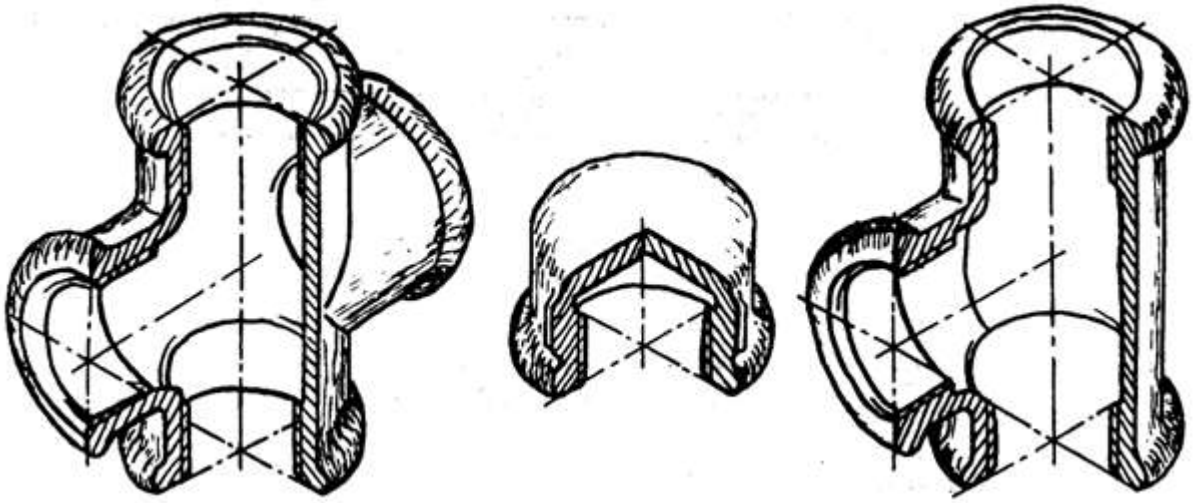
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 26

ВВЕДЕНИЕ

В промышленности трубы, имеющие на концах наружную резьбу, соединяются соединительными частями (фитингами), которые имеют резьбу в отверстиях. Виды резьбовых трубных соединений определяются условиями их работы. В обычных трубопроводах с нормальным давлением (в системах отопления, вентиляции, газификации, водоснабжения) чаще всего имеют место соединения труб деталями с трубной цилиндрической резьбой.



Муфта прямая Муфта переходная Угольник прямой



Крест прямой Колпак Тройник прямой

Рис. 1. Соединительные части (фитинги)

Соединительные части - фитинги (рис. 1) – позволяют соединить сразу несколько труб, устраивать ответвления под разными углами, переходы с одного диаметра на другой и т. д. Фитинги изготавливают из ковкого чугуна для условных проходов от 8 до 150 мм. Для придания фитингам из ковкого чугуна необходимой жесткости их снабжают по краям буртиками, а муфты для обеспечения лучшего захвата газовым ключом – несколькими ребрами, расположенными на боковой поверхности по направлению образующих.

1. ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА

Профиль трубной цилиндрической резьбы – равнобедренный треугольник с углом α=55°, вершины и впадины профиля закруглены, а в соединении между вершинами и впадинами наружной и внутренней резьбы отсутствуют зазоры. Трубная резьба разработана в дюймовой системе (1 дюйм = 1″=25,4 мм).

Шаг трубной резьбы задают косвенным способом: указывают число ниток резьбы, укладывающихся на 1″. Это число ниток стандартизовано в пределах от 28 до 11.

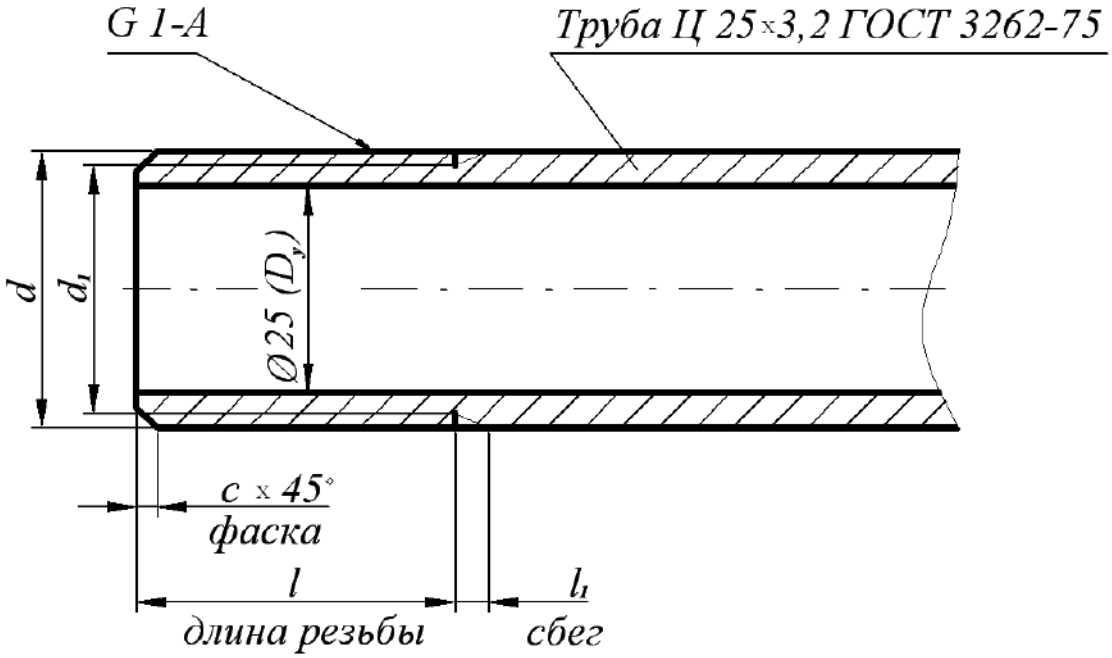


Рис. 2. Изображение трубы

Обозначение размера трубной резьбы имеет особенность, которая заключается в том, что размер задается не наружным диаметром трубы, на которой нарезается резьба, а величиной внутреннего диаметра трубы. Объяснение этой условности состоит в том, что конструктивный расчет трубопроводов ведется по условным проходам трубопроводов, арматуры и соединительных частей.

Например, трубная резьба в 1″ нарезается на трубе, которая имеет внутренний диаметр, равный 25 мм; размер же наружного диаметра всегда больше диаметра в свету на две толщины стенки трубы (рис. 2). По этой причине обозначение резьбы располагают на полке-выноске, которая заканчивается стрелкой, опирающейся на контур трубной резьбы.

Условное обозначение резьбы состоит из буквы *G*, обозначения размера резьбы и класса точности среднего диаметра. Условное обозначение для левой резьбы дополняется буквами *LH*, например,

G 1½ - *B* – трубная цилиндрическая резьба 1½″ класса точности *B*,

G 1½ - *LH* - *B* – то же для левой резьбы.

Длину свинчивания указывают в миллиметрах после обозначения класса точности: *G* 1½ - В –40.

В обозначении трубы указывают условный проход, толщину стенки, другие данные (точность изготовления, покрытие, длину, наличие резьбы и муфты) и номер стандарта, например:

Труба 20×2,8–2000 ГОСТ 3262-75 – труба обыкновенная неоцинкованная без муфты, без резьбы с D_y =20 мм.

Для вычерчивания трубы и соединительных частей используют размеры, предусмотренные ГОСТ 3262-75 и ГОСТ 6357-81 (табл. 1), а также ГОСТ 10549-63 (табл. 2).

Для труб бесшовных горяче- и холоднодеформированных, для толстостенных труб (ГОСТ 8734-75, 8732-78, 9940-81) выполняют рабочие чертежи, на которых указывают длину трубы, условный проход, длину резьбы и величину сбега резьбы.

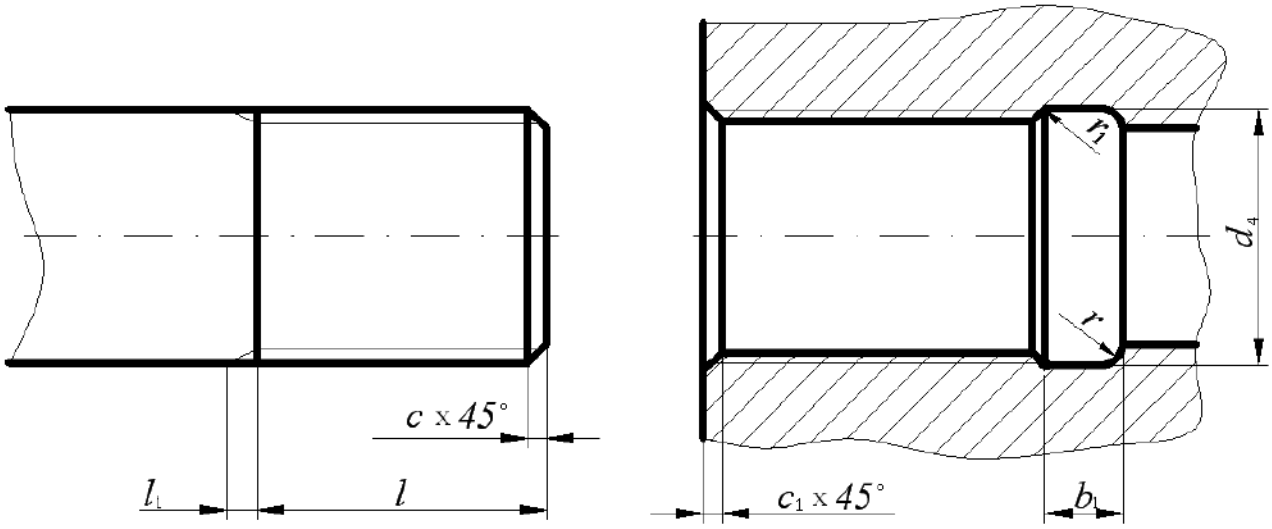
Таблица 1

Резьба трубная цилиндрическая ГОСТ 6357-81

Обозначение размера резьбы		Шаг, мм P	Диаметр резьбы, мм		Толщина стенки труб, мм
D_y, мм	в дюймах		наружный $d=D$	внутренний $d_1=D_1$	
6	1/8	0,907	9,728	8,566	2,0
8	¼	1,337	13,157	11,445	2,2
10	3/8		16,662	14,950	2,2
15	½	1,814	20,955	18,631	2,8
20	¾		26,441	24,117	2,8
25	1	2,304	33,249	30,291	3,2
32	1 ¼		41,910	38,952	3,2
40	1 ½		47,803	44,845	3,5
50	2		59,614	56,656	3,5
65	2 ½		75,184	72,226	4,0
80	3		87,884	84,926	4,0
90	3 ½		100,330	97,372	4,0
100	4		113,030	110,072	4,5

Таблица 2

Размеры сбегов, проточек и фасок для трубной цилиндрической резьбы



D_y, мм	l_1, мм	l, мм		c, мм	b_1, мм	r, мм	r_1, мм	d_4, мм	c_1, мм
		длинной	короткой						
1/8	1,6	-	-	1,0	4	1,0	0,5	10,5	1,0
¼	2,4	-	-	1,6	5	1,6		13,5	
⅜		-	-					17,0	
½	3,2	14	9,0	2,0	8	2,0	1,0	21,5	1,6
¾		16	10,5					27,0	
1	4,1	18	11,0	2,5	10	3,0		34,0	
1 ¼		20	13,0					43,0	
1 ½		22	15,0					48,5	
2		24	17,0					60,5	
2 ½		27	19,5					76,0	
3		30	22,0					89,0	
3 ½		33	26,0					101,0	
4		36	30,0					114,0	

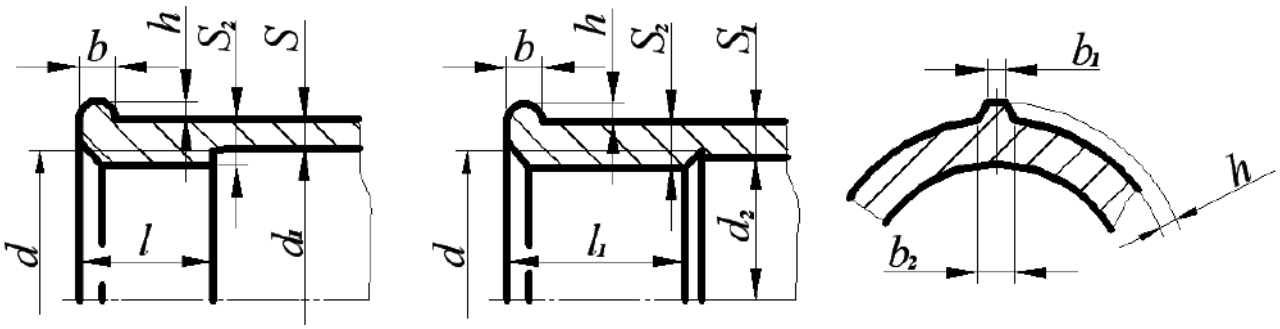
2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

На чертежах трубных соединений, выполняемых как конструктивные чертежи, вычерчиваются все элементы соединительных частей и контргаек (если их ставят) – буртики, фаски, ребра, размеры которых для изделий из ковкого чугуна устанавливает ГОСТ 8945-75.

Таблица 3

Конструктивные размеры соединительных частей, мм

Вариант 1 Вариант 2



Резьба				d_1	d_2	S	S_1	S_2	S_3	b	b_1	b_2	h
Обозначение	d	l	l_1										
		не менее											
G¼	13,16	9,0	9,0	13,5	12,5	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
G⅜	16,66	10,0	11,0	17,0	16,0	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
G½	20,96	12,0	14,0	21,5	20,0	2,8	3,5	4,2	4,2	3,5	2,0	4,0	2,0
G¾	26,44	13,5	16,0	27,0	25,5	3,0	3,5	4,4	4,2	4,0	2,0	4,0	2,5
G1	33,25	15,0	19,0	34,0	32,0	3,3	4,0	5,2	4,8	4,0	2,5	4,5	2,5
G1¼	41,91	17,0	21,0	42,5	40,5	3,6	4,0	5,4	4,8	4,0	2,5	5,0	3,0
G1½	47,81	19,0	21,0	48,5	46,5	4,0	4,0	5,8	4,8	4,0	3,0	5,0	3,0
G2	59,62	21,0	24,0	68,5	58,5	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,0	6,0	3,5
G2½	75,19	23,5	27,0	76,0	74,0	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,5	6,5	3,5
G3	87,89	26,0	30,0	89,0	87,0	4,5	4,5	6,5	6,0	6,0	4,0	7,0	4,0
G4	113,0	39,0	39,5	115	112	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	5,0	8,5	4,5

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ»

3.1. Цель задания

Целью задания является изучение правил выполнения трубных резьбовых соединений, условное изображение и обозначение трубной цилиндрической резьбы, конструктивных элементов соединительных частей. При выполнении задания студент должен приобрести навыки общения с Государственными стандартами по данной теме.

3.2. Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате А4 в масштабе, выбранном в соответствии с ГОСТ 2.302-68.

Вычертить соединение труб в двух видах с необходимыми разрезами и нанести размеры согласно стандартам.

Выполнить изображение конца трубы и указать ее конструктивные размеры.

Составить спецификацию.

Таблица 4

Варианты задания

Номер варианта	Соединительная часть	Диаметр условного прохода, мм
1	Угольник	8
2	Крест	80
3	Муфта	40×20
4	Колпак, исполнение 2	80
5	Муфта	50
6	Крест	50
7	Тройник	40
8	Тройник	50
9	Угольник	40
10	Колпак, исполнение 2	65
11	Угольник	20
12	Тройник	25
13	Крест	32
14	Колпак, исполнение 1	20
15	Муфта прямая короткая	15

Продолжение табл. 4

Номер варианта	Соединительная часть	Диаметр условного прохода, мм
16	Муфта прямая длинная	25
17	Муфта переходная	65×32
18	Тройник	50
19	Крест	65
20	Колпак, исполнение 1	15
21	Муфта прямая короткая	32
22	Муфта прямая длинная	20
23	Угольник	10
24	Муфта переходная	80×40
25	Крест	50
26	Колпак, исполнение 2	10
27	Муфта прямая короткая	80
28	Муфта прямая длинная	15
29	Угольник	15
30	Тройник	80
31	Муфта переходная	40×20
32	Колпак, исполнение 1	8
33	Муфта прямая короткая	25
34	Муфта прямая длинная	10
35	Муфта переходная	50×30
36	Тройник	15
37	Крест	20
38	Угольник	32
39	Угольник	20
40	Угольник	80
41	Угольник	15
42	Колпак, исполнение 1	50
43	Крест	25
44	Муфта переходная	32×20
45	Муфта	15
46	Угольник	32
47	Тройник	65
48	Крест	65
49	Колпак, исполнение 1	32
50	Муфта прямая длинная	32

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Изображение трубных резьбовых соединений – это выполнение сборочного чертежа первой сложности. Правила выполнения сборочного чертежа регламентирует ГОСТГОСТ 2.109-73, составление спецификации - ГОСТ 2.302-68, а основную надпись - ГОСТ 2.104-68.

4.1. Соединение труб муфтами

При соединении муфтой ось труб располагают параллельно основной надписи чертежа. Конструкцию соединения показывают в разрезе плоскостью, проходящей через оси труб и фитинга, допускается соединять части вида и разреза. В разрезе показывают только ту часть резьбы фитинга, которая не закрыта резьбой трубы. Второе изображение обычно представляет собой сечение плоскостью, перпендикулярной одной из труб.

Необходимо иметь в виду, что для полностью завинченной трубы за торец соединительной части выходит только сбег резьбы.

Для демонтажа трубного соединения, например, при ремонтных работах, на конце одной из труб нарезают более длинную резьбу – сгон.

Длину сгона рассчитывают так, чтобы можно было свинтить контргайку, муфту и иметь еще запас резьбы 5…7 мм.

Размеры всех деталей трубного соединения зависят от диаметра условного прохода свинчиваемых труб.

Если диаметр отверстия трубы неизвестен, то его можно определить из таблицы размеров трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357-81, табл. 1), измерив внутренний диаметр резьбы муфты.

4.1.1. Соединение труб прямой муфтой

Например, необходимо по индивидуальному варианту вычертить прямую муфту, имея деталь, но, не зная диаметра условного прохода.

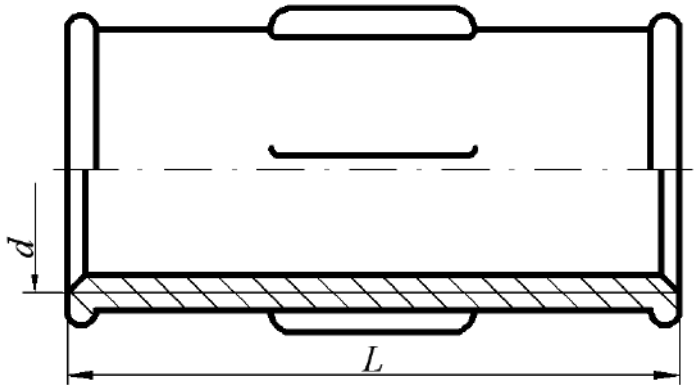
Штангенциркулем измеряется внутренний диаметр резьбы и по табл. 1 определяется диаметр условного прохода соединяемых труб и обозначение резьбы: $D_1 \approx 45$ мм. $D_{1\text{табл.}} = 4{,}845$ мм $\rightarrow D_y = 40$ мм – G 1½.

2. Измеряется длина муфты, L=43 мм.

Для определения названия муфты (короткая или длинная) обращаются к Государственным стандартам (табл. 5).

Таблица 5

Муфты прямые



Резьба	Муфты короткие ГОСТ 8954-75		Муфты длинные ГОСТ 8955-75	
	L, мм	Число ребер	*L*, мм	Число ребер
*G*¼-*B*	22	2	27	2
G$^{3}/_{8}$-*B*	24	2	30	2
*G*½-*B*	28	2	36	2
*G*¾-*B*	31	2	39	2
*G*1-*B*	35	4	45	4
*G*1¼-*B*	39	4	50	4
*G*1½-*B*	43	4	55	4
*G*2-*B*	47	6	65	4
*G*2½-*B*	53	6	74	6
*G*3-*B*	59	6	80	6
*G*4-*B*	84	6	94	6

Примеры условных обозначений:

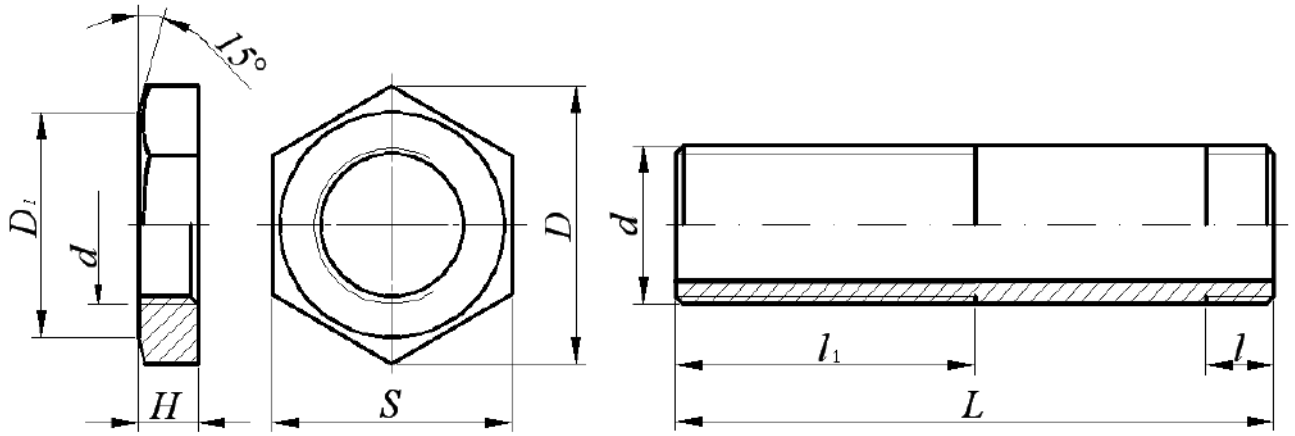
1. Прямая короткая муфта с D_y =40 мм:
   Муфта короткая 40 ГОСТ 8954 - 75.
2. Прямая длинная муфта с D_y =40 мм и цинковым покрытием исполнения 1: Муфта длинная 1-Ц-40 ГОСТ 8955 – 75.

Муфта с резьбой *G* 1½, имеющая длину 43 мм, является короткой, считаем, что она выполнена с цинковым покрытием, следовательно, ее обозначение: Муфта короткая Ц-40 ГОСТ 8954 - 75.

3. Для вычерчивания муфты используют данные из табл. 1, 2, 3.
   1) Наружный диаметр резьбы d=47,803 мм
   2) Фаска с=1,6 мм
   3) Толщина стенки муфты S_2=5,8 мм
   4) Высота буртика b=4,0 мм
   5) Количество ребер жесткости равно 4
   6) Размеры ребер жесткости и буртика: h=3,0 мм; b_1=3,0 мм; b_2=5,0 мм.
4. Для вычерчивания ввинчиваемой трубы используют данные табл. 1 и табл. 2: «Труба Ц-40×3,5 ГОСТ 3262-75» имеет размеры:
   1) Наружный диаметр трубы d=47,803 мм
   2) Внутренний диаметр резьбы d_1=44,845 мм
   3) Длина резьбы l=15 мм
   4) Длина сбега резьбы l_1=4,1 мм
   5) Фаска с=2,5 мм
5. С другой стороны муфты ввинчивается сгон, размеры которого предусмотрены ГОСТ 8969-75, на которой навинчена контргайка (ГОСТ 8961-75, табл. 6).
6. По размерам, указанным в таблицах, для резьбы *G* 1½ вычерчиваются детали в сборе. При выполнении сборочного чертежа соединения фаски, сбеги на деталях не изображаются, каждой детали присваивают номер позиции, который размещают на полке-выноске, заканчивающейся точкой. На сборочном чертеже обязательно указывают установочные размеры: размер резьбы, диаметр условного прохода. Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющих характер сопряжения: длину муфты и др.

Таблица 6

Контргайки и сгоны



Резьба	Контргайки ГОСТ 8961-75				Сгоны ГОСТ 8969-75		
	H, мм	S, мм	D, мм	D_1, мм	l, мм	l_1, мм	L, мм
*G*¼-*B*	6	22	25,4	20	7,0	38	80
*G*⅜-*B*	7	27	31,2	25	8,0	42	90
*G*½-*B*	8	32	36,9	30	9,0	40	110
*G*¾-*B*	9	36	41,6	33	10,5	45	110
*G*1-*B*	10	46	53,1	43	11,0	50	130
*G*1¼-*B*	11	55	63,5	52	13,0	53	130
*G*1½-*B*	12	60	69,3	56	15,0	60	150
*G*2-*B*	13	75	86,5	70	17,0	65	150
*G*2½-*B*	16	95	110,0	90	19,5	75	170
*G*3-*B*	19	105	121,0	100	22,0	85	180
*G*4-*B*	21	135	156,0	128	-	-	-

Примеры условных обозначений:

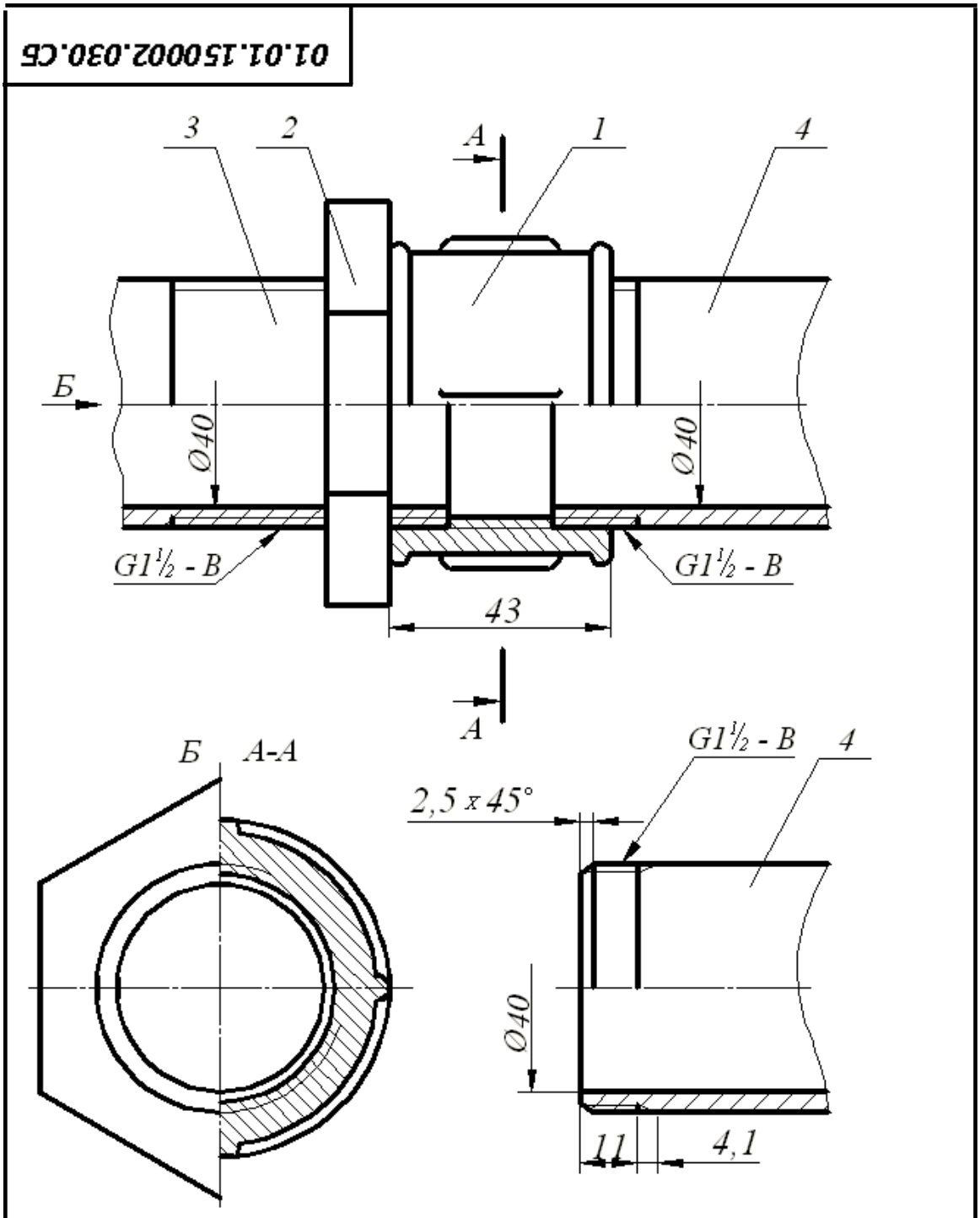
1. Контргайка без покрытия с D_y=40 мм:

   Контргайка 40 ГОСТ 8961-75

2. Сгон с цинковым покрытием с D_y=40 мм

   Сгон Ц-40 ГОСТ 8969-75

Пример выполнения сборочного чертежа соединения труб муфтой показан на рис. 3.



Пример выполнения спецификации
по ГОСТ 2.108-68 на рис. 9

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

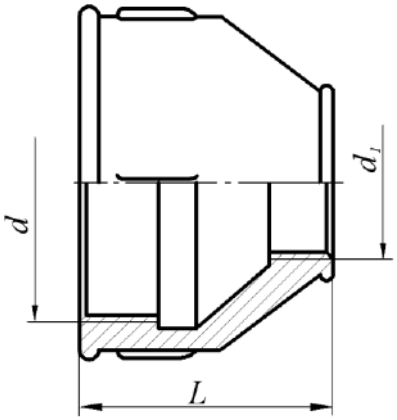
Рис. 3. Соединение труб муфтой

4.1.2. Соединение труб переходной муфтой

Муфты переходные соединяют трубы с различными диаметрами условного прохода (ГОСТ 8957-75, табл. 7).

Таблица 7

Переходные муфты по ГОСТ 8957-75, мм



Условный проход $D_y \times D_{1y}$	L	Число ребер	Условный проход $D_y \times D_{1y}$	L	Число ребер
10×8	30	2	40×25	55	4
15×8	36	2	40×32	55	4
15×10	36	2	50×15	65	6
20×8	39	2	50×20	65	6
20×10	39	2	50×25	65	6
20×15	39	2	50×32	65	6
25×10	45	4	50×40	65	6
25×15	45	4	65×32	74	6
25×20	45	4	65×40	74	6
32×10	50	4	65×50	74	6
32×15	50	4	80×40	80	6
32×20	50	4	80×50	80	6
32×25	50	4	80×65	80	6
40×15	55	4	100×50	94	6
40×20	55	4	100×65	94	6

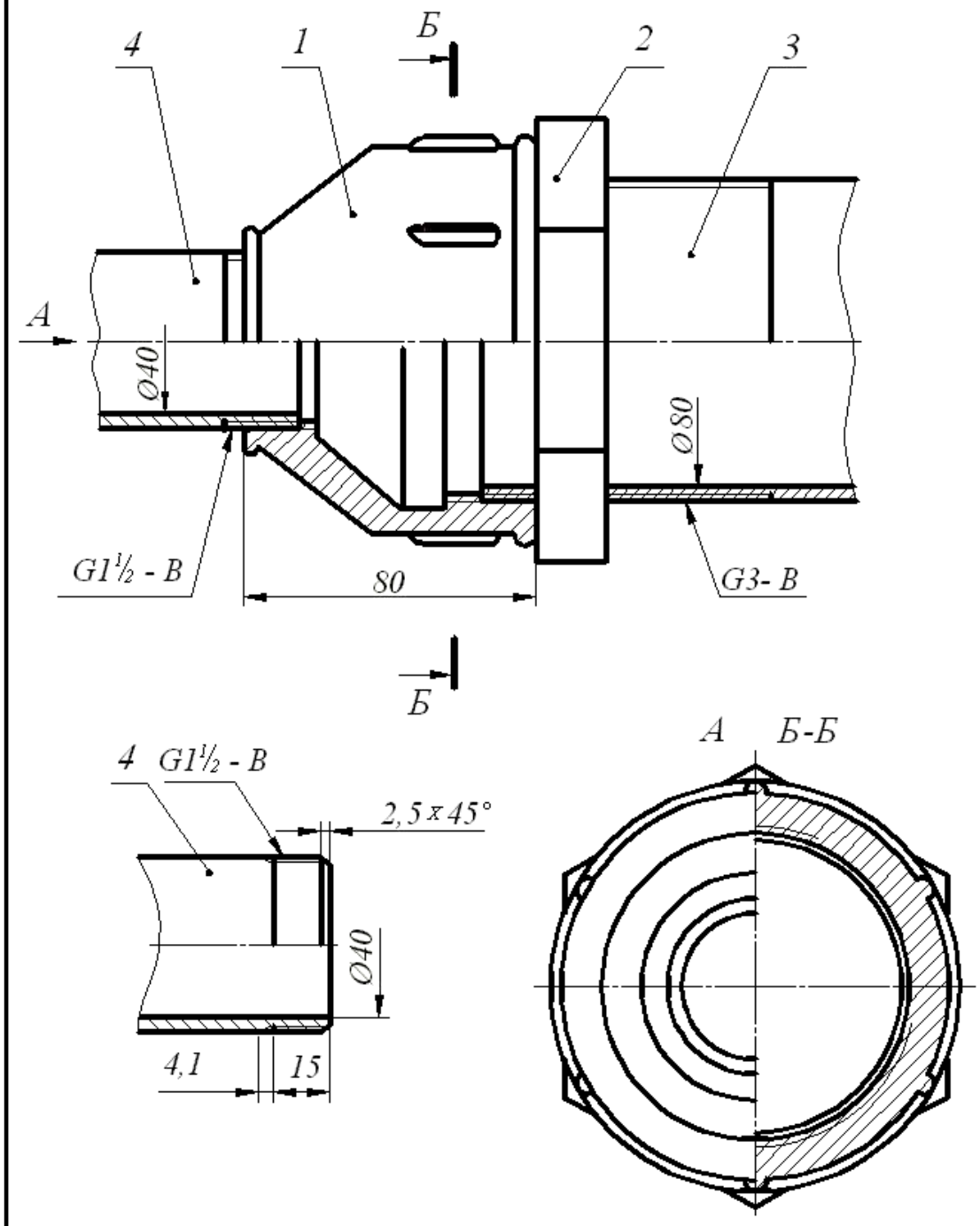
Примеры условных обозначений:

3. Муфта переходная без покрытия с D_y=15 мм на D_y=40 мм:

   Муфта 40×15 ГОСТ 8957-75

4. Муфта переходная с цинковым покрытием:

   Муфта Ц 40×15 ГОСТ 8957-75



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

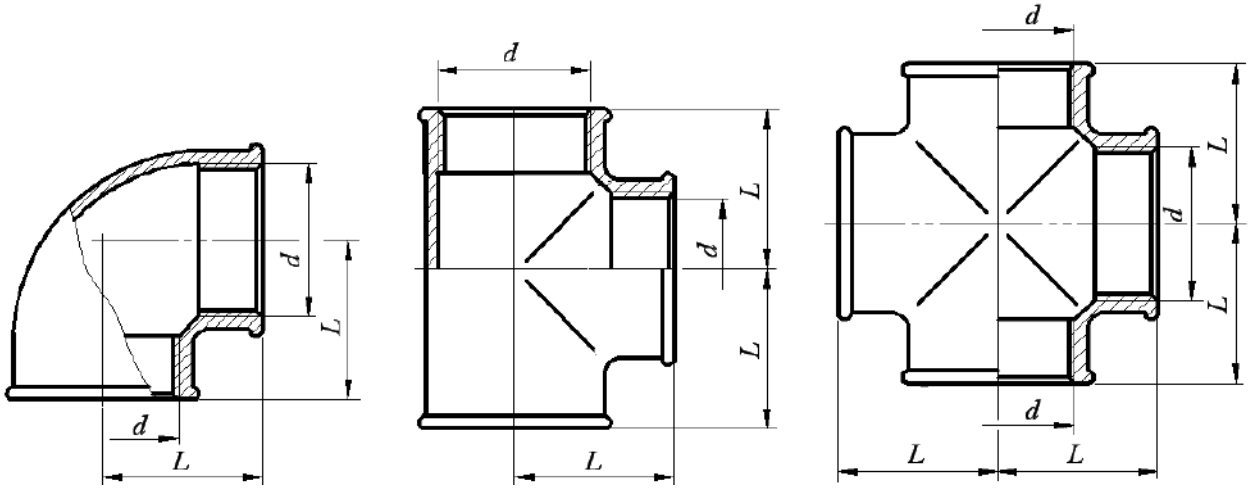
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 4. Соединение труб переходной муфтой

4.2. Соединения труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами

Прямые тройники, кресты и угольники в системах отопления, водо- и газопроводах служат для изменения направления потока жидкости или газа.

Проходные угольники (ГОСТ 8947-75) Прямые тройники (ГОСТ 8948-75) Прямые кресты (ГОСТ 8951-75)

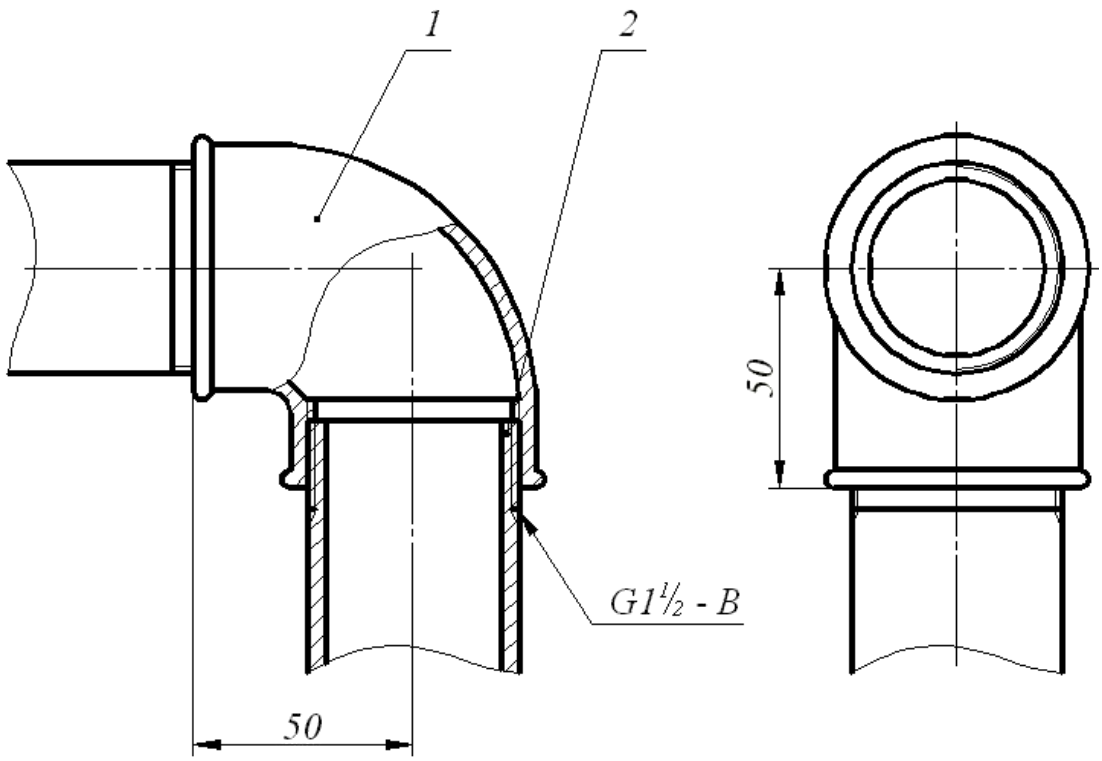


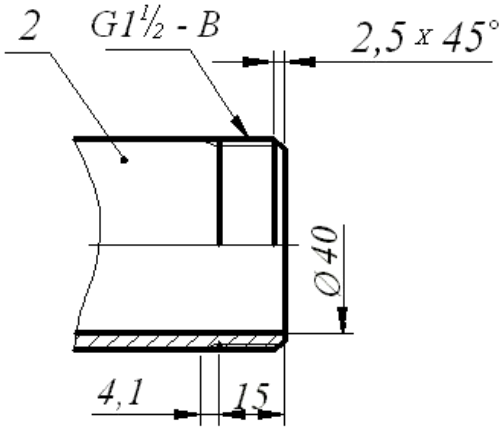
Условный проход $D_y \times D_{1y}$	Резьба	L, мм
8	$G¼\text{-}B$	21
10	$G⅜\text{-}B$	25
15	$G½\text{-}B$	28
20	$G¾\text{-}B$	33
25	$G1\text{-}B$	38
32	$G1¼\text{-}B$	45
40	$G1½\text{-}B$	50
50	$G2\text{-}B$	58
65	$G2½\text{-}B$	69
80	$G3\text{-}B$	78
100	$G4\text{-}B$	96

Примеры условных обозначений:

1. Проходной угольник с углом 90° исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=20 мм:

   Угольник 90°-1-Ц-200 ГОСТ 8946-75;
2. Тройник 40 ГОСТ 8948-75;
3. Крест Ц-32 ГОСТ 8951-75.

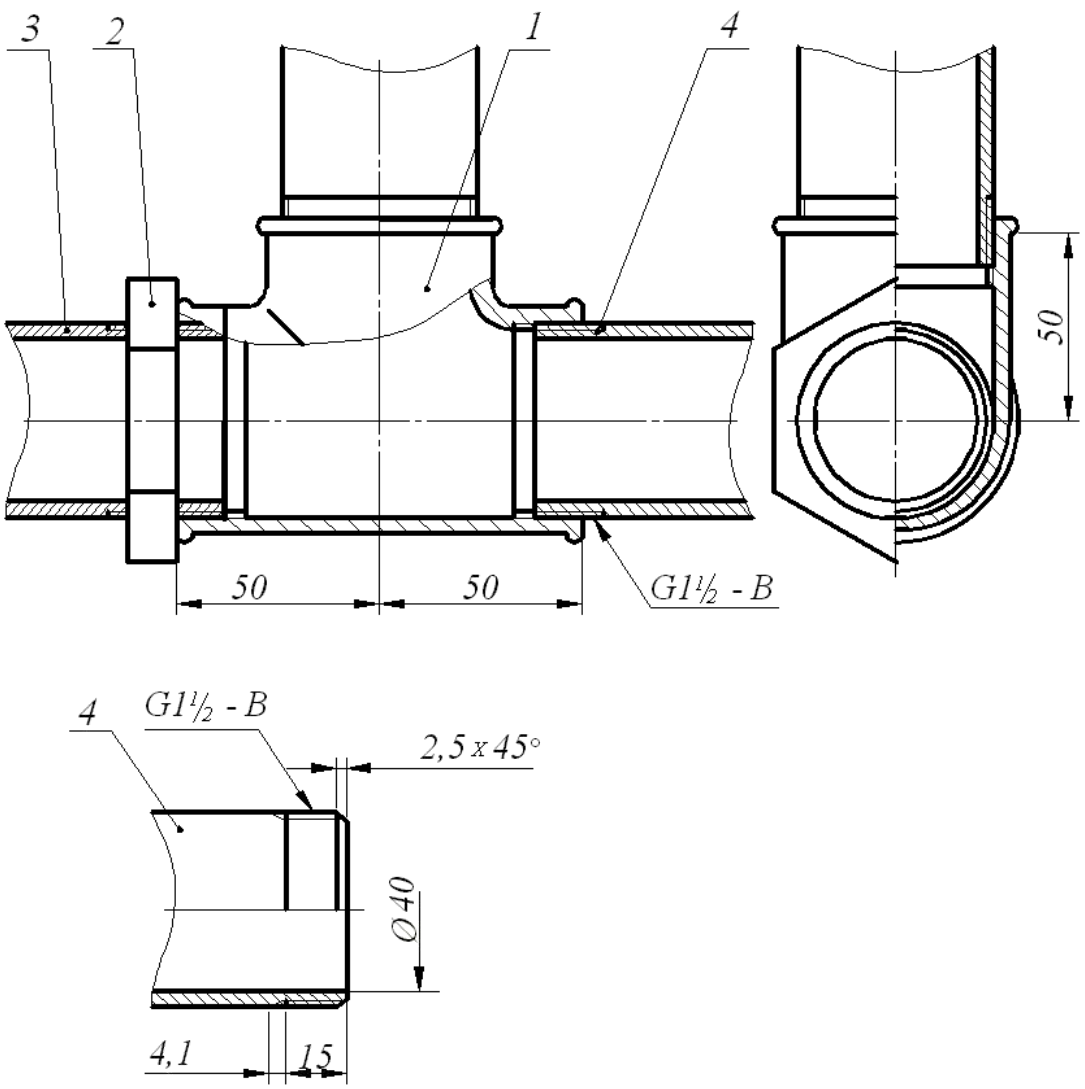




Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

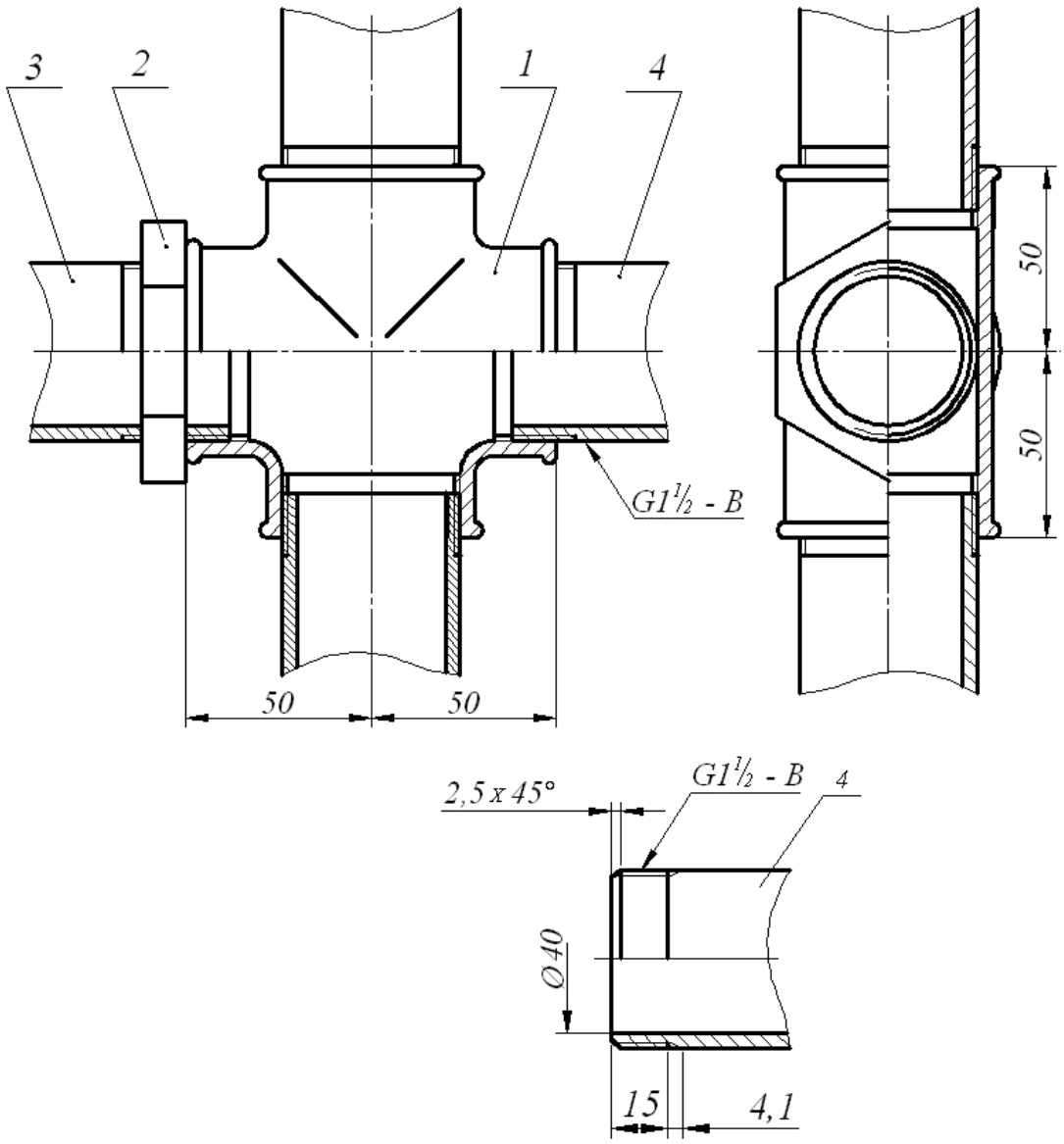
Рис. 5. Соединение труб проходным угольником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 6. Соединение труб прямым тройником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

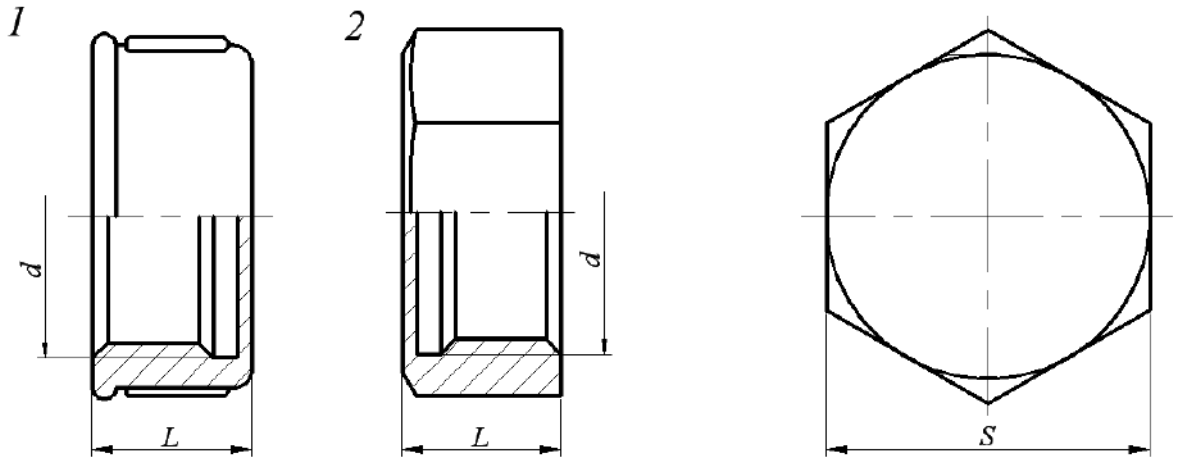
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 7. Соединение труб прямым крестом

4.3. Перекрытие трубы колпаком

Для перекрытия трубы используют колпаки двух исполнений: с ребрами жесткости и с корпусом, имеющим форму шестигранной призмы под гаечный ключ. размеры проточек трубной цилиндрической резьбы определены ГОСТ 10549-80 (табл. 2).

Таблица 9



Условный проход	*L*		Число ребер	*S*
	Исполнение			
	1	2		
8	15	15	2	10
10	17	17	2	22
15	19	19	2	27
20	22	22	2	32
25	24	24	4	41
32	27	27	4	50
40	27	27	4	55
50	32	32	6	70
65	-	35	-	85
80	-	38	-	100

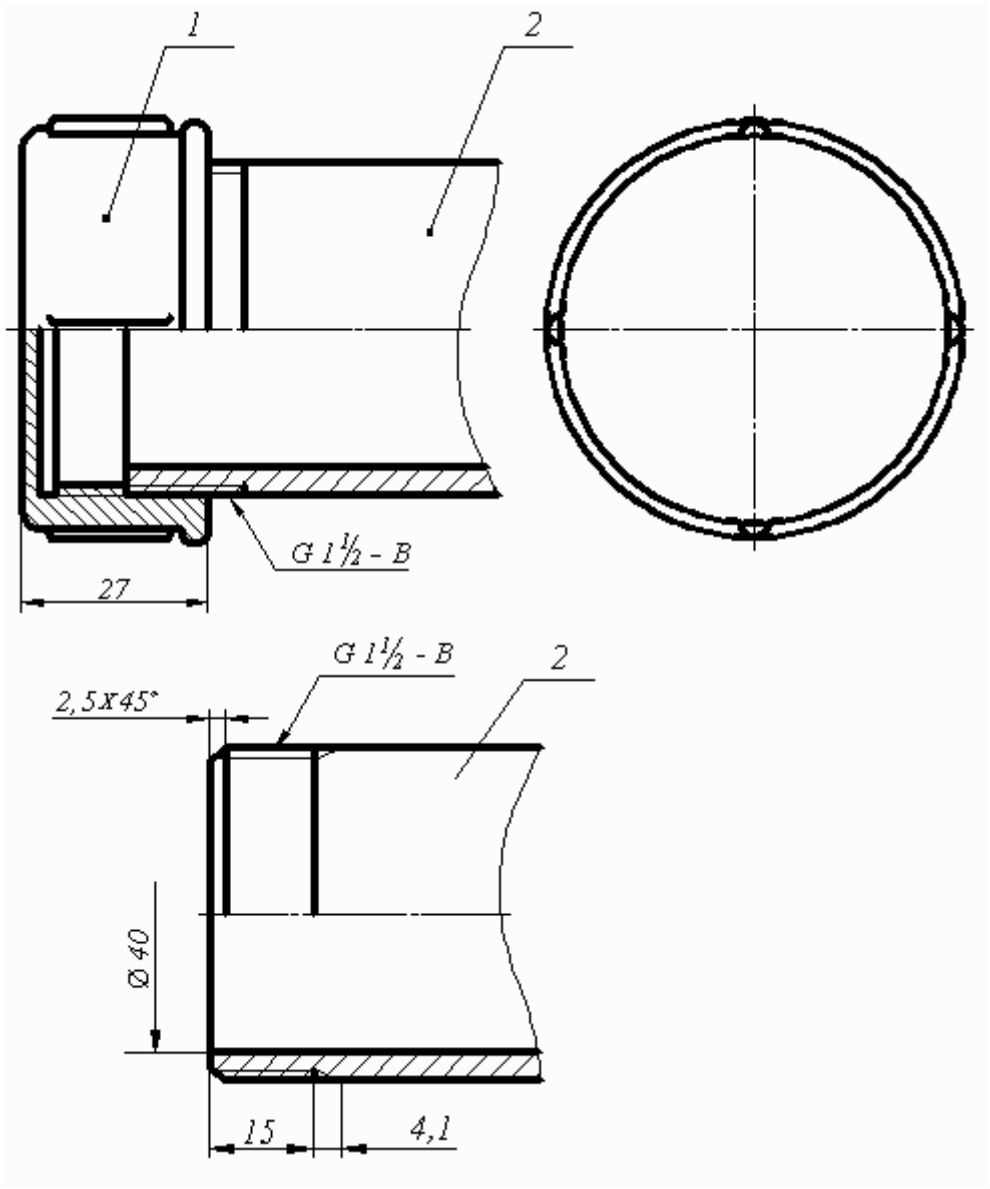
Примеры условных обозначений:

1. Колпак исполнения 2 без покрытия с D_y=40 мм:

   Колпак 2-40 ГОСТ 8962-75

2. Колпак исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=40 мм:

   Колпак 1-Ц-40 ГОСТ 8962-75



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 8. Перекрытие трубы колпаком

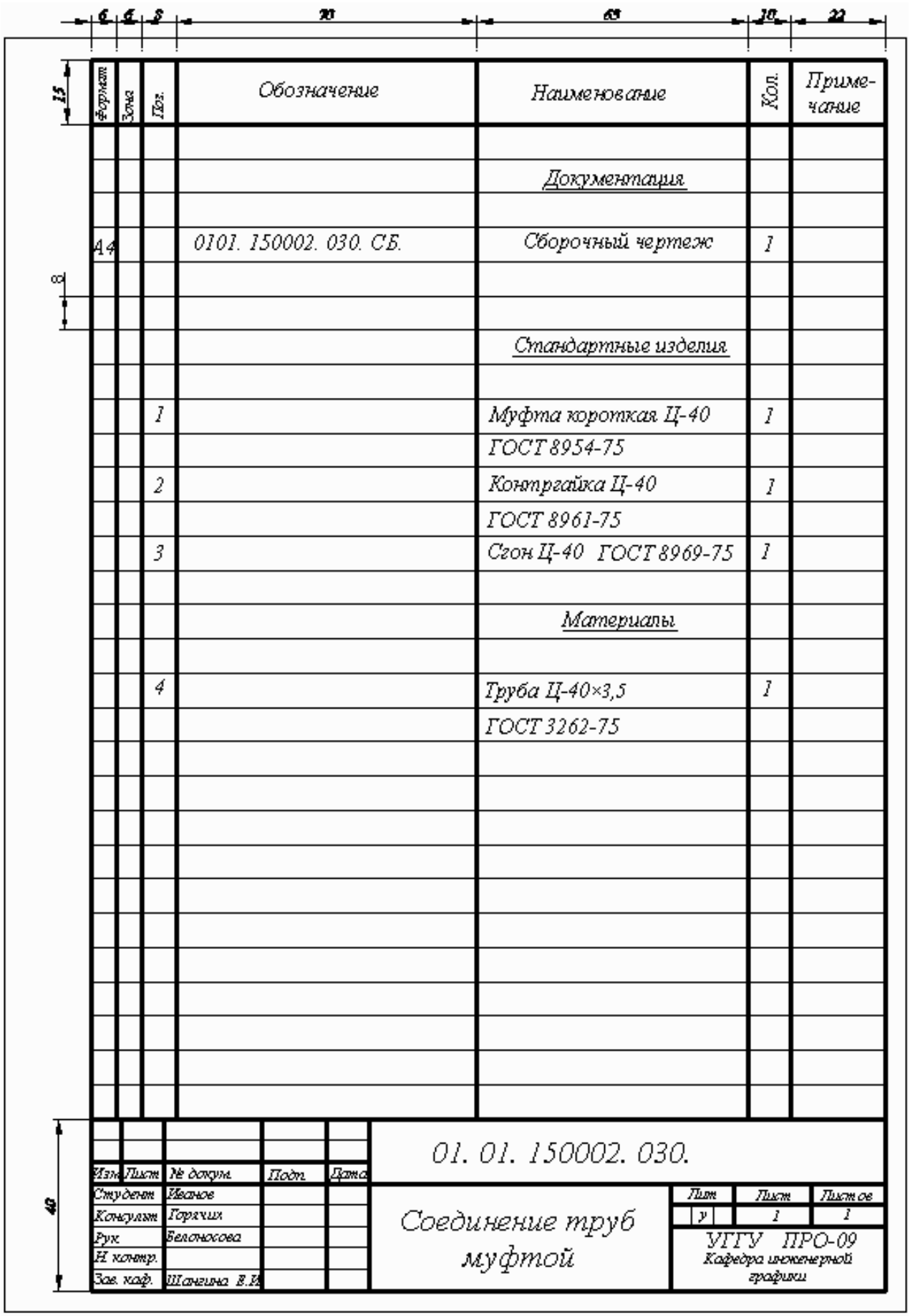


Рис. 9. Спецификация

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1. - 9 -е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, - 2006 – 928 с.: ил.
2. ГОСТ 27148-86. Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры. Переиздание 23.06.2009
3. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 2000.
4. Талалай П. Г. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Интернет-тестирование базовых знаний: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 256 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
5. Чекмарев А. А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению: учебное пособие. – М.: высшая школа , 2008 – 493 с.
6. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. - – изд. Альянс, 16-е изд., переработанное, 2007. – 416 с.

Дополнительная литература

7. Баева *Г. Г.* Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
8. Попова Г. Н., Алексеев С. Ю. Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1994.

Учебное издание

Белоносова Ирина Борисовна

Методическое пособие
по курсу «Инженерная графика»
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для студентов всех специальностей»
«Изображение трубных резьбовых соединений»

4-е издание, стереотипное

Редактор *Л. Н. Авдеева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,3 Уч. - изд. л. 1,11. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ А.Упоров

Учебное пособие для студентов по дисциплине

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Специальность
15.02.16 Технология машиностроения
программа подготовки специалистов среднего звена

Авторы: Волков Е.Б., Казаков Ю.М., Чучманова Л.Д.

Екатеринбург
2022

В 67

Рецензент: *А. П. Котельников*, канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и эксплуатации автомобилей (Уральский государственный университет путей сообщения).

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от 07.11.2019 г. (протокол № 3) и рекомендовано для издания в УГГУ.
Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

Волков Е. Б., Казаков Ю. М., Чучманова Л. Д.
В87 МЕХАНИКА: учебное пособие / Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков, Л. Д. Чучманова. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 102 с.
ISBN 978-5-8019-0499-3

Учебное пособие содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: Статика твердого тела. Равновесие произвольной плоской системы сил. Кинематика поступательного, вращательного и плоского движений твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек твёрдого тела. Динамика механической системы. Деформация растяжения – сжатия стержней с учетом собственного веса. Деформация кручения вала. Деформация поперечного изгиба балок. Учебное пособие для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения.

ISBN 978-5-8019-0499-3

© Волков Е. Б., Казаков Ю.М.,
Чучманова Л.Д., 2020
© Уральский государственный горный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА ... 4
1.1. Основные виды связей и их реакции ... 4
1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары ... 5
1.3. Условия равновесия систем сил ... 7
1.4. Задание 1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел ... 8
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА ... 17
2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки ... 17
2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси ... 19
2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела ... 20
2.4. Задание 2. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях ... 23
2.5. Задание 3. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении ... 29
3. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ... 37
3.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы ... 37
3.2. Задание 4. Динамический расчет механической системы ... 38
3.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. ... 46
3.4. Задание 5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии ... 48
4. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ... 58
4.1. Основные цели и задачи сопротивления материалов ... 58
4.2 Деформация растяжения и сжатия стержней ... 58
4.3. Задание 6. Осевая деформация растяжения-сжатия стержней с учетом собственного веса ... 61
4.4. Деформация кручения вала ... 67
4.5. Задание 7. Дефомация кручения статически неопределимого вала ... 69
4.6. Деформация поперечного изгиба балок. Основные понятия ... 76
4.7. Подбор поперечного сечения балки ... 79
4.8. Задание 8. Проверка балки на прочность. Деформация балки при поперечном изгибе ... 81
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ... 98
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ... 100
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ... 102

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Статика представляет раздел теоретической механики, в котором изучаются условия равновесия твердых тел под действием системы сил.

1.1. Основные виды связей и их реакции

Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения. Реакция приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей. В частном случае при опоре углом или на угол (рис. 1.1, *a*) реакция направлена по нормали к одной из поверхностей. **Гибкая связь**. Если на тело наложена связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса), то реакция связи $\vec{T}$, равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити (рис. 1.1, *b*).

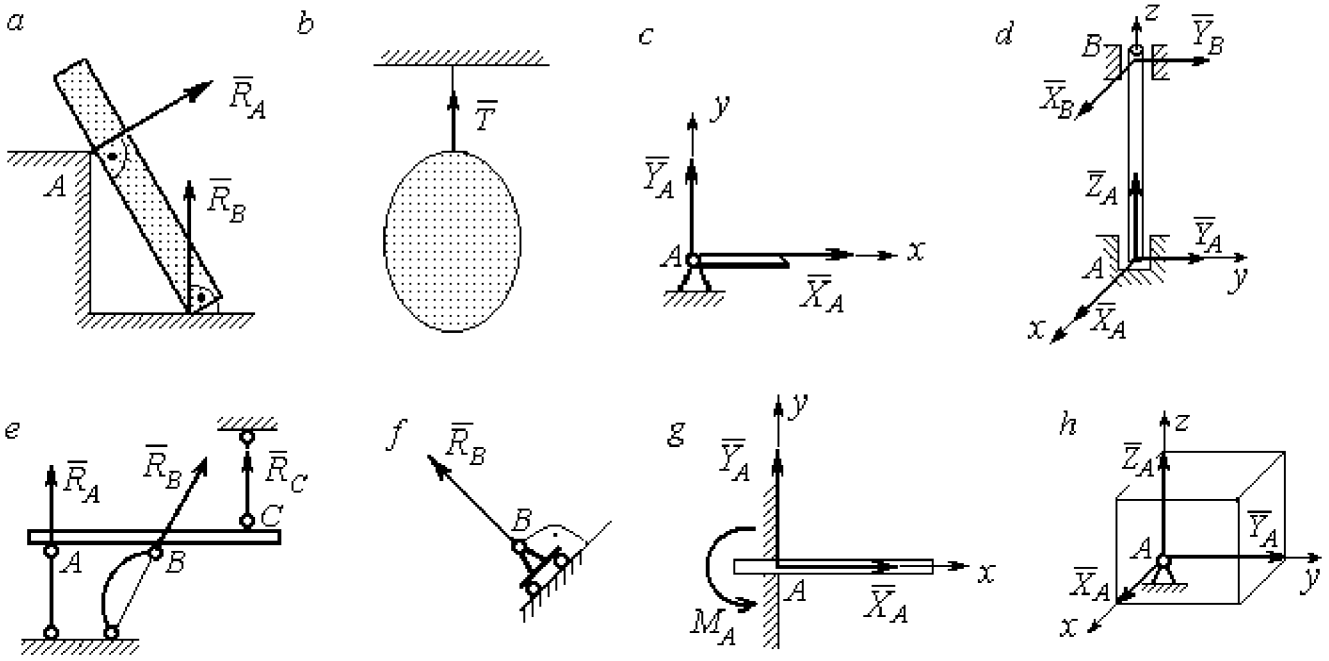


Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:
a – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения; *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира; *d* – реакция подшипника и подпятника; *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой заделки; *h* – реакция пространственного шарнира

Цилиндрический шарнир (подшипник) создает соединение, при котором одно тело может вращаться по отношению к другому. Реакция цилиндрического шарнира лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакцию цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей (рис. 1.1, *c*). Величина реакции определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. Реакция подшипника $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *d*) также изображается своими составляющими $\vec{X}_B$ и $\vec{Y}_B$, взятыми по направлениям координатных осей в плоскости, перпендикулярной оси вращения подшипника. **Реакция прямолинейного невесомого стержня с шарнирными соединениями на краях** направлена вдоль самого стержня, а криволинейного – вдоль линии, соединяющей точки крепления стержня (рис. 1.1, *e*). **Реакция подвижной опоры** $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *f*) направлена по нормали к поверхности, на которую опираются катки опоры. **Жесткая заделка** (рис. 1.1, *g*) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция заделки состоит из силы реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. При решении задач силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей. Модуль реакции определяется по формуле $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. Виды связей и их реакции показаны на рис. 1.1.

1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары

Алгебраическим моментом силы F относительно центра O, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра O, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ на кратчайшее расстояние h от центра O до линии действия силы: $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$ (рис. 1.2, *a*).

Величину h называют **плечом силы**. Момент силы относительно центра считается положительным, если сила стремится повернуть тело вокруг центра против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

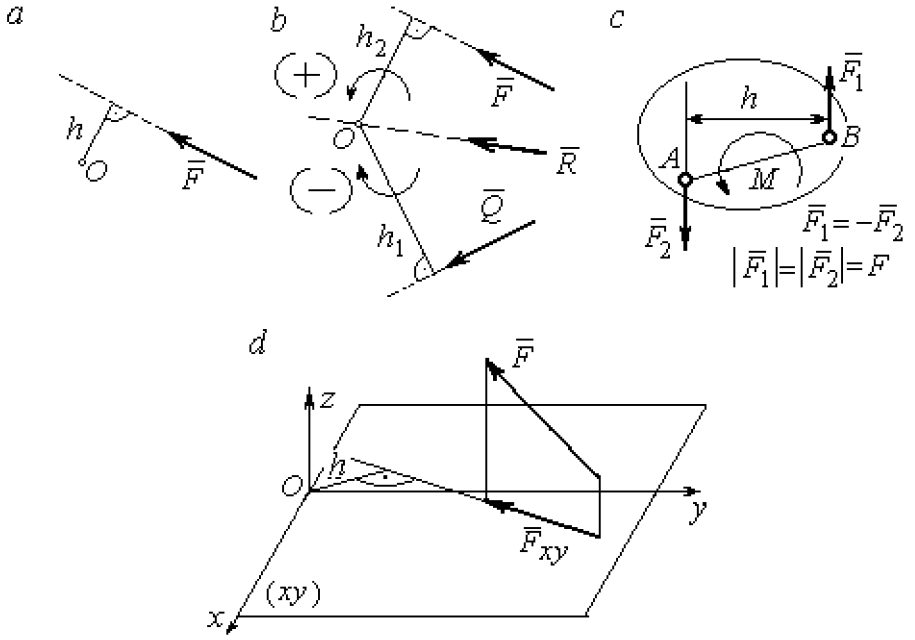


Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
d – момент силы относительно оси

На рис. 1.2, *b* показано, что момент силы $\vec{F}$ относительно центра O положительный, а момент силы $\vec{Q}$ относительно того же центра – отрицательный. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра O равен нулю, так как линия действия этой силы проходит через центр O и плечо силы равно нулю.

Парой сил, или просто парой (рис.1.2, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары на плечо пары – кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Правило знаков такое же, как и для момента силы. На рисунках пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. M на рис. 1.2, *c*).

Моментом силы относительно оси называют момент проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с этой плоскостью. На рис. 1.2, *d* показано вычисление момента силы F относительно оси z: $M_z(\vec{F}) = F_{xy}h$, где F_{xy} – проекция силы $\vec{F}$ на плоскость xy, перпендикулярную оси z, h – плечо проекции F_{xy} относительно центра O – точки пересечения оси z и плоскости xOy.

1.3. Условия равновесия систем сил

Плоской системой сил называется система сил, расположенных в одной плоскости.

Основная форма условий равновесия плоской системы сил. Для равновесия плоской системы сил, приложенных к твердому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, также была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра A.

Пространственной системой сил называется система сил, расположенных произвольно в пространстве.

Для **равновесия пространственной системы сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси x, y, z; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей.

Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называют **внутренними,** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию. Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию с внутренними связями, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. При этом в уравнения равновесия должны входить только силы, непосредственно приложенные к тому телу, равновесие которого рассматривается.

1.4. Задание 1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

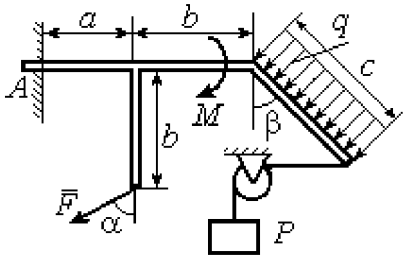
Каждый вариант задания включает две задачи по темам: «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел».

В задачах требуется определить реакции связей конструкции исходя из условия равновесия произвольной плоской системы сил. Весом стержневых подпорок, поддерживающих балочные конструкции, и блоков, через которые перекинуты невесомые нити, пренебречь.

Варианты заданий даны на рис. 1.3 – 1.6. Исходные данные приведены в табл. 1.1. Из таблицы исходных данных выбираются значения тех параметров, которые указаны на схемах.

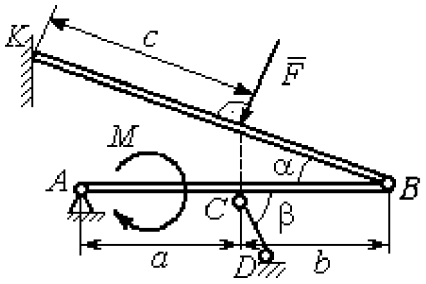
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

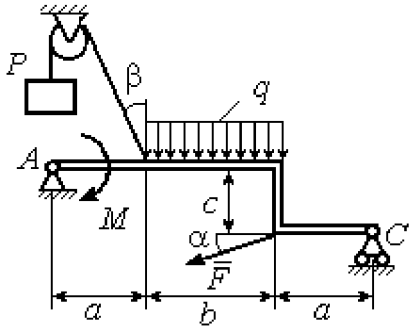
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

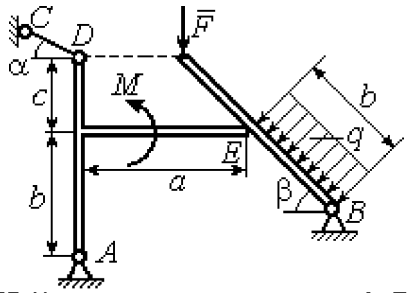
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

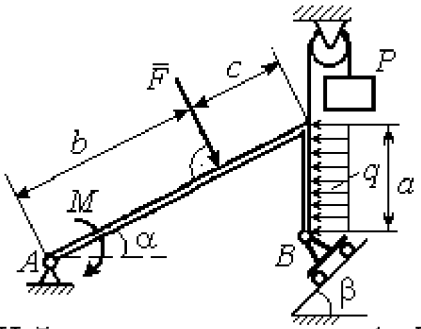
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию опоры в точке E и реакцию стержня CD

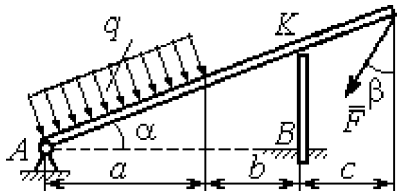
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Найти реакцию шарниров A и B

Задача 2

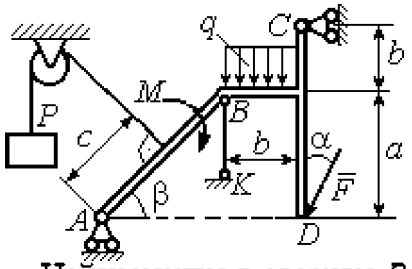


Найти реакцию шарнира A, реакцию опоры в точке K и реакцию жесткой заделки в точке B

Рис. 1.3. Задание 1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

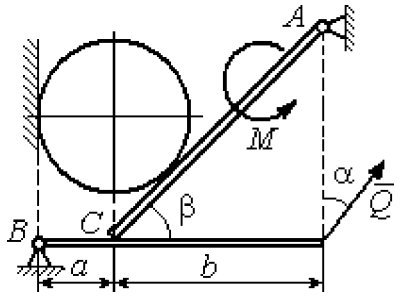
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



Найти усилие в стержне BK и реакцию шарниров A, C

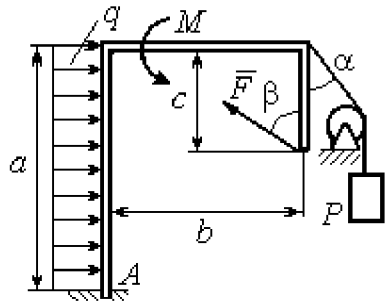
Задача 2



Вес шара P. Найти реакцию шарниров A, B, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке C и уравновешивающую силу Q

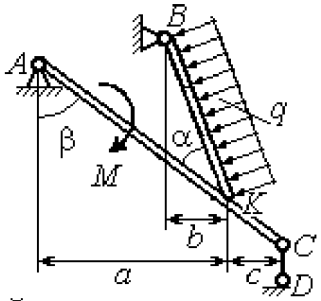
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

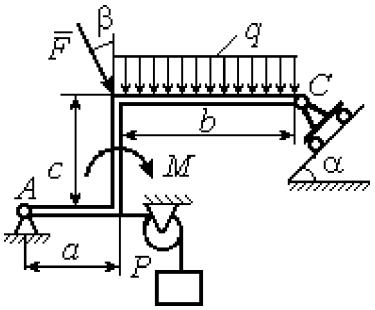
Задача 2



Найти реакцию шарнирв A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

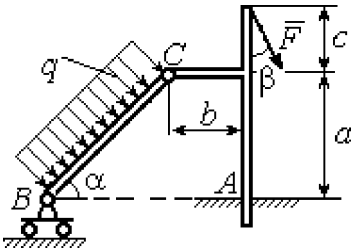
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

Задача 2

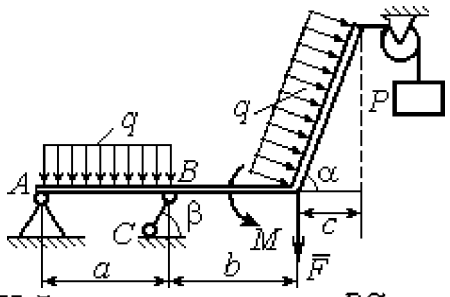


Найти реакцию жесткой заделки в точке A и реакции шарниров B и C

Рис. 1.4. Задание 1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

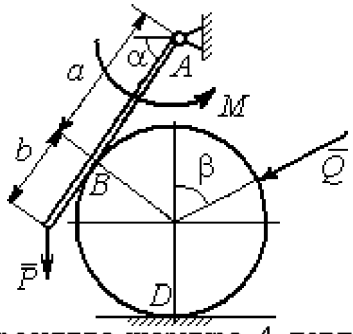
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

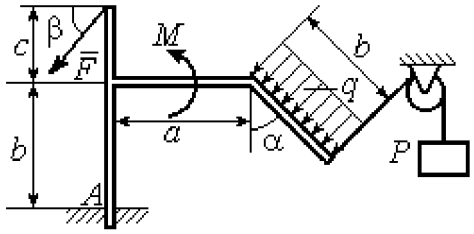
Задача 2



Найти реакцию шарнира A, давление балки на шар, реакцию опоры шара в точке D и уравновешивающую силу Q

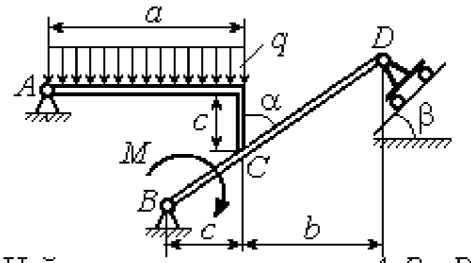
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

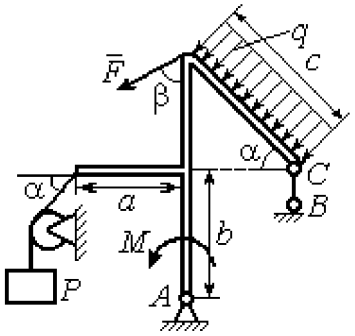
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B и D и реакцию опоры в точке C

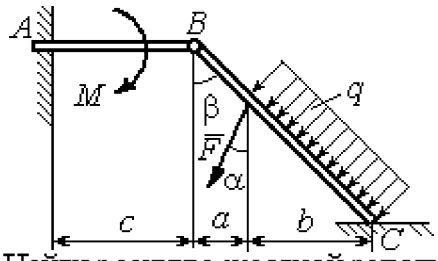
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

Задача 2



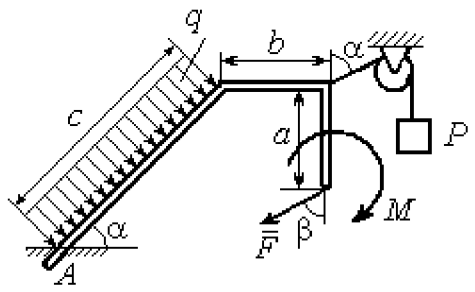
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Рис. 1.5. Задание 1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания 1

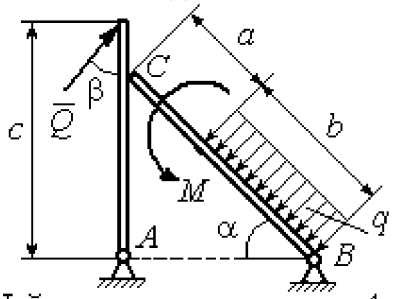
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B, реакцию опоры в точке C и уравновешивающую силу Q

Рис. 1.6. Задание 1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 1.1

Исходные данные задания 1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P, кН	6	5	6	12	6	6	10	3	8	5	10	4	8	10	8
F, кН	12	6	10	5	12	8	6	5	6	2	12	8	12	6	10
q, кН/м	5	4	2	3	6	3	5	2	2	4	6	2	3	4	5
M, кН·м	12	8	6	8	12	5	12	8	4	6	8	12	10	6	10
α, град	45	60	30	60	30	30	45	60	30	30	45	30	60	45	60
β, град	60	30	45	30	60	90	60	60	30	45	30	45	30	60	30
a, м	3	4	3	4	3	4	3	4	1	2	2	3	2	3	4
b, м	3	3	4	3	2	4	3	3	2	3	3	3	4	3	2
c, м	4	2	2	2	3	2	2	1	5	4	4	2	1	2	2

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	8	10	6	4	6	12	10	5	6	8	6	8	4	6
F, кН	6	12	12	8	3	14	10	8	15	10	12	8	10	10	2
q, кН/м	5	3	4	3	2	3	2	5	4	2	3	4	5	2	4
M, кН·м	10	6	8	6	5	12	4	6	8	10	12	10	6	4	8
α, град	60	60	30	45	60	30	60	45	30	60	45	30	30	30	45
β, град	45	30	30	60	60	45	30	60	30	45	90	30	60	45	30
a, м	3	4	3	1	2	2	4	1	4	3	4	3	2	1	2
b, м	2	4	3	3	4	1	4	3	2	2	2	2	2	2	2
c, м	3	2	2	4	5	4	2	2	1	1	1	2	1	3	5

Пример выполнения задания 1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Задача 1. Рама *ACE* (рис. 1.7) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара с моментом M =8 Н·м, сила F = 10 Н, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q = 2 Н/м, приложенная на отрезке *AB*. В точке *E* под прямым углом к участку балки *CE* прикреплен трос, несущий груз P = 20 Н. Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира *A* и реакцию стержневой опоры *BK*, если a = 2 м.

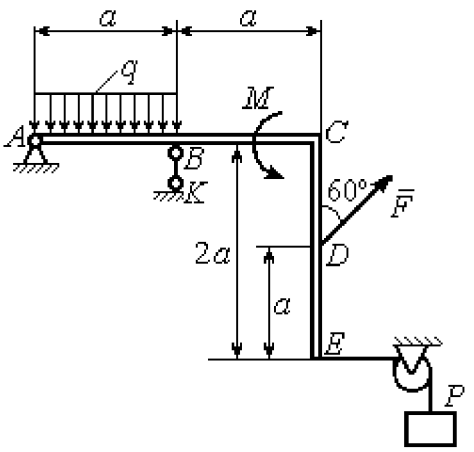


Рис. 1.7. Конструкция рамы

Решение

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.8. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль горизонтальной и вертикальной осей (см. рис. 1.8). Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена к балке в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и по модулю $Q = qa$ = 4 Н. Действие груза *P* на раму изображается реакцией троса $\vec{T}$, равной по величине весу груза и приложенной в точке *E*.

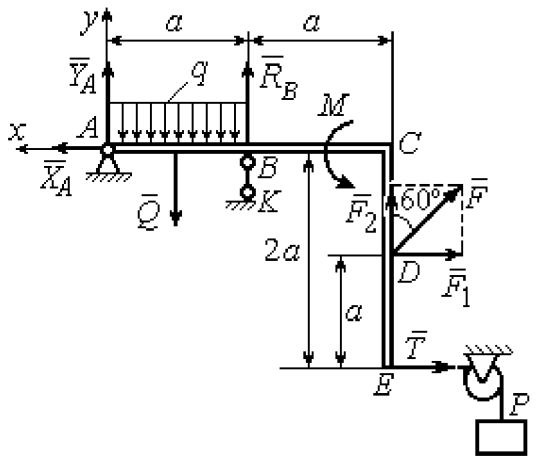


Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при её равновесии

При равновесии рамы действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему. Условия равновесия системы сил имеют вид: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси x, y и моменты сил относительно центра A, получим уравнения равновесия в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q\frac{a}{2} + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0.$$

Здесь для вычисления момента силы $\vec{F}$ относительно центра A использована теорема Вариньона: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$, где $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$ (см. рис. 1.8).

Подставляя в уравнения равновесия исходные данные задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, R_B:

$$X_A - 28{,}66 = 0, \quad Y_A + R_B + 1 = 0, \quad R_B \cdot 2 + 121{,}32 = 0.$$

Решая систему, найдем X_A = 28,66 Н, Y_A = 59,66 Н, R_B = – 60,66 Н.

Отрицательное значение величины R_B означает, что фактическое направление реакции R_B стержневой опоры BK противоположно направлению, показанному на рис. 1.8. Численное значение реакции шарнира

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18 \text{ Н}.$$

Задача 2. Балка $ABLC$ с вертикальной частью AB и горизонтальной перекладиной LC закреплена в точке A с помощью жесткой заделки (рис. 1.9). Наклонная балка EC с углом наклона к горизонту 60° в точке C шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине CL, а в точке E закреплена на шарнирно-подвижной опоре, установленной на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках BL и DE нагрузка с одинаковой интенсивностью q = 2 кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке D перпендикулярно балке EC и равная по величине F = 10 кН, и пара сил

с моментом M = 5 кН·м. Определить реакцию жесткой заделки A и реакции шарниров C и E, если a = 2 м.

Решение

Разделим систему на две части по шарниру C и рассмотрим равновесие балок $ABLC$ и EC отдельно. Изобразим обе балки и расставим внешние силы и реакции связей (рис. 1.10). Рассмотрим балку $ABLC$ (см. рис. 1.10, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, приложенной в середине отрезка BL, направленной в сторону действия нагрузки: $Q_1 = q \cdot a$ = 4 кН. Кроме силы $\vec{Q}_1$ и пары сил с моментом M на балку действуют реакция жёсткой заделки в точке A, имеющая своими составляющими силы $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ и пару сил с моментом M_A, а также реакция шарнира C, разложенная на составляющие $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ (см. рис. 1.10, *a*). Действующие на раму силы составляют уравновешенную плоскую систему сил. Выберем систему координат xAy, как показано на рис. 1.10, *a*, и составим уравнения равновесия:

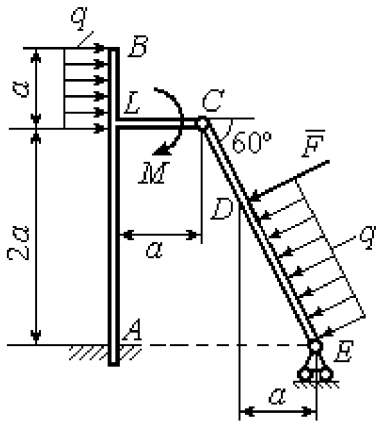


Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

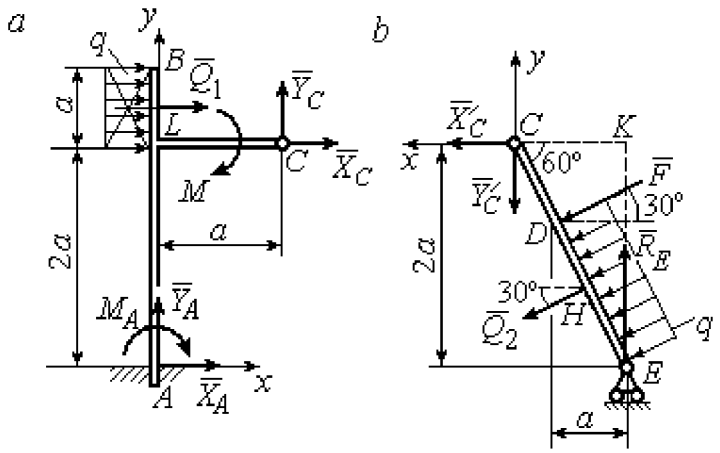


Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку $ABLC$;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0.$$

Рассмотрим равновесие балки EC. Заменим равномерную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка ED, направленной в сторону действия нагрузки и равной по модулю $Q_2 = q \cdot 2a = 8$кН. На балку кроме сил $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$ действуют реакции связей: $\vec{R}_E$ – реакция шарнирно-подвижной опоры в точке E; $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ – составляющие реакции шарнира C. Силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю $X_C = X'_C$, $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.10, *a*, *b*). Действующие на балку EC силы образуют плоскую уравновешенную систему сил. Выберем систему координат xCy, как показано на рис. 1.10, *b*, и составим уравнения равновесия. При этом центром, относительно которого будем считать моменты сил, выберем точку C. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0,\ \sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0,$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot CD - Q_2 \cdot CH + R_E \cdot CK = 0.$$

Здесь плечи сил: $CD = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a$, $CH = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - a$, $CK = 2a\,\mathrm{tg}30^\circ$. Заменяя в уравнениях величины X'_C на X_C, а Y'_C на Y_C и подставляя исходные данные, получим систему уравнений:

$$X_A + X_C + 4 = 0,\ Y_A + Y_C = 0,\ -M_A - 4X_C + 2Y_C - 25 = 0,$$

$$X_C + 15{,}59 = 0,\ -Y_C + R_E - 9 = 0,\ 2{,}31R_E - 27{,}14 = 0,$$

откуда найдём величины реакции жесткой заделки и реакции шарниров:

$$X_A = 11{,}59 \text{ кН},\ Y_A = -2{,}76 \text{ кН},\ M_A = 42{,}87 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН},\ Y_C = 2{,}76 \text{ кН},\ R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Модули реакций жесткой заделки A и шарнира C:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91 \text{ кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83 \text{ кН}.$$

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

Кинематикой называется раздел механики, в котором изучаются свойства движения материальных тел без учета их масс и действующих на них сил.

2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

Векторный способ основан на определении положения точки ее радиусом-вектором в виде векторного уравнения $\vec{r} = \vec{r}(t)$. При **координатном способе** задания движения точки положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$. **Естественный способ** задания движения используется, если заранее известна траектория движения точки. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $\breve{OM} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки O, принятой за начало отсчета.

Мгновенная скорость, или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиуса-вектора точки: $\vec{V} = \dot{\vec{r}}$. Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.

При координатном способе задания движения величины проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$. При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau}$, где $S = S(t)$

– закон изменения длины дуги, $\vec{\tau}$ –единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону возрастающих расстояний.

Величина $V = |\dot{S}|$ называется алгебраической скоростью точки. При $\dot{S} > 0$ вектор скорости $\vec{V}$ направлен по единичному вектору $\vec{\tau}$ – в сторону возрастающих расстояний. При $\dot{S} < 0$ он имеет направление, противоположное единичному вектору $\vec{\tau}$, т. е. в сторону убывающих расстояний.

Мгновенное ускорение, или ускорение точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \dot{\vec{V}} = \ddot{\vec{r}}$. При координатном способе проекции вектора ускорения $\vec{a}$ на координатные оси – величины a_x, a_y, a_z – определяются равенствами: $a_x = \dot{V}_x = \ddot{x}$, $a_y = \dot{V}_y = \ddot{y}$, $a_z = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

При естественном способе задания движения вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$, параллельные осям n и τ естественной системы координат, и представляется в виде равенства $\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n}$, или $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор оси, касательной к траектории (касательная ось); $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор главной нормали траектории. Величина a_n называется **нормальным ускорением** точки и вычисляется по формуле: $a_n = \frac{V^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны траектории. (У окружности радиус кривизны равен её радиусу, у прямой линии – бесконечности.) Вектор $\vec{a}_n$ нормальной составляющей ускорения всегда направлен к центру кривизны траектории. При движении по окружности радиус кривизны траектории равен радиусу окружности, а центр кривизны траектории совпадает с центром окружности. Величина a_τ называется **касательным ускорением** и равна модулю второй

производной от заданного закона изменения длины дуги: $a_\tau = |\ddot{S}|$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги. Направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_\tau$ зависит от знака второй производной $\ddot{S}$. При $\ddot{S} > 0$ вектор $\vec{a}_\tau$ в направлен в сторону возрастающих расстояний, по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$, при $\ddot{S} < 0$ – в сторону убывающих расстояний (противоположно единичному вектору $\vec{\tau}$). Вектор полного ускорения $\vec{a}$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$. Модуль вектора ускорения $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$.

2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси

Движение тела, при котором все точки некоторой его прямой остаются неподвижными, называется **вращательным**, а указанная прямая называется осью вращения. Вращение тела задается углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ подвижной плоскости, связанной с телом, относительно некоторого ее начального положения. Направление вращения с возрастанием угла поворота считается положительным.

Величина **угловой скорости** вращения тела равна модулю производной от угла поворота тела по времени: $\omega = |\dot{\varphi}|$. Направление угловой скорости вращения тела зависит от знака производной $\dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ вращение происходит в положительном направлении, в сторону возрастания угла поворота, при $\dot{\varphi} < 0$ – в отрицательном. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ направлен вдоль оси вращения в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки.

Величина **углового ускорения** при вращении тела равна модулю второй производной от угла поворота тела по времени: $\varepsilon = |\ddot{\varphi}|$. Если $\ddot{\varphi}$ одного знака с $\dot{\varphi}$, то угловое ускорение ускоряет вращение тела, если разных знаков, то угловое ускорение замедляет вращение.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки вращающегося твердого тела** (в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Величина скорости рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – величина угловой скорости тела; h – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости точки лежит в плоскости, описываемой точкой окружности, и направлен по касательной к ней в сторону вращения тела. Отношение скоростей двух точек вращающегося тела равно отношению расстояний от этих точек до оси: $\frac{V_{M1}}{V_{M2}} = \frac{h_1}{h_2}$.

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений: $\vec{a}_M = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. Величины касательного, нормального и полного ускорений точки вращающегося тела, соответственно: $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$, $a_M = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; h – расстояние от точки до оси вращения.

2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела

Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной плоскости. Плоское движение представляется в виде суммы мгновенного поступательного движения, при котором все точки плоской фигуры движутся со скоростью выбранной точки-полюса, и мгновенного вращательного движения вокруг этого полюса.

Скорость любой точки M плоской фигуры равна векторной сумме вектора скорости точки-полюса и вектора скорости точки M при вращении тела вокруг этого полюса: $\vec{V}_M = \vec{V}_A + \vec{V}_{MA}$, где $\vec{V}_M$ – скорость точки M; $\vec{V}_A$ – скорость

полюса A; $\vec{V}_{MA}$ – вектор скорости точки M при вращении тела вокруг полюса A, модуль скорости $V_{MA} = \omega \cdot MA$, где ω – угловая скорость мгновенного вращательного движения тела вокруг полюса; MA – расстояние между полюсом A и точкой M.

Мгновенным центром скоростей называется такая точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Выбрав в качестве полюса мгновенный центр скоростей, скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы мгновенное движение фигуры было вращательным вокруг мгновенного центра скоростей.

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек A и B плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей (рис. 2.1, *a*).

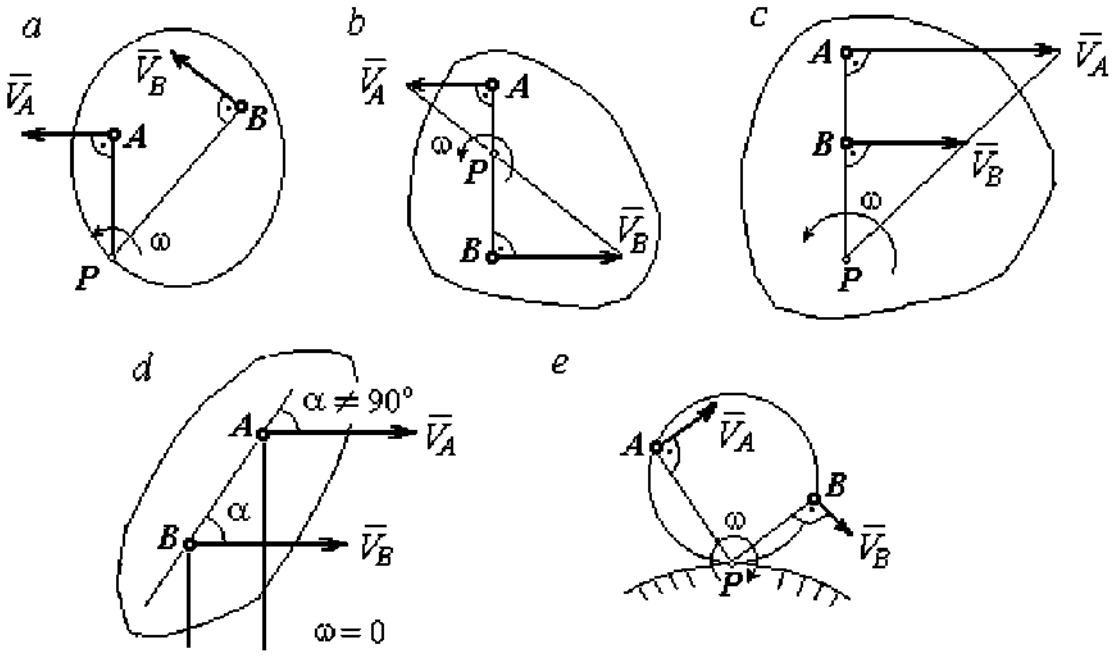


Рис. 2.1. Способы построения мгновенного центра скоростей

2. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек A и B плоской фигуры известны и параллельны друг другу, а линия AB перпендикулярна $\vec{V}_A$ (и, конечно, $\vec{V}_B$), то мгновенный центр скоростей определяется как точка пересечения линий, проведенных через основания и вершины векторов скоростей (построение показано на рис. 2.1, *b*, *c*).

3. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек A и B параллельны друг другу, но линия AB, соединяющая эти точки, не перпендикулярна векторам скоростей (рис. 2.1, *d*), то мгновенная угловая скорость тела равна нулю и движение тела в данный момент времени является мгновенным поступательным. В этом случае скорости всех точек равны по величине и направлению.

4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью (рис. 2.1, *e*).

Ускорение любой точки *M* плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов – ускорения полюса и ускорения точки M при вращении фигуры вокруг полюса. Учитывая, что ускорение точки вращающегося тела представляется как сумма нормального и касательного ускорений, получим:

$$\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M при вращении фигуры вокруг полюса A.

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{n}_{MA}$ всегда направлен от точки M к полюсу A. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку AM в сторону вращения, если оно ускоренное (рис. 2.2, *a*), и против вращения, если оно замедленное (рис. 2.2, *b*). Численно величины касательного и нормального составляющих ускорения точки M определяются по формулам:

$$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM, \quad a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM,$$

где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки M до полюса A (см. рис. 2.2).

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса A и точки M, то для определения ускорения точки M используется векторное равенство

$$\vec{a}^{\tau}_{M} + \vec{a}^{n}_{M} = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

где $\vec{a}^{\tau}_{M}$, $\vec{a}^{n}_{M}$, $\vec{a}^{\tau}_{A}$, $\vec{a}^{n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M и полюса A при движении их по заданным траекториям.

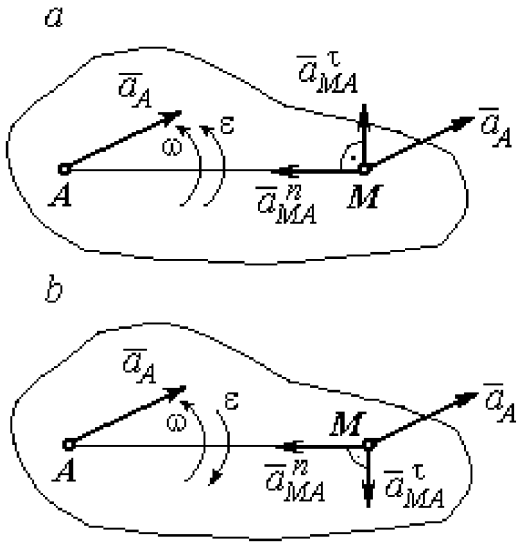
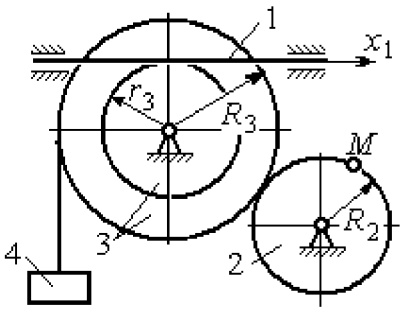
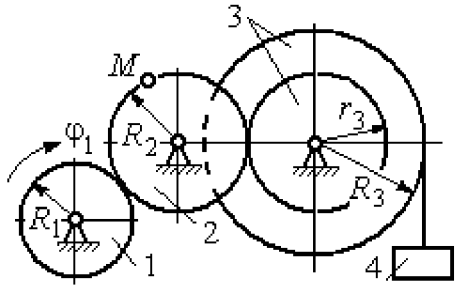
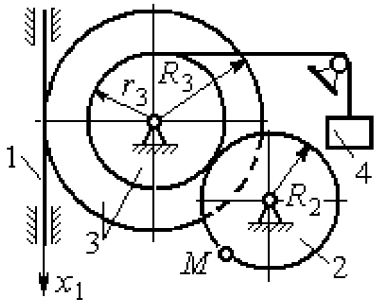


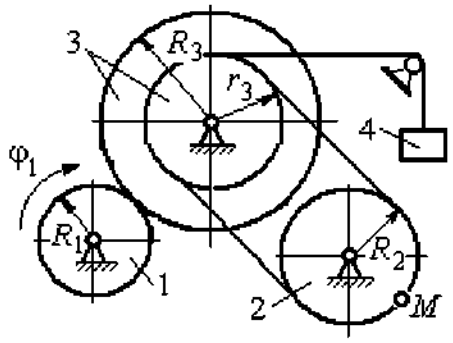
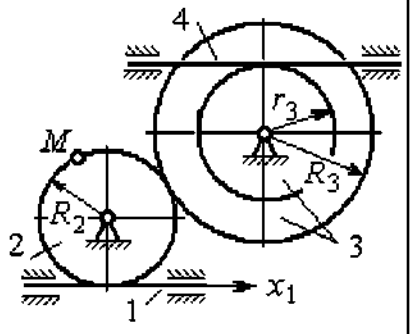
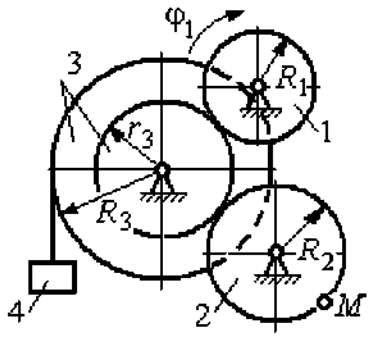
Рис. 2.2. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

2.4. Задание 2. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

По заданному движению одного из звеньев механизма $x_1 = x_1(t)$ (варианты 1, 3, 5, 7, 9) или $\varphi_1 = \varphi_1(t)$ (варианты 2, 4, 6, 8, 10) найти в момент времени t_1 скорость, касательное, нормальное и полное ускорения точки M звена механизма, совершающего вращательное движение, а также скорость и ускорение звена 4, совершающего поступательное движение.

Варианты заданий даны на рис. 2.3, 2.4. Исходные данные представлены в табл. 2.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22	Варианты № 3, 13, 23
		

Варианты № 4, 14, 24	Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
		

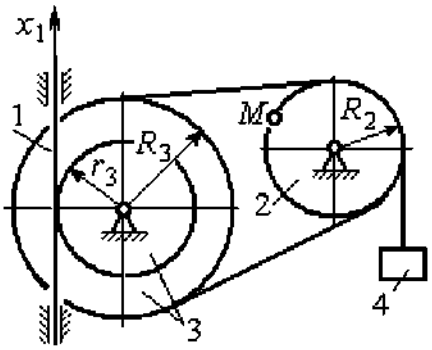
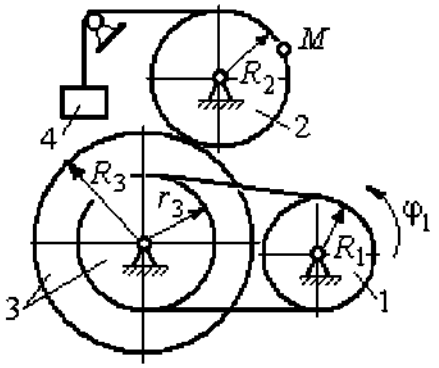
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

Рис. 2.3. Задание 2. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 1 – 8, 11 – 18, 21 – 28

Окончание вариантов задания 2

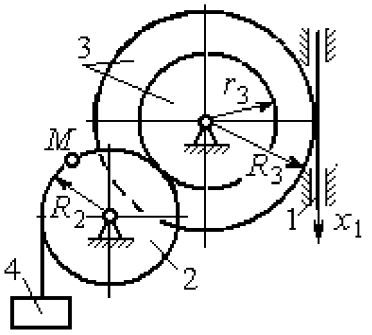
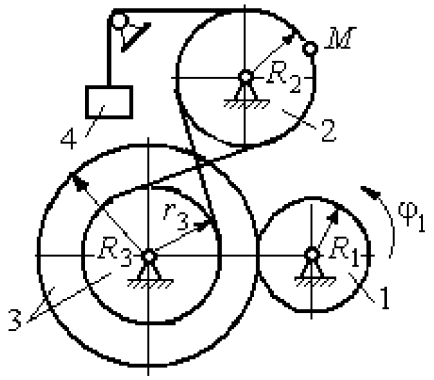
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 2.4. Задание 2. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 2.1

Исходные данные вариантов задания 2. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
1	–	40	45	35	$x_1(t) = (3t-1)^2$	2
2	10	20	38	18	$\varphi_1(t) = t^2 + 6\cos(\pi t/6)$	3
3	–	30	42	18	$x_1(t) = 5t^2 - 2\cos(\pi t/2)$	1
4	15	30	45	20	$\varphi_1(t) = 5t^2 + \cos(\pi t/2)$	2
5	–	30	40	20	$x_1(t) = 6t - \cos(\pi t/3)$	3
6	10	20	30	10	$\varphi_1(t) = t^3 - \cos(\pi t/2)$	1
7	–	30	40	30	$x_1(t) = 2\sin(\pi t/2) + \cos(\pi t/2)$	2
8	8	10	30	25	$\varphi_1(t) = 5t + \cos(\pi t/2)$	2
9	–	18	30	18	$x_1(t) = 5t + \cos(\pi t/3)$	3
10	15	30	50	20	$\varphi_1(t) = 2t^2 + \sin(\pi t/4)$	2
11	–	30	40	25	$x_1(t) = (t^2 - 3t)$	2
12	12	20	40	28	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 6\sin(\pi t/6)$	3
13	–	25	60	42	$x_1(t) = 2t^2 + \cos(\pi t/2)$	1
14	10	30	45	30	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 2\cos(\pi t/2)$	2

Окончание табл. 2.1

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
15	–	20	30	20	$x_1(t)=3t^2-\cos(\pi t/3)$	3
16	12	18	40	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\cos(\pi t/2)$	1
17	–	20	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	2
18	15	18	40	25	$\varphi_1(t)=5t+\cos(\pi t/2)$	1
19	–	22	50	18	$x_1(t)=t^2+\cos(\pi t/3)$	3
20	10	20	45	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\sin(\pi t/4)$	4
21	–	20	40	20	$x_1(t)=t+(3t-4)^2$	2
22	8	18	42	18	$\varphi_1(t)=2t^2+12\cos(\pi t/6)$	3
23	–	45	60	40	$x_1(t)=4t^2+\sin(\pi t/2)$	1
24	5	15	30	20	$\varphi_1(t)=2t^2+4\cos(\pi t/2)$	2
25	–	15	35	25	$x_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/3)$	3
26	18	20	35	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\sin(\pi t/2)$	1
27	–	15	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	1
28	10	12	40	25	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/2)$	1
29	–	35	50	10	$x_1(t)=t^3-\cos(\pi t/2)$	1
30	10	20	40	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/4)$	4

Пример выполнения задания 2. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

По заданному уравнению движения звена 1 механизма (рис. 2.5, *а*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки M на момент времени t_1, а также скорость и ускорение звена 4, если значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: $R_2 = 20$ см, $r_2 = 5$ см, $R_3 = 8$ см, $r_3 = 4$ см, $x_1 = 2t^2 - 5t$ см, $t_1 = 1$ с.

Решение

Отметим на схеме положительные направления отсчета углов поворота дисков 2 и 3, соответствующие заданному положительному направлению движения звена 1.

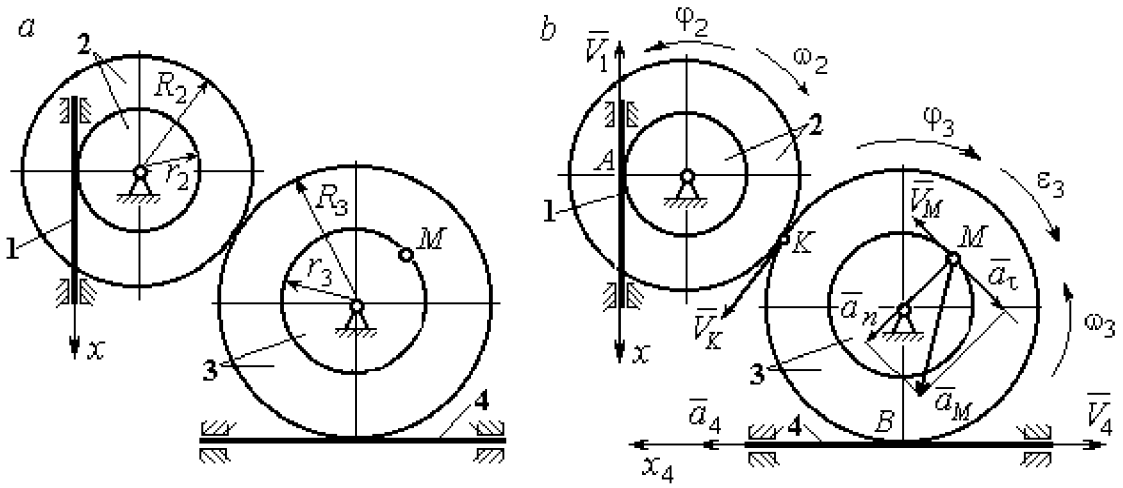


Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

Направления показаны на рис. 2.5, *b* дуговыми стрелками φ_2, φ_3, а положительное направление движения звена 4 – направлением оси x_4.

Звено 1 движется поступательно. Движение задано координатным способом в виде закона изменения координаты x. Дифференцируем по времени уравнение движения: $\dot{x} = 4t - 5$ см/с. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной: $\dot{x}(1) = -1$ см/с. Отрицательное значение производной $\dot{x}$ показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в отрицательном направлении оси x. Скорость звена 1 равна модулю производной: $V_1 = |\dot{x}|$. На рис. 2.5, *b* направление движения звена 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано вектором скорости $\vec{V}_1$, направленным в сторону, противоположную положительному направлению оси x. Эту же скорость будет иметь точка A – точка контакта звена 1 с диском 2, лежащая на расстоянии r_2 от оси вращения диска. Следовательно, $V_1 = V_A = \omega_2 r_2$, где ω_2 – угловая скорость диска 2. Отсюда угловая скорость

диска: $\omega_2 = \frac{V_A}{r_2} = \frac{|4t-5|}{5} = |\dot{\varphi}_2|$ рад/с. При $t_1 = 1$ с значение производной отрицательно: $\dot{\varphi}_2(1) = -0{,}2$ рад/с. Это означает, что в заданный момент времени вращение диска 2 с угловой скоростью $\omega_2(1) = |\dot{\varphi}_2(1)| = 0{,}2$ рад/с происходит в отрицательном для диска 2 направлении. На рис. 2.5, *b* направление вращения диска 2 показано дуговой стрелкой ω_2 в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_2. При передаче вращения диска 2 диску 3 величины угловых скоростей дисков обратно пропорциональны радиусам дисков, которым принадлежит точка контакта: $\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{R_3}{R_2}$. Тогда угловая скорость диска 3 $\omega_3 = \omega_2 \frac{R_2}{R_3} = |2t - 2{,}5| = |\dot{\varphi}_3|$ рад/с.

В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной $\dot{\varphi}_3$ отрицательно: $\dot{\varphi}_3(1) = -0{,}5$ рад/с, и, следовательно, вращение диска 3 в данный момент времени с угловой скоростью $\omega_3(1) = |\dot{\varphi}_3(1)| = 0{,}5$ рад/с происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_3, как показано на рис. 2.5, *b*. Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M = \omega_3 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с модуль скорости $V_M(1) = 2$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ расположен по касательной к траектории движения точки *M* (окружности) и направлен в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Скорость звена 4 равна скорости точки касания его с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3 = |2t - 2{,}5| \cdot 8 = |\dot{x}_4|$. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной от координаты движения звена 4 отрицательно: $\dot{x}_4(1) = -4$ см/с. В результате, вектор скорости $\vec{V}_4(1)$, равный по модулю $V_4(1) = 4$ см/с, направлен вдоль оси x_4 в сторону, противоположную ее положительному направлению (см. рис. 2.5, *b*).

Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3(t) = |\dot{\omega}_3| = |\ddot{\varphi}_3| = 2$ рад/с^2. Из того, что угловая скорость ω_3 и угловое ускорение $\dot{\omega}_3$ диска 3 имеют разные знаки, следует, что вращение диска 3 замедленное. Угловое ускорение диска направлено в сторону положительного направления отсчета угла поворота φ_3, диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Касательное ускорение a_τ точки M рассчитывается по формуле $a_\tau = \varepsilon_3 r_3$ и в момент времени $t_1 = 1$ с: $a_\tau = 8$ см/с^2. Так как вращение диска 3 замедленное, вектор касательного ускорения точки M $\vec{a}_\tau(t)$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_M(1)$ (см. рис. 2.5, *b*). Нормальное ускорение a_n точки M рассчитывается как $a_n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения: $a_n(1) = 1$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_n(1)$ направлен по радиусу к центру диска 3 (см. рис. 2.5, *b*). Полное ускорение точки M в заданный момент времени: $a_M(1) = \sqrt{a_\tau^2(1) + a_n^2(1)} = 8{,}06$ см/с^2. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$.

Ускорение a_4 звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \dot{V}_4 = = \dot{V}_B = |\dot{\omega}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

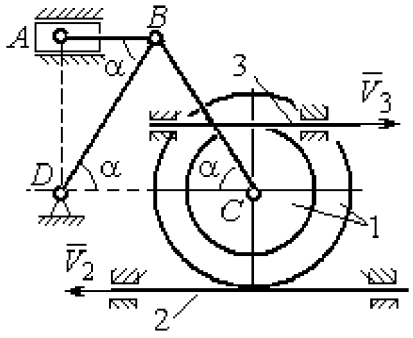
Так как угловое ускорение диска 3 является постоянной величиной, ускорение a_4 не зависит от времени: $a_4 = 16$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_4$ направлен вдоль оси x_4 в сторону положительных значений.

2.5. Задание 3. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить скорости точек и угловые скорости звеньев механизма.

Варианты заданий показаны на рис. 2.6 – 2.8. Исходные данные вариантов заданий выбираются из таблиц, приведённых на рисунках схем механизмов.

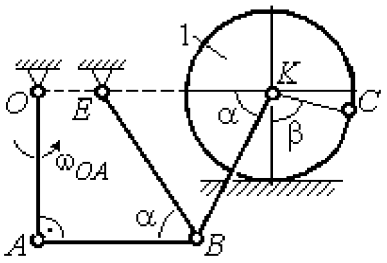
Варианты № 1, 11, 21



Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_{AB}, \omega_{BC}, \omega_1, \omega_{BD}$

Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	AD, см	α, град	V_2, см/с	V_3, см/с
1	10	5	20	30	8	10
11	12	8	25	45	10	4
21	10	6	15	60	5	5

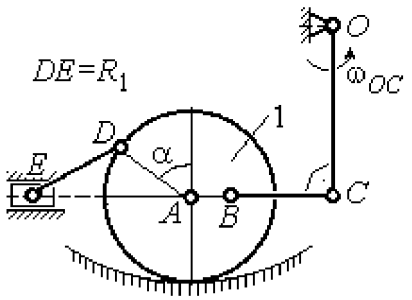
Варианты № 2, 12, 22



Найти: V_A, V_B, V_K, $\omega_1, \omega_{AB}, \omega_{OA}$, ω_{BE}, ω_{BK}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	OE, см	α, град	β, град	V_C, см/с
2	3	5	4	30	60	10
12	4	8	6	45	90	8
22	5	12	2	60	120	12

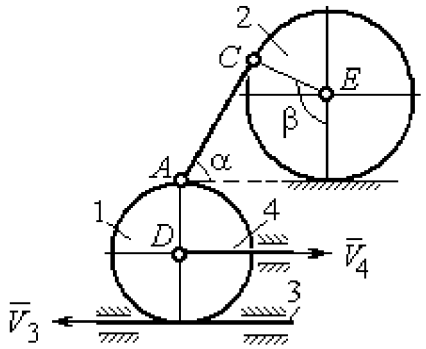
Варианты № 3, 13, 23



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, $\omega_{BC}, \omega_1, \omega_{DE}$

Номер варианта задания	R_1, см	OC, см	AB, см	BC, см	α, град	ω_{OC}, рад/с
3	12	18	10	35	60	4
13	10	15	10	25	90	8
23	15	20	5	20	120	6

Варианты № 4, 14, 24

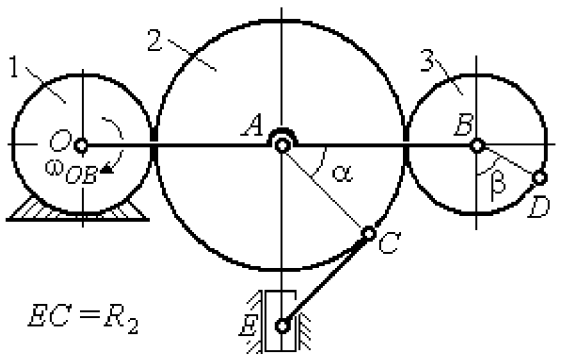


Найти: V_A, V_C, V_E, $\omega_1, \omega_2, \omega_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	α, град	β, град	V_3, см/с	V_4, см/с
4	10	15	30	60	8	4
14	6	10	45	90	4	6
24	10	12	60	120	3	3

Рис. 2.6. Задание 3. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

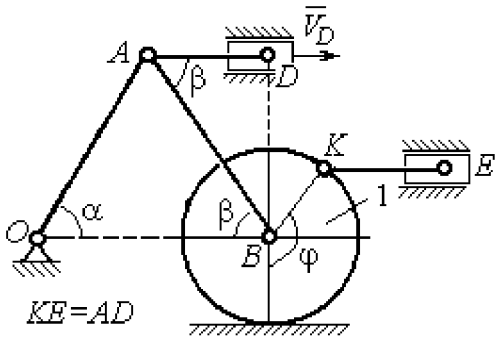
Варианты № 5, 15, 25



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, ω_2, ω_3, ω_{EC}

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	α, град	β, град	ω_{OB}, рад/с
5	10	20	12	60	0	6
15	6	18	10	90	90	8
25	20	25	15	120	180	4

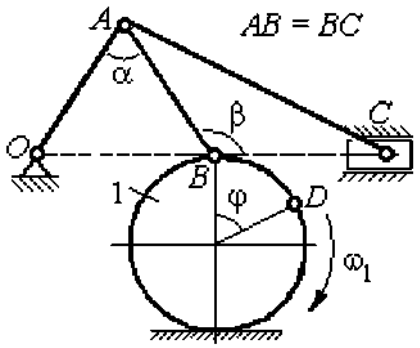
Варианты № 6, 16, 26



Найти: V_A, V_B, V_K, V_E, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}, ω_{KE}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
6	10	20	30	60	60	12
16	12	26	30	30	90	8
26	15	30	60	60	120	15

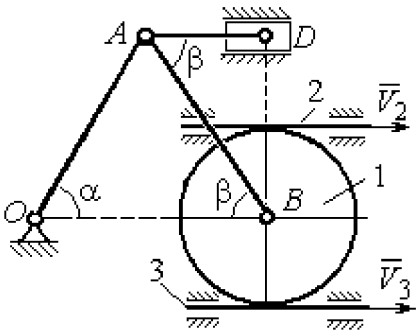
Варианты № 7, 17, 27



Найти: V_A, V_B, V_C, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AC}

Номер варианта задания	R_1, см	AB, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
7	10	20	30	60	60	12
17	12	25	60	120	90	16
27	8	16	30	60	120	10

Варианты № 8, 18, 29

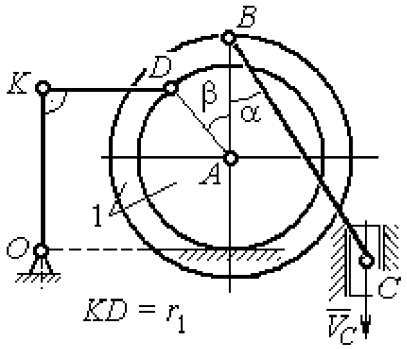
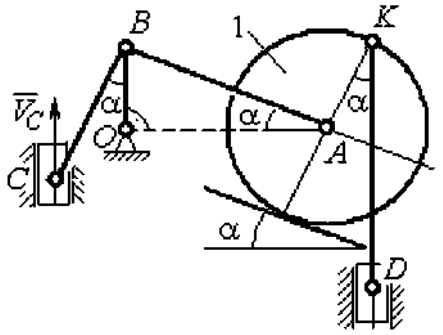


Найти: V_A, V_B, V_D, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	V_2, см/с	V_3, см/с
8	10	20	30	60	12	4
18	12	26	30	30	8	2
28	15	30	60	60	6	3

Рис. 2.7. Задание 3. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Окончание вариантов задания 3

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: ω_{OK}, ω_{KD}, ω_{BC}, ω_1, V_A, V_B, V_K, V_D	 Найти: V_A, V_B, V_D, V_K, ω_{CB}, ω_1, $\omega_{OB}, \omega_{AB}, \omega_{KD}$

Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	α, град	β, град	BC, см	V_C, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	CB, см	OB, см	KD, см	α, град	V_C, см/с
9	20	12	45	60	60	8	**10**	10	20	30	60	30	4
19	24	16	60	90	50	4	**20**	12	26	30	50	45	2
29	16	10	30	120	40	6	**30**	15	30	60	60	60	3

Рис. 2.8. Задание 3. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Пример выполнения задания 3. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Задача 1. Плоский механизм (рис. 2.9) состоит из стержня OC и подвижных дисков 2 и 3 радиусами r_2, r_3, шарнирно закрепленными на стержне, соответственно, в точках A и C. Стержень OC вращается вокруг неподвижного центра O с угловой скоростью ω_{OC}. Диск 2, увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по неподвижной поверхности диска 1 радиусом r_1. Диск 3, также увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по подвижному диску 2. В точке D, расположенной на краю диска 3, шарнирно прикреплен

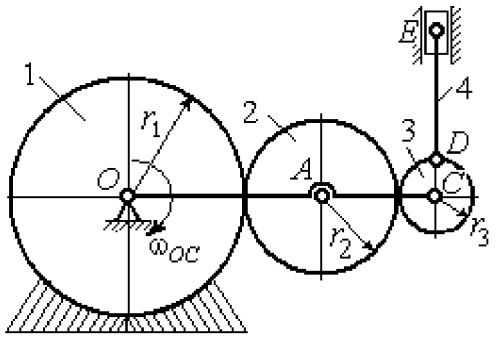


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

стержень 4, к которому в точке E шарнирно прикреплен поршень E, способный совершать только вертикальное перемещение. Для заданного положения механизма (см. рис. 2.9), когда стержень OC горизонтален, стержень DE направлен по линии вертикального диаметра диска 3, найти скорости точек A, C, D, E, угловые скорости дисков 2, 3 и стержня 4, если: r_1 = 6 см, r_2 = 4 см, r_3 = 2 см, DE = 10 см, ω_{OC} = 1 рад/с.

Решение

Определим скорость точки A, общей для стержня OC и диска 2: $V_A = \omega_{OC}(r_1 + r_2)$ = 10 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ перпендикулярен стержню OC и направлен в сторону его вращения (см. рис. 2.10).

Диск 2 катится по неподвижной поверхности диска 1. Точка касания диска 2 с неподвижным диском 1 является мгновенным центром скоростей диска 2. На рис. 2.10 центр скоростей диска 2 обозначен точкой P_2. В этом случае скорость точки A может быть определена через угловую скорость диска ω_2 следующим образом: $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = 4\omega_2$. Так как V_A = 10 см/с, получим ω_2 = 2,5 рад/с.

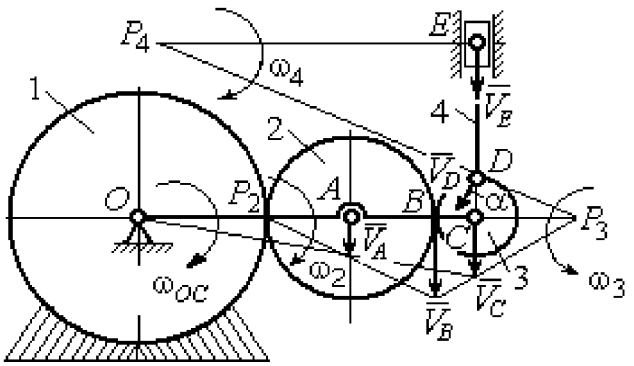


Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Для того чтобы найти угловую скорость диска 3, необходимо определить положение его мгновенного центра скоростей. С этой целью вычислим скорости точек B и C. Скорость точки B может быть найдена через угловую скорость диска 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2$ = 20 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен отрезку BP_2 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 2 вокруг своего центра скоростей P_2.

Скорость точки C определяется через угловую скорость стержня OC: $V_C = \omega_{OC}(r_1 + 2r_2 + r_3) = 16$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен стержню OC и направлен в сторону его вращения (рис. 2.10).

Построение мгновенного центра скоростей P_3 диска 3 по известным скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ показано на рис. 2.10. Его положение определяется из условия, что отношение скоростей двух точек тела, совершающего плоскопараллельное движение, равно отношению расстояний от этих точек до мгновенного центра скоростей: $\frac{V_B}{V_C} = \frac{r_3 + CP_3}{CP_3}$. Разрешая пропорцию относительно неизвестной величины CP_3, получим: $CP_3 = 8$ см. Скорость точки C выражается через угловую скорость диска 3: $V_C = \omega_3 \cdot CP_3$. Отсюда величина угловой скорости диска 3: $\omega_3 = \frac{V_C}{CP_3} = 2$ рад/с. Направление мгновенного вращения диска 3 вокруг своего центра скоростей определяется известными направлениями скоростей точек C и B, принадлежащих диску 3 (см. рис. 2.10). Скорость точки D $V_D = \omega_3 \cdot DP_3 = 2 \cdot \sqrt{2^2 + 8^2} = 16{,}5$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен отрезку DP_3 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 3 вокруг центра P_3.

Для определения скорости поршня E воспользуемся теоремой о проекциях скоростей точек плоской фигуры, согласно которой проекции скоростей двух точек плоской фигуры на ось, проходящую через эти точки, равны между собой. Проведем ось через точки D и E. По построению угол α между вектором $\vec{V}_D$ и осью DE равен углу $\angle DP_3C$ (см. рис. 2.10). Тогда $\cos\alpha = \frac{CP_3}{DP_3} = \frac{8}{\sqrt{2^2 + 8^2}} = 0{,}97$, откуда $\alpha = 14^\circ$. На основании теоремы о проекциях скоростей точек плоской фигуры имеем равенство: $V_D \cos\alpha = V_E \cos 0$, откуда скорость точки E: $V_E = 16$ см/с.

Мгновенный центр скоростей стержня 4 – точка P_4 – определяется как точка пересечения перпендикуляров к векторам скоростей $\vec{V}_D$ и $\vec{V}_E$, восстановленных, соответственно, из точек D и E (см. рис. 2.10). Угловая скорость стержня 4, совершающего мгновенный поворот вокруг своего центра скоростей, равна: $\omega_4 = \dfrac{V_E}{EP_4}$, где EP_4 – расстояние от точки E до мгновенного центра скоростей звена 4, $EP_4 = DE \cdot \mathrm{ctg}\alpha$ = 40 см. В результате ω_4 = 0,4 рад/с. Направление мгновенного вращения звена 4 вокруг своего центра скоростей определяется направлением скорости точки D.

Задача 2. В плоском стержневом механизме (рис. 2.11) кривошипы OA и ED вращаются вокруг неподвижных центров O и E. В крайней точке D кривошипа ED к нему прикреплён шатун DB, второй конец которого в точке B прикреплён к кривошипу OA. Шатун AC прикреплён в точке A к кривошипу AO, а другим своим концом – к ползуну C, способному совершать только вертикальное движение. Все соединения шарнирные. В заданном положении механизма кривошип OA вертикален, шатун DB расположен горизонтально, кривошип ED наклонен под углом 60° к горизонтали, а шатун AC отклонён на угол 30° от вертикального положения кривошипа AO. Найти скорости всех отмеченных на схеме точек и угловые скорости всех звеньев, если линейные размеры звеньев механизма AC = 6 см, AB = 2 см, BO = 8 см, DB = 10 см и скорость ползуна в данный момент V_C = 4 см/с.

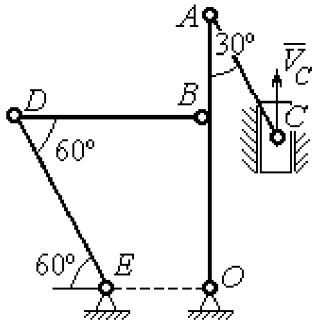


Рис. 2.11. Стержневой механизм

Решение

Кривошипы OA и ED совершают вращательные движения вокруг неподвижных центров. Скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ точек A и B перпендикулярны

кривошипу OA, а скорость $\vec{V}_D$ точки D перпендикулярна кривошипу ED. Направления векторов скоростей точек показаны на рис. 2.12.

Шатун AC совершает плоскопараллельное движение. Его мгновенный центр скоростей P_1 находится как точка пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$. Угловая скорость звена AC $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{P_1C} = \dfrac{V_C}{AC \cdot \sin 30^\circ} = \dfrac{4}{3}$ рад/с. Далее, полагая, что точка A принадлежит шатуну AC, найдем её скорость:

$$V_A = \omega_{AC} \cdot P_1A = \frac{4}{3} AC \cdot \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \text{ см/с.}$$

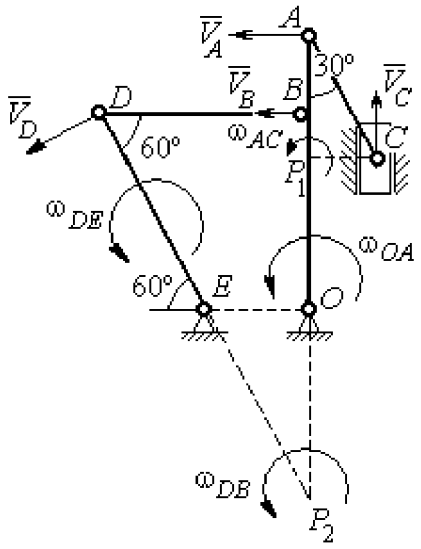


Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Теперь, исходя из того, что точка A принадлежит как шатуну AC, так и кривошипу OA, найдём его угловую скорость: $\omega_{AO} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}4\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки B кривошипа $V_B = \omega_{AO} \cdot OB = 3{,}2\sqrt{3}$ см/с.

Шатун DB совершает плоскопараллельное движение. Зная направления скоростей точек B и D, построим мгновенный центр скоростей P_2 звена DB как точку пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_D$ (см. рис. 2.12). Тогда угловая скорость шатуна DB: $\omega_{DB} = \dfrac{V_B}{P_2B} = \dfrac{3{,}2\sqrt{3}}{DB \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} =$ 0,32 рад/с. Скорость точки D: $V_D = \omega_{DB} \cdot P_2D = 0{,}32 \dfrac{DB}{\sin 30^\circ} =$ 6,4 см/с. Угловая скорость кривошипа DE: $\omega_{DE} = \dfrac{V_D}{DE} = \dfrac{6{,}4}{(OB / \sin 60^\circ)} = 0{,}69$ рад/с.

3. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

3.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы

Поступательное движение твердого тела описывается теоремой о движении центра масс механической системы. В проекциях на координатные оси дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела имеют вид: $m\ddot{x}_C = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y}_C = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z}_C = \sum F^e_{kz}$, где m – масса тела; x_C, y_C, z_C – координаты центра масс тела; F^e_{kx}, F^e_{ky}, F^e_{kz} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на твердое тело.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается теоремой об изменении кинетического момента.

Дифференциальное уравнения вращательного движения тела имеет вид:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k) \quad \text{или} \quad J_z\ddot{\varphi} = \sum M_z(\vec{F}^e_k),$$

где ω – угловая скорость тела; $\omega = \dot{\varphi}$; φ – угол поворота тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где ε – угловое ускорение тела; $\varepsilon = \dot{\omega}$.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается на основании теорем о движении центра масс и изменении кинетического момента относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}, \quad ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}, \quad J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F^e_{kx},

F_{ky}^{e} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^{e})$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение тел системы в отдельности, предварительно освободив их от связей и заменив действие связей реакциями. Далее на основании общих теорем динамики системы следует составить уравнения движения каждого тела.

3.2. Задание 4. Динамический расчет механической системы

Механизм состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3, соединенных нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями.

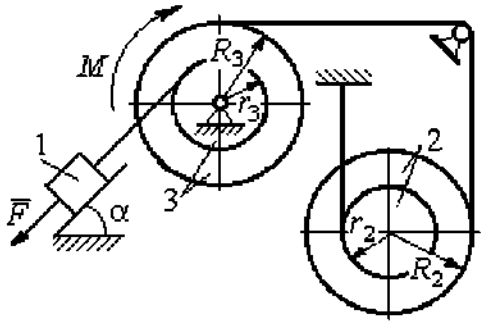
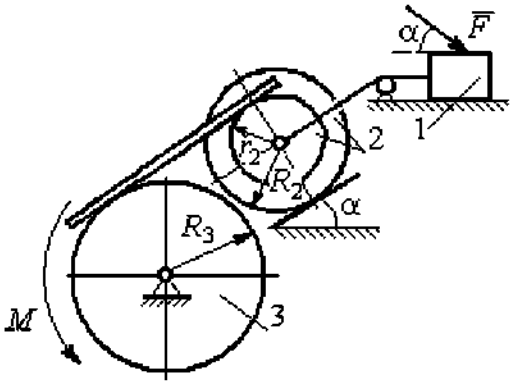
Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Направление действия силы $\vec{F}$ определяется углом α. Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

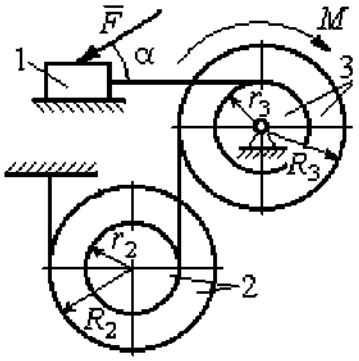
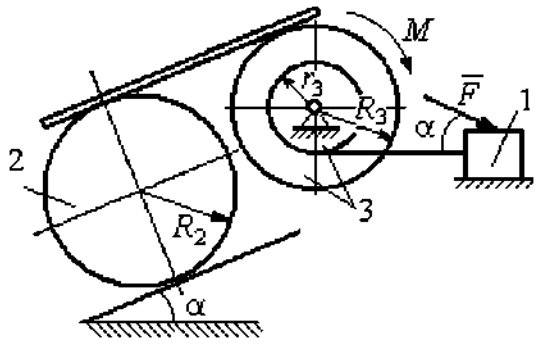
Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены R_2, r_2 и R_3, r_3.

Сплошные диски считать однородными. Радиусы инерции неоднородных (ступенчатых) дисков относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости движения, равны i_{z2}, i_{z3}.

Найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось блока 3.

Варианты заданий представлены на рис. 3.1, 3.2. Исходные данные приведены в табл. 3.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

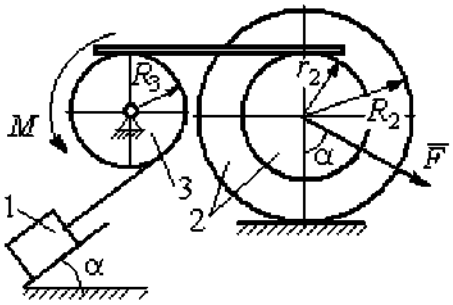
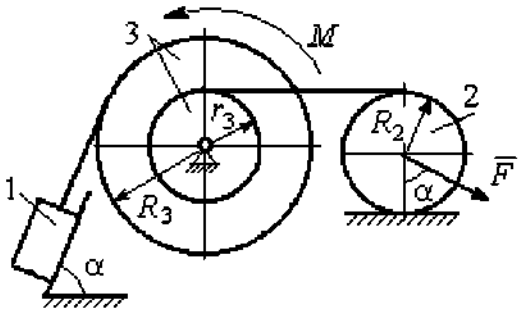
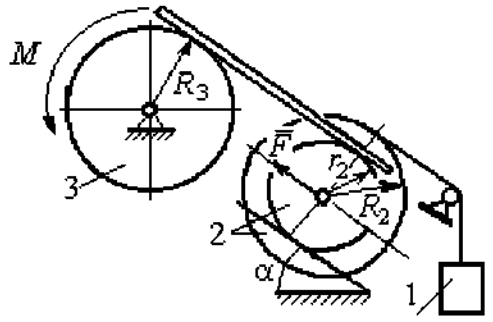
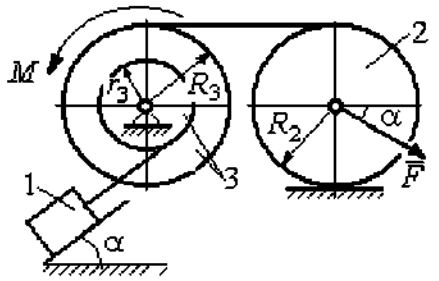
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 3.1. Задание 4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

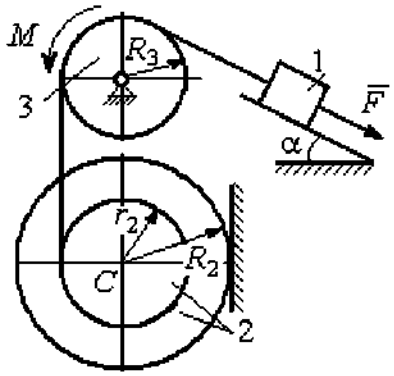
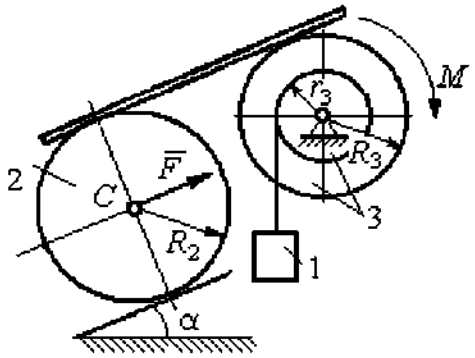
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 3.2. Задание 4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 3.1

Исходные данные задания 4. Динамический расчёт механической системы

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
1	P	P	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
2	$3P$	P	$3P$	$3P$	Pr	30	$2r$	r	$2r$	–	$2r$	–
3	$4P$	$3P$	$4P$	$2P$	$2Pr$	60	$2r$	r	$2r$	r	$2r$	$2r$
4	$2P$	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
5	P	$3P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	r	r	–	$2r$	–
6	P	$2P$	$4P$	$4P$	$6Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
7	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	45	$3r$	r	r	-	$r\sqrt{3}$	–

Окончание табл. 3.1

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
8	$2P$	$3P$	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
9	$3P$	P	$3P$	P	$2Pr$	30	$2r$	r	$2r$	–	$r\sqrt{2}$	–
10	P	P	$3P$	P	$2Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
11	P	P	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{2}$
12	$2P$	P	$2P$	$4P$	Pr	60	$3r$	r	$3r$	–	$r\sqrt{3}$	–
13	$3P$	P	$3P$	$3P$	$2Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
14	$2P$	P	$3P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$
15	P	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$	–
16	P	$3P$	$4P$	$2P$	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{2}$
17	P	P	$3P$	$2P$	$6Pr$	60	$3r$	r	$3r$	-	$r\sqrt{3}$	
18	$2P$	$2P$	$3P$	P	$3Pr$	60	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
19	$2P$	P	$2P$	$3P$	$4Pr$	30	$3r$	r	$3r$	–	$2r$	–
20	P	P	$3P$	P	$2Pr$	45	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
21	$2P$	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	r	$3r$	r	$r\sqrt{2}$	$2r$
22	P	P	$2P$	$5P$	$2Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$2r$	–
23	$2P$	$2P$	$3P$	$3P$	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
24	$4P$	P	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
25	P	$3P$	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	r	–	$r\sqrt{3}$	–
26	P	$3P$	$4P$	$3P$	$3Pr$	45	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$
27	P	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	30	$2r$	r	$2r$	-	$r\sqrt{3}$	
28	$2P$	$3P$	$3P$	P	$6Pr$	30	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{2}$
29	$2P$	P	$2P$	$2P$	$2Pr$	45	$2r$	r	r	–	$2r$	–
30	P	P	$4P$	P	$4Pr$	60	$3r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$

Пример выполнения задания 4. Динамический расчёт механической системы

Механизм (рис. 3.3) состоит из груза 1, однородного диска – катка 2 и неоднородного диска – блока 3, соединённых друг с другом нерастяжимыми нитями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя.

Движение происходит под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, равных по модулю: $P_1 = 2P$, $P_2 = 2P$, $P_3 = 3P$, силы $\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, равной по величине: $F = 3P$, и пары сил с моментом $M = Pr$,

приложенных к блоку 3. Механизм является неизменяемой механической системой. Радиус катка 2 $R_2 = 2r$. Качение катка по наклонной плоскости происходит без проскальзывания. Радиусы ступенчатого блока 3: $R_3 = 3r$, $r_3 = r$. Радиус инерции блока 3 $i_3 = r\sqrt{3}$.

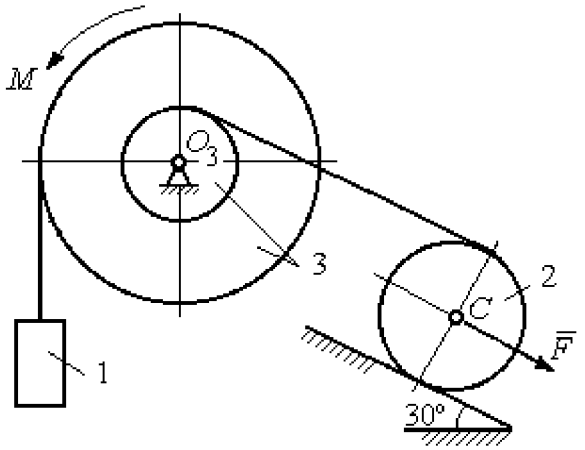


Рис. 3.3. Схема механической системы

Применяя метод динамического расчета механической системы найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось вращающегося блока 3.

Решение

Освобождаем систему от связей. На рис. 3.4 изображены внешние силы, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей.

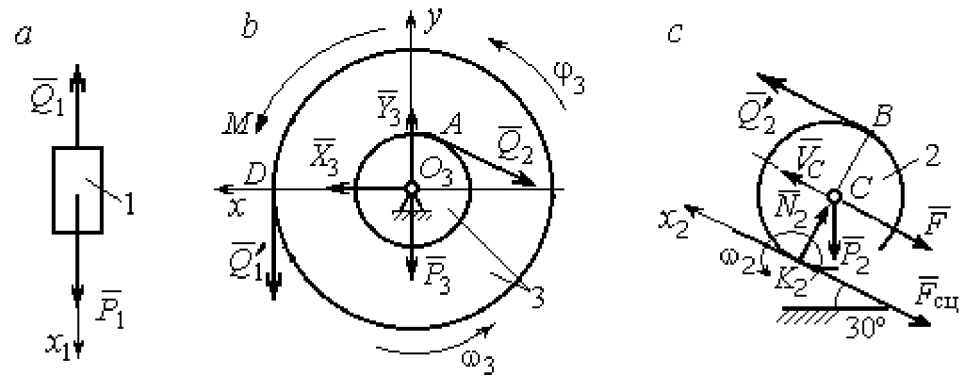


Рис. 3.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:
a – поступательное движение груза 1; *b* – вращательное движение блока 3;
c – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 3.4, *a*). Предположим, груз 1 движется вниз, и направим ось x_1 в сторону движения груза.

Уравнение движения груза в проекции на ось x_1, в соответствии с теоремой о движении центра масс механической системы, имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1,$$

где m_1, a_1 – соответственно масса груза 1 и его ускорение: $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2P}{g}$.

Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси z, проходящей через его центр масс O_3, перпендикулярно плоскости диска. Направление вращения блока, соответствующее выбранному движению вниз груза 1, показано на рис. 3.4, *b* дуговой стрелкой ω_3.

На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, силы реакции подшипника $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, момент M и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$ (см. рис. 3.4, *b*), причем $|\vec{Q}_1'| = |\vec{Q}_2|$. При составлении уравнения вращательного движения блока 3 моменты сил считаем положительными, если они поворачивают блок в сторону его вращения.

Уравнение вращения блока 3 имеет вид:

$$J_{zO_3} \varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r,$$

где J_{zO_3} – момент инерции блока 3 относительно оси z; ε_3 – угловое ускорение диска 3, $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \frac{P_3}{g}(r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$.

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$ и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры $\vec{N}_2$ и силы сцепления катка с поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$. Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ равны. На рис. 3.4, *c* показаны направления действия сил, приложенных к диску 2. В соответствии с направлением движения груза 1, центр масс катка 2 движется вверх параллельно наклонной плоскости. Направление движения центра масс катка 2 показано направлением оси x_2. Направление вращения катка 2 показано дуговой стрелкой угловой скорости ω_2 (см. рис. 3.4, *c*).

Плоскопараллельное движение катка 2 описывается уравнением движения его центра масс и уравнением вращения вокруг оси, проходящей через центр

масс, перпендикулярно плоскости диска. Составляя уравнение движения, получим:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P,$$
$$J_C \varepsilon_2 = Q_2' R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r,$$

где m_2 – масса катка 2, $m_2 = \frac{P_2}{g} = \frac{2P}{g}$; a_C, ε_2 – ускорение центра масс и угловое ускорение катка 2; J_C – момент инерции однородного катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} = \frac{P R_2^2}{g} = \frac{4 P r^2}{g}$. В уравнении вращательного движения диска момент силы считается положительным, если создаваемый им поворот направлен в сторону вращения диска,

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей. Если предположить, что скорость центра масс катка 2 равна V_C, то угловая скорость катка определится по формуле: $\omega_2 = \frac{V_C}{CK_2} = \frac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей (см. рис. 3.4, *c*). Продифференцировав по времени последнее равенство, получим уравнение связи между ускорением центра масс катка 2 и его угловым ускорением: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{R_2} = \frac{a_C}{R_2} = \frac{a_C}{2r}$.

Скорость точки B катка 2 (см. рис. 3.4, *c*) $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = \frac{V_C}{R_2} 2R_2 = 2V_C$.

Точка B катка 2 и точка A блока 3 соединены нитью (см. рис. 3.3), поэтому их скорости равны. Приравняв скорости точек A и B, получим равенство: $\omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \frac{2V_C}{r}$. После дифференцирования последнего выражения найдём соотношение между ускорениями: $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс диска 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда $a_1 = 6a_C$.

В результате получены четыре уравнения, описывающие движение тел в системе:

$$\frac{2P}{g} a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g} \varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g} \varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_C}{2r}$, $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$, $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

которая может быть решена любым известным из курса математики способом.

Например, исключив из первых двух уравнений величину Q_1, а из третьего и четвёртого уравнений – величину $F_{\text{сц}}$, получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\frac{54P}{g} a_C = 7P - Q_2, \quad \frac{3P}{g} a_C = 2Q_2 - 4P,$$

откуда $a_C = \dfrac{10}{111} g$, $Q_2 = \dfrac{79}{37} P$. Величину натяжения нити Q_1 находим из первого уравнения исходной системы: $Q_1 = \dfrac{34}{37} P$.

Для вычисления динамической реакции R_3 оси блока 3 заметим, что центр масс блока 3 неподвижен и его ускорение равно нулю, $\vec{a}_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0,\ m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0,$$

где X_3, Y_3, – проекции реакции R_3 оси вращающегося блока 3 на оси x, y (см. рис. 3.4, *b*). Отсюда, с учетом значений $Q_1 = 0{,}919P$ и $Q_2 = 2{,}135P$, проекции динамической реакции оси блока 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4{,}98P$. Полная величина динамической реакции оси блока 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

3.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении: $T = \frac{1}{2} m V_C^2$, где m – масса тела; V_C – скорость центра масс тела. **Кинетическая энергия тела при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ω – угловая скорость тела. Для дисков с равномерно распределённой массой момент инерции относительно оси z, проходящей через центр масс: $J_z = \frac{1}{2} m R^2$, где R – радиус диска. Для тел с неравномерно распределённой массой $J_z = m i_z^2$, где i_z – радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной по модулю и направлению силы $\vec{F}$ на конечном прямолинейном перемещении S точки приложения силы: $A(F) = FS\cos\alpha$, где α – угол между вектором силы и перемещением. Если угол α острый, работа положительна, если тупой, – отрицательна. При $\alpha = 90^\circ$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

Работа пары сил с постоянным моментом M при повороте тела на конечный угол φ: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы $\vec{F}$ называют величину $N(F)$, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N(F) = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V\cos\alpha$, где V – скорость точки приложения силы; α – угол между вектором силы и вектором скорости точки приложения силы.

При плоском движении тела мощность силы выражается суммой скалярных произведений векторов: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O(\vec{F}) \cdot \vec{\omega} = F \cdot V_O\cos\alpha \pm Fh_O\omega$, где $\vec{V}_O$ – вектор скорости точки O, выбранной полюсом; $\vec{\omega}$ – вектор угловой скорости тела; $\vec{M}_O$ – вектор момента силы $\vec{F}$ относительно полюса; h_O – плечо силы $\vec{F}$ относительно полюса O.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$, где T – кинетическая энергия системы; $\sum N(\vec{F}_k^e)$, $\sum N(\vec{F}_k^i)$ – сумма мощностей соответственно внешних и внутренних сил.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы на её конечном перемещении равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$, где T, T_0 – кинетическая энергия системы соответственно в текущем и начальном состояниях; $\sum A(\vec{F}_k^e)$, $\sum A(\vec{F}_k^i)$ – сумма работ внешних и внутренних сил соответственно при перемещении системы из начального состояния в текущее.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ внутренних сил и, следовательно, сумма мощностей этих сил равны нулю. Поэтому для таких систем в теореме об изменении кинетической энергии достаточно учитывать только внешние силы.

3.4. Задание 5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Неизменяемая механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых нерастяжимой нитью или невесомым стержнем. Нити и стержни, соединяющие диски, параллельны плоскостям качения дисков. Качение дисков осуществляется без скольжения. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует.

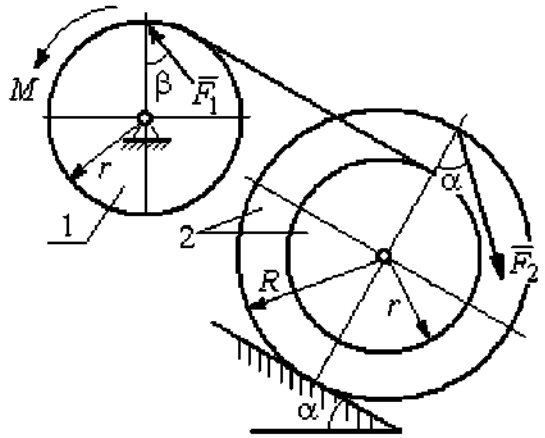
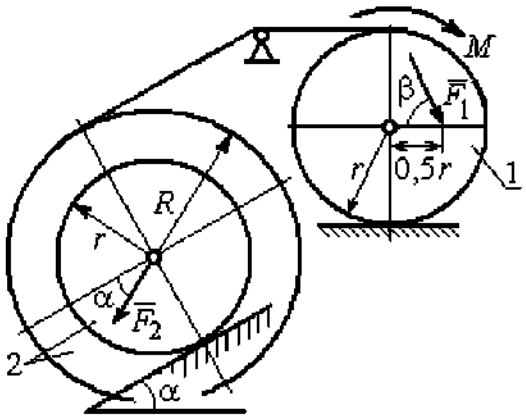
Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и наклон плоскости (если он есть) определяются углами α или β, показанными на схемах механизмов.

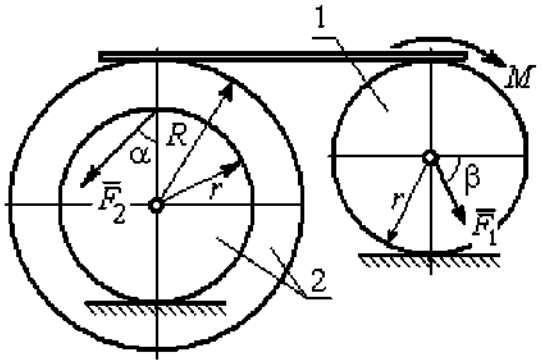
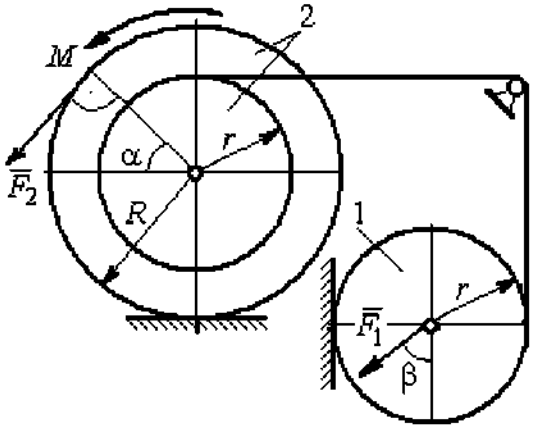
Радиус однородного диска r. Радиусы ступеней ступенчатого диска R и r. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

1. Найти ускорение центра масс диска 2.

2. Найти реакцию опоры диска 2 на плоскость (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с плоскостью).

Варианты задания приведены на рис. 3.5, 3.6, исходные данные представлены в табл. 3.2.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

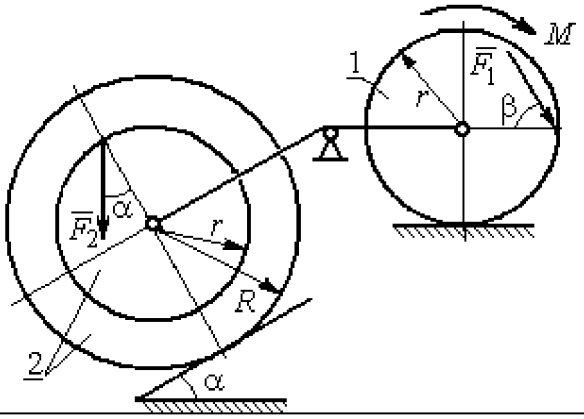
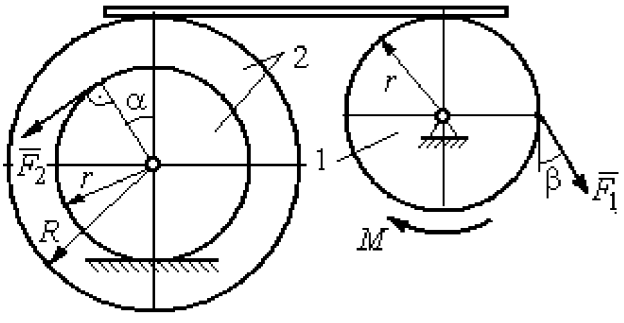
Вариант № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 3.5. Задание 5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания 5

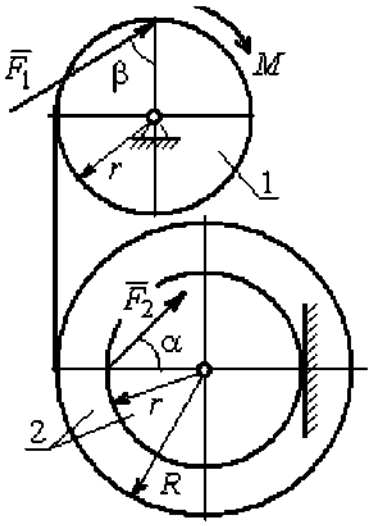
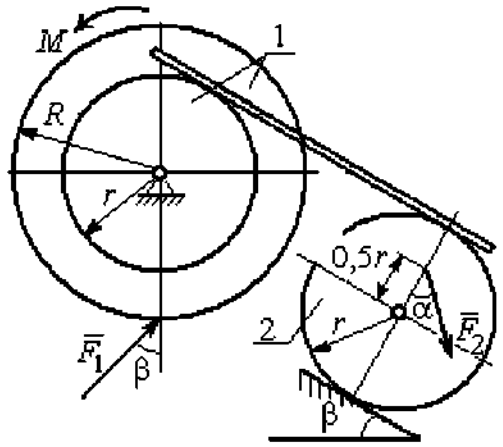
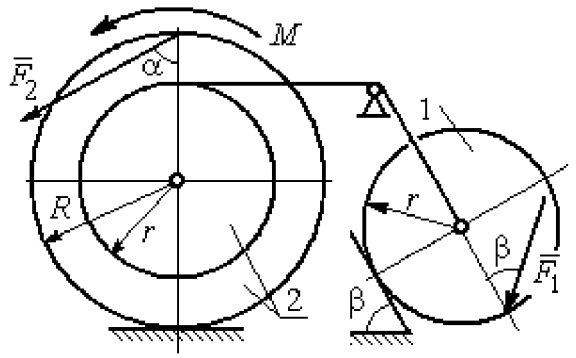
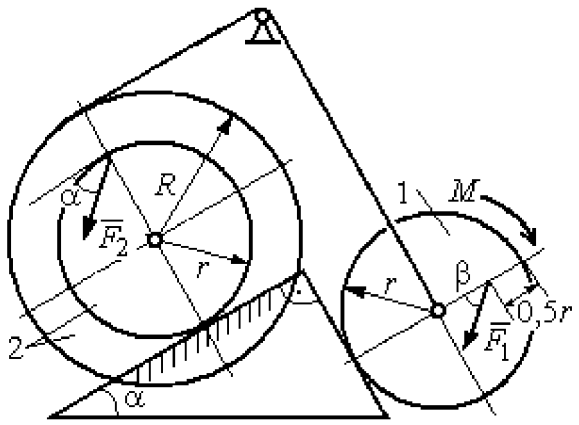
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты 10, 20, 30**
	

Рис. 3.6. Задание 5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 3.2

Исходные данные задания 5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	15	20	25	30	60	0,4	0,3	0,3
2	20	30	10	20	20	60	30	0,6	0,3	0,4
3	10	15	12	20	25	60	60	1,2	0,6	0,8
4	12	25	20	25	35	30	30	1,5	0,5	1,2

Окончание табл. 3.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
5	15	20	10	20	30	60	30	0,8	0,4	0,7
6	18	20	18	22	22	45	60	1,2	0,4	0,9
7	15	25	10	8	20	45	45	0,9	0,6	0,7
8	25	22	10	12	30	45	60	1,0	0,8	0,9
9	12	25	18	10	32	30	30	0,8	0,6	0,7
10	10	15	8	10	28	60	30	1,4	0,7	1,2
11	15	22	20	25	30	60	45	0,6	0,4	0,5
12	20	25	15	40	30	30	60	0,8	0,4	0,6
13	10	20	10	25	30	45	30	1,0	0,5	0,9
14	12	15	18	15	25	30	30	0,9	0,3	0,8
15	20	25	20	20	30	45	60	1,0	0,5	0,8
16	10	15	10	15	16	60	45	1,2	0,4	1,1
17	18	25	12	10	30	30	30	1,5	0,9	1,3
18	25	20	10	15	20	60	60	0,8	0,5	0,7
19	12	25	10	10	32	60	60	1,2	0,9	1,1
20	15	20	8	20	25	30	45	0,8	0,4	0,7
21	10	25	25	15	30	45	30	0,7	0,5	0,6
22	18	20	20	20	35	60	45	1,4	0,7	0,9
23	10	15	10	30	30	30	30	1,4	0,7	0,8
24	10	15	12	20	20	30	30	1,2	0,4	0,8
25	12	18	20	18	30	60	30	1,2	0,6	1,1
26	10	12	12	15	15	30	30	0,9	0,3	0,8
27	15	22	10	12	20	45	60	0,8	0,6	0,7
28	22	20	8	16	8	30	45	0,6	0,2	0,4
29	18	25	10	8	32	60	60	1,2	0,8	1,1
30	20	25	8	20	28	30	30	0,8	0,4	0,6

Пример выполнения задания 5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых невесомым стержнем (рис. 3.7). Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ определяются углами α и β.

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси O_1. Диск 2 катится прямолинейно по горизонтальной поверхности. Качение диска 2 без

проскальзывания. Невесомый стержень, соединяющий диски, расположен горизонтально. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует.

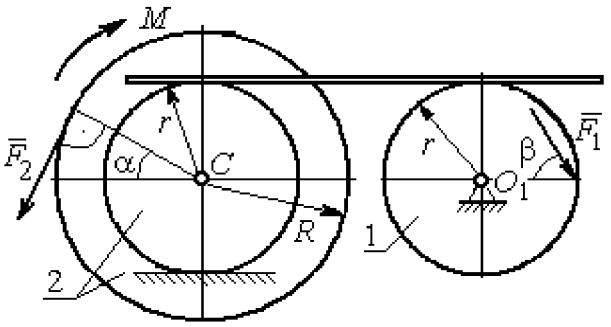


Рис. 3.7. Схема движения механической системы

Определить ускорение центра масс диска 2, угловое ускорение дисков, усилие в стержне, динамическую реакцию шарнира O_1, реакцию опоры диска 2 (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с поверхностью качения), если модули сил тяжести $P_1 = 40$ Н, $P_2 = 60$ Н, модули сил $F_1 = 80$ Н, $F_2 = 30$ Н, величина момента $M = 35$ Н·м, углы наклона сил $\alpha = 30°$, $\beta = 45°$, радиусы дисков $R = 0{,}8$ м, $r = 0{,}6$ м, радиус инерции диска 2 $i_z = 0{,}4$ м.

Решение

Предположим, что во время движения системы диск 1 вращается по ходу часовой стрелки. Угловые скорости ω_1 и ω_2 дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 показаны на рис. 3.8.

На диск 1 действуют силы: $\vec{F}_1$, сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$; на диск 2 – сила $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления диска 2 с поверхностью $\vec{F}_{сц}$. Направления действия сил показаны на рис. 3.8.

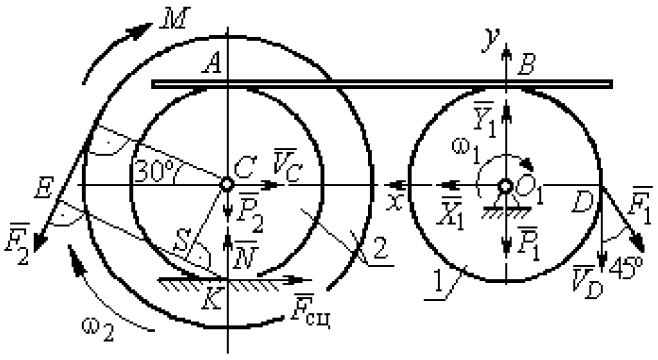


Рис. 3.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. По условию задачи

рассматриваемая система неизменяемая, и, следовательно, сумма мощностей внутренних сил равна нулю. В этом случае теорема об изменении кинетической энергии системы принимает вид $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1: $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где ω_1 – угловая скорость диска 1; J_{zO_1} – осевой момент инерции диска 1, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$. Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где V_C, ω_2 – скорость центра масс и угловая скорость диска 2; J_{zC} – момент инерции ступенчатого диска 2 относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m_2 i_z^2$.

У диска 2 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка *K* на рис. 3.8). Тогда скорость точки *C* определяется по формуле $V_C = \omega_2 \cdot CK = \omega_2 r$, откуда $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки *A* $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 2r$, или $V_A = 2V_C$.

Так как нет проскальзывания между стержнем и дисками, скорость точки *A* на диске 2 равна скорости точки *B* на диске 1, причём $V_B = \omega_1 r$. Приравнивая скорости $V_B = V_A$, найдем $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

С учетом найденных зависимостей кинетические энергии дисков 1 и 2 и суммарная энергия системы имеют вид

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left(\frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left(\frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2.$$

Производная по времени от кинетической энергии системы:

$$\frac{dT}{dt} = 2V_C \frac{dV_C}{dt} \left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) \right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{сц}$ – нормальной реакции опоры диска 2 и силы сцепления диска с плоскостью также равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого равна нулю. Мощность силы $\vec{P}_2$ равна нулю, так как угол между вектором силы и скоростью точки приложения силы – точки C – равен 90° (см. рис. 3.8). Для определения мощности силы $\vec{F}_2$, приложенной к диску 2, воспользуемся формулой расчета мощности силы при плоскопараллельном движении тела. Выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого $V_K = 0$ (см. рис. 3.8). В этом случае мощность силы $\vec{F}_2$: $N(\vec{F}_2) = \vec{M}_K \cdot \vec{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$, где $\vec{M}_K = M_K(\vec{F}_2)$ – вектор момента силы $\vec{F}_2$ относительно центра K; $\vec{\omega}_2$, ω_2 – вектор и модуль угловой скорости диска 2; h_K – плечо силы $\vec{F}_2$ относительно центра K. Мощность силы $\vec{F}_2$ отрицательная, так как направление момента силы $\vec{F}_2$ относительно точки K противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате мощность силы $\vec{F}_2$:

$$N(\vec{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2(R + r\cos 60^\circ)\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Здесь $h_K = EK = ES + SK = R + r\cos 60^\circ$ (см. рис. 3.8).

Заметим, что для вычисления мощности силы F_2 можно использовать в качестве полюса центр масс диска – точку C. Имеем:

$$N(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_C + \vec{M}_C(F_2) \cdot \vec{\omega}_2 = F_2 V_C \cos 120^\circ - F_2 R\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Момент M направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная: $N(M) = M\omega_2 = M\dfrac{V_C}{r}$. Мощность силы $\vec{F}_1$, приложенной в точке D, $N(\vec{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C\sqrt{2}$. Здесь учтено очевидное равенство $V_D = V_A = 2V_C$ (см. рис. 3.8).

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2}.$$

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2V_C\frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2:

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[-F_2\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + \frac{M}{r} + F_1\sqrt{2}\right]g}{\left[2P_1 + P_2\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]}.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим: $a_C = 6{,}85$ м/с^2.

Для определения углового ускорения диска 2 продифференцируем по времени равенство $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r}$. Дифференцирование здесь допустимо, так как

во время движения диска 2 расстояние от точки C до мгновенного центра скоростей диска 2 – точки K – не меняется.

Найдем $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{r} = \dfrac{a_C}{r} = 11{,}42$ рад/с^2. Угловое ускорение диска 1 находится путём дифференцирования равенства $\omega_1 = 2\omega_2$.

Имеем: $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 22{,}84$ рад/с^2.

Для того чтобы определить реакцию стержня, освобождаемся от стержня, заменяем его реакцией $\vec{H}$ и составляем уравнения движения дисков 1 и 2.

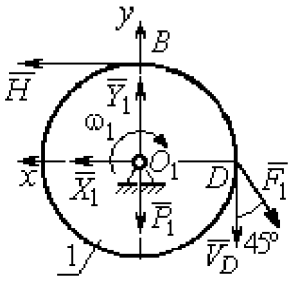


Рис. 3.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

Силы, действующие на диск 1 во время движения, показаны на рис. 3.9. Уравнение вращательного движения диска 1 в алгебраической форме: $J_{zO_1}\varepsilon_1 = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где ε_1 – угловое ускорение диска; J_{zO_1} – момент инерции диска 1 относительно оси z, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости диска, $J_{zO_1} = \dfrac{m_1 r^2}{2}$; $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси z.

Считая моменты сил положительными, если они создают поворот диска в сторону его вращения, составим сумму моментов внешних сил относительно оси z: $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e) = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$. В результате уравнение вращательного движения диска 1 принимает вид: $\dfrac{P_1 r^2}{2g}\varepsilon_1 = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$.

Подставляя в уравнение исходные данные задачи с учетом найденного значения углового ускорения диска 1: $\varepsilon_1 = 22{,}84$ рад/с^2, найдем реакцию стержня $H = 28{,}63$ Н.

Для определения динамической реакции шарнира O_1 диска 1 применим теорему о движении центра масс. Выберем оси координат O_1x и O_1y, как показано на рис. 3.9, и составим уравнение движения центра масс диска 1 в

проекциях на оси координат с учётом того, что сам центр масс неподвижен и его ускорение равно нулю.

Получим систему:

$$H + X_1 - F_1\sin 45^\circ = 0,\ \ Y_1 - P_1 - F_1\cos 45^\circ = 0.$$

Отсюда, с учётом найденной величины усилия в стержне $H = 28{,}63$ Н, находим составляющие динамической реакции шарнира: $X_1 = 27{,}94$ Н, $Y_1 = 96{,}57$ Н. Полная реакция шарнира $R_{O_1} = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} = 100{,}53$ Н.

Для определения величины силы сцепления диска 2 с поверхностью качения и нормальной составляющей реакции опоры диска используем теорему о движении центра масс. Силы, приложенные к диску 2, и выбранная система координат xCy показаны на рис. 3.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси x, y имеют вид:

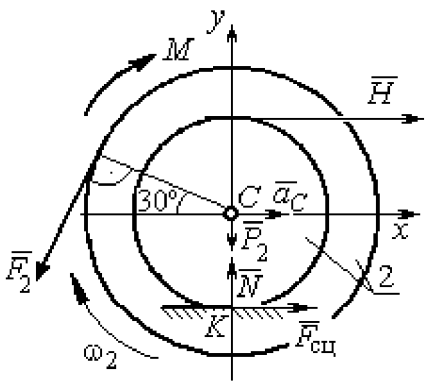


Рис. 3.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

$$m_2 a_C = H + F_{\text{сц}} - F_2\cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2\cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня ($H = 28{,}63$ Н) и ускорения центра масс диска 2 ($a_C = 6{,}85$ м/с^2), находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры: $F_{\text{сц}} = 28{,}27$ Н, $N = 85{,}98$ Н.

Полная реакция опоры $R_K = \sqrt{N^2 + F_{\text{сц}}^2} = 90{,}51$ Н.

4. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Основные цели и задачи сопротивления материалов

Сопротивление материалов – наука о прочности частей сооружений и машин, которая основывается на результатах опыта и использует математический аппарат при их анализе.

Задача науки состоит в создании основ для расчета частей конструкций и машин с учетом их надежности и экономичности. Два последних требования противоречивы – это противоречие и обусловливает развитие науки о сопротивлении материалов.

Цель науки о сопротивлении материалов определение размеров сооружений и машин еще до их постройки. Теоретические положения сопротивления материалов основываются на законах механики: на условиях равновесия, законах сложения сил, теоремах о моментах сил, на принципе возможных перемещений и др.

Наука о сопротивлении материалов занимается определением напряжения и деформаций в упругих телах.

4.2. Деформация растяжения и сжатия стержней

Растяжением называют такой вид деформации, при котором в каждом его поперечном сечении возникают только продольные внутренние усилия.

Деформация растяжения (сжатия) может возникнуть от любого количества как угодно приложенных сил, но при этом должно соблюдаться обязательное условие: вся система сил должна приводиться к двум равным по величине, но противоположно направленным силам, действующим по продольной оси стержня.

Продольное усилие N в любом поперечном сечении численно равно алгебраической сумме проекций на ось стержня внешних сил, приложенных к

части стержня, расположенной по одну сторону от сечения. Усилие считается положительным, если вызывает растяжение рассматриваемого участка.

При растяжении (сжатии) в сечении возникают только нормальные напряжения σ, которые определяются по формуле: $\sigma = \frac{N}{A}$, где N – продольное усилие, кН; A – площадь поперечного сечения, м^2.

Условие прочности имеет вид: $\sigma_{max} \le \sigma_{adm}$, где σ_{adm} – допускаемое нормальное напряжение материала стержня, МПа.

Абсолютная деформация Δl однородного участка (постоянные сечение и материал) определяется **по закону Гука**: $\Delta l = \frac{Fl}{EA}$, где l – длина участка, м; E – модуль продольной упругости материала (модуль Юнга), Па.

Для наглядного представления строятся эпюры. Эпюрами продольных сил и нормальных напряжений называют графики (см. рис. 4.4), показывающие законы изменения сил и напряжений в поперечных сечениях по длине стержня. Эпюры продольных сил, нормальных напряжений и перемещений поперечных сечений строятся в выбранном масштабе с учетом знаков.

Влияние собственного веса на напряжения и перемещения

Собственный вес стержня учитывается в тех случаях, когда его величина составляет более 5 % от внешней нагрузки и когда направление действия собственного веса совпадает с направлением внешней нагрузки.

Если ось в стержне вертикальна, то его собственный вес вызывает центральное растяжение или сжатие. Если вертикальный брус закреплен верхним концом, то от собственного веса он растягивается, а при закреплении нижнего конца – сжимается. Собственный вес вертикального бруса можно рассматривать как продольную (осевую) внешнюю нагрузку, распределенную вдоль оси бруса.

Рассмотрим брус постоянного сечения, закрепленный верхним концом. Продольная сила от собственного веса в поперечном сечении бруса на расстоянии x от его нижнего конца равна весу нижележащей части бруса $N_x = \rho g A x$, где N_x – продольная сила от собственного веса, Н; ρ – плотность материала, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2; A – площадь поперечного сечения бруса, м^2; x – расстояние от нижнего конца стержня, м.

Напряжение от собственного веса определяется по формуле: $\sigma_x = \frac{N_x}{A} = \rho g x.$

По формулам для определения продольных усилий и нормальных напряжений строятся эпюры N_x и σ_x с учетом знаков. Если на стержень действует дополнительная сила F, то продольная сила и нормальное напряжение определяются по формулам: $N_x = F + \rho g A x$; $\sigma_x = \frac{F}{A} + \rho g x.$

Полное удлинение (укорочение) стержня постоянного сечения от собственного веса определяется согласно выражению $\Delta l = \frac{\rho g l^2}{2E}$, где l – длина стержня, м; E – модуль продольной упругости материала, Па.

При действии внешней силы F и собственного веса удлинение стержня определяется выражением: $\Delta l = \frac{Fl}{EA} + \frac{\rho g l^2}{2E}.$

Физический смысл первого слагаемого – напряжение и удлинение от внешней силы, второго – напряжение и удлинение от собственного веса.

Перемещение любого поперечного сечения бруса, закрепленного верхним концом, равно удлинению части бруса, лежащей над сечением, и сумме удлинений под действием собственного веса верхней части, нижней части бруса и внешней силы.

4.3. Задание 6. Осевая деформация растяжения-сжатия стержней с учетом собственного веса

Для стального бруса по заданной схеме (рис. 4.1 – 4.3) с учетом собственного веса и при продольных нагрузках F_1, F_2, F_3 (табл. 4.1), (принять $F_3 = 2\,F_1$) требуется:

1. Построить эпюры продольных сил N_x, нормальных напряжений σ_x и перемещений U_x.

2. Вычислить полное удлинение (укорочение) бруса и перемещение сечения I-I для заданных геометрических размеров, заданной схемы, где $\gamma = 77$ кН/м^3 - удельный вес материала.

Варианты заданий даны на рис. 4.1, 4.2. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

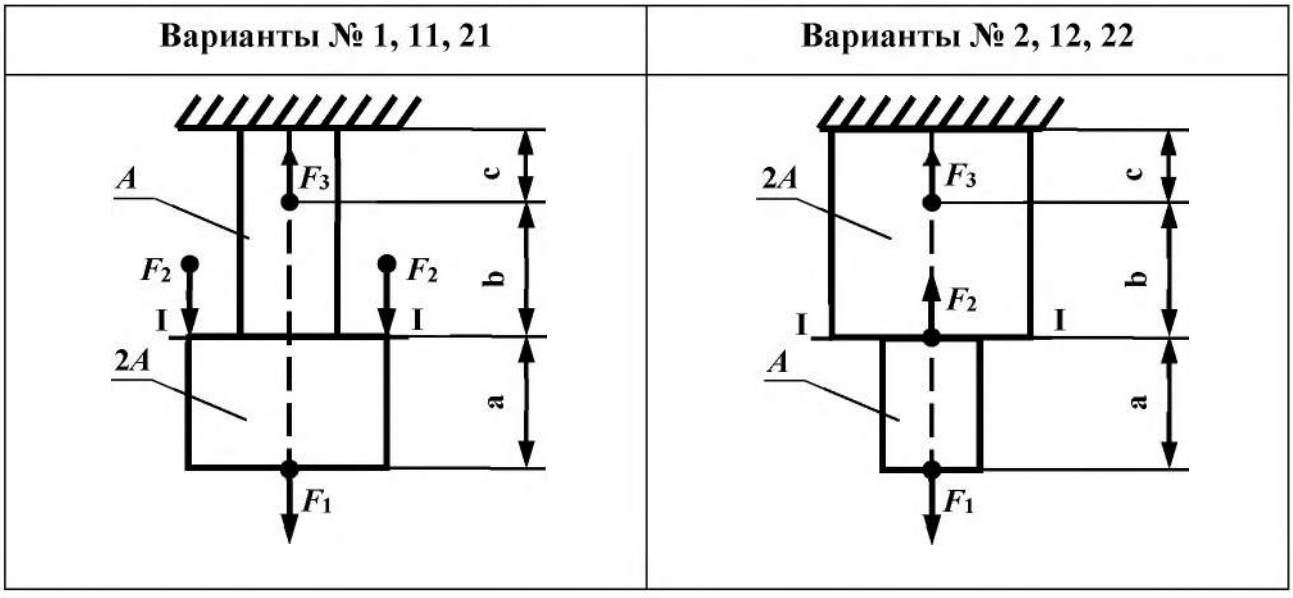
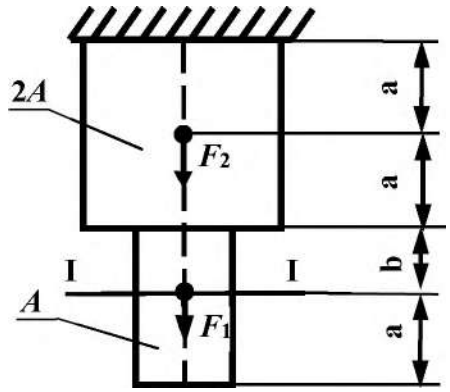
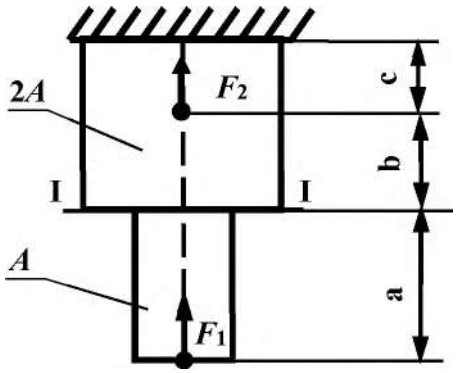
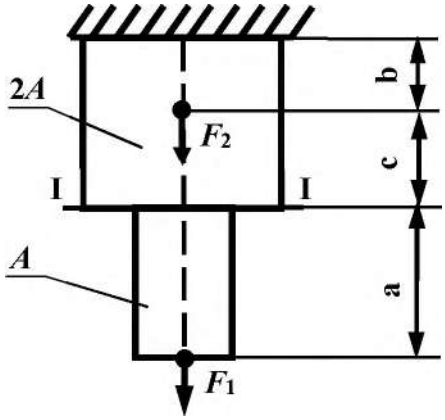
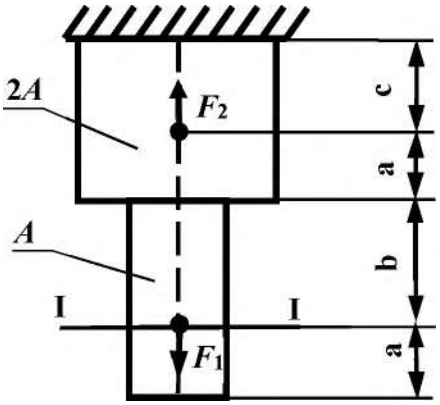


Рис. 4.1. Задание 6. Осевая деформация растяжения-сжатия стержней с учетом собственного веса.
Варианты задания 1-2, 11 – 12, 21 – 22

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	

Вариант № 5, 15, 25	**Вариант № 6, 16, 26**
	

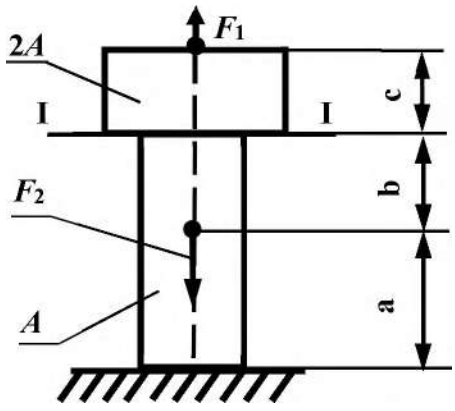
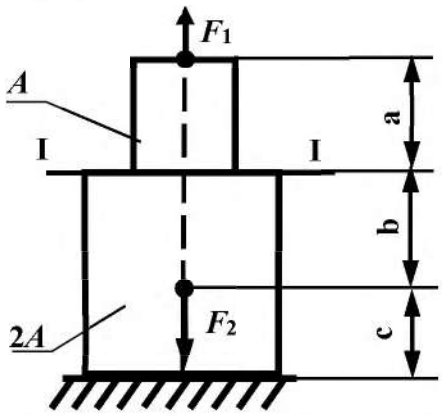
Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

Рис. 4.2. Задание 6. Осевая деформация растяжения-сжатия стержней с учетом собственного веса.
Варианты задания 3-8, 13 – 18, 23 – 28

Окончание вариантов задания 6

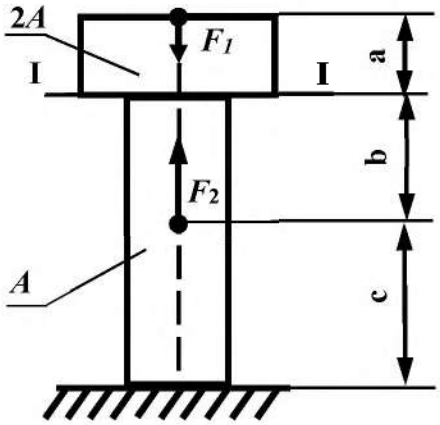
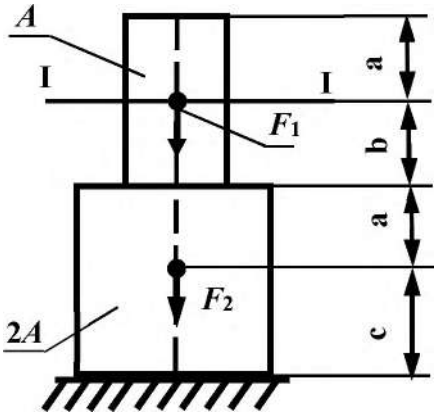
Варианты 9, 19, 29	Варианты 10, 20, 30
	

Рис. 4.3. Задание 6. Осевая деформация растяжения-сжатия стержней с учетом собственного веса.
Варианты задания 9-10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 4.1

Исходные данные задания 6. Деформация растяжения – сжатия

Номер варианта задания	a, м	b, м	c, м	A, см^2	F_1, кН	F_2, кН
1	2,0	1,0	1,5	50	30	17
2	1,5	1,7	2,0	10	32	45
3	1,2	2,3	2,0	12	34	55
4	1,0	2,5	1,6	60	36	10
5	2,0	3,0	2,2	20	40	35
6	1,0	2,5	1,6	25	22	70
7	1,1	2,2	3,0	30	20	26
8	1,2	2,3	1,4	35	18	38
9	1,4	2,1	1,6	40	16	90
10	1,5	1,0	1,8	45	12	54
11	1,6	1,1	2,0	14	10	25
12	1,0	1,2	2,2	36	25	10
13	2,5	1,8	2,4	38	32	55
14	2,4	2,0	1,0	22	36	42
15	2,2	2,4	1,4	24	42	12
16	2,1	2,2	3,5	26	52	75

Окончание табл. 4.1

Номер варианта задания	a, м	b, м	c, м	A, см^2	F_1, кН	F_2, кН
17	1,0	2,1	3,0	30	40	65
18	1,0	3,5	2,2	28	55	10
19	1,8	3,0	1,4	32	65	18
20	1,5	1,1	2,0	45	60	22
21	1,5	1,0	1,8	44	50	10
22	2,0	1,8	1,0	25	22	58
23	1,6	2,0	1,6	45	30	33
24	1,4	2,5	3,0	55	45	16
25	1,0	2,2	1,4	16	48	50
26	1,3	2,2	3,0	22	50	14
27	1,5	1,8	2,4	40	60	22
28	2,0	1,5	1,0	36	35	40
29	2,5	2,0	1,8	48	14	30
30	2,2	3,0	2,5	15	27	45

Пример выполнения задания 6. Деформация растяжения-сжатия стержня с учетом собственного веса.

Стальной стержень (E=2 · 10^5 МПа) находится под действием продольной силы F и собственного веса (γ = 77 кН/м^3- удельный вес материала). Построить эпюру продольных усилий N_x, эпюру нормальных напряжений σ_x, эпюру перемещений U_x. Вычислить перемещение сечения $\delta_{I\text{-}I}$.

Дано: A = 60 см^2 = 60·10^{-4} м^2, a = 1,0 м, $в$ = 1,5 м, c = 2,5 м, F = 40 кН

Решение

1. Условно разделим стальной стержень на 3 участка (рис. 4.4), вычислим вес каждого участка:

$$G_a = 2 \cdot A \cdot a \cdot \gamma = 2 \cdot 60 \cdot 10^{-4} \cdot 77 \cdot 1{,}0 = 9240 \cdot 10^{-4}\text{кН} = 0{,}92 \text{ кН};$$

$$G_b = 2 \cdot A \cdot b \cdot \gamma = 2 \cdot 60 \cdot 10^{-4} \cdot 77 \cdot 1{,}5 = 1{,}39 \text{ кН};$$

$$G_c = A \cdot c \cdot \gamma = 60 \cdot 10^{-4} \cdot 77 \cdot 2{,}5 = 1{,}16 \text{ кН}.$$

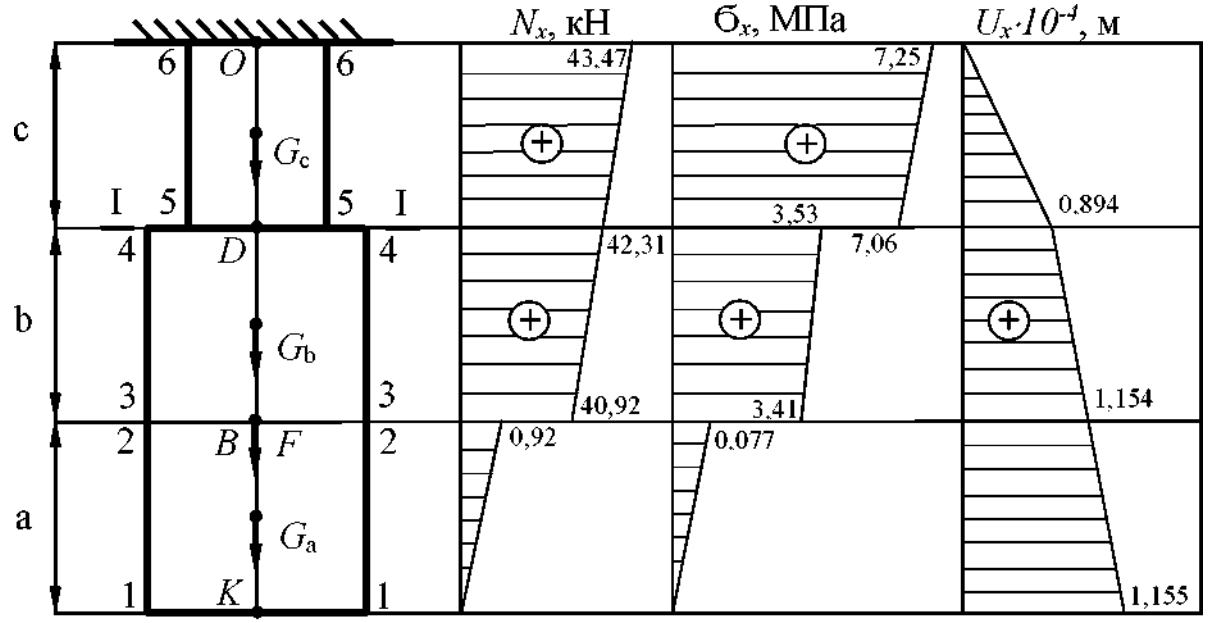


Рис. 4.4. Пример построения эпюр продольных сил N_x, нормальных напряжений σ_x, осевых перемещений U_x

2. Проверим целесообразность учёта собственного веса в данной задаче. Суммарный вес стержня: $\sum G = G_A + G_B + G_C = 0{,}92 + 1{,}39 + 1{,}16 = 3{,}47\text{кН}$.

Заданная нагрузка F=40 кН. Вычислим процент, который составит суммарный вес стержня к заданной величине силы:

$$\delta = \frac{\sum G \cdot 100\%}{F} = \frac{3{,}47\,\text{кН} \cdot 100\%}{40\,\text{кН}} = 8{,}68\%;$$

$\delta = 8{,}68\% > [5\ \%]$, следовательно, собственный вес стержня учитывать необходимо.

3. Вычислим продольные усилия N_x, нормальные напряжения σ_x и построим эпюры «N_x», «σ_x» в выбранном масштабе, (+) – деформация растяжения, (–) – деформация сжатия.

Участок 1-2: $N_{1\text{–}1} = 0$; $N_{2\text{–}2} = G_A$

	N	σ
1 – 1	0	0
2 – 2	0,92	0,077

$$\sigma_{1\text{–}1} = \frac{N_{1\text{–}1}}{2 \cdot A} = 0$$

$$\sigma_{2\text{–}2} = \frac{N_{2\text{–}2}}{2 \cdot A} = \frac{0{,}92 \cdot 10^3\,\text{Н}}{2 \cdot 60 \cdot 10^{-4}\,\text{м}^2} = 0{,}077\,\text{МПа}$$

Участок 3-4: $N_{3-3} = G_A + F$; $N_{4-4} = G_A + G_B + F$.

	N	σ
3 – 3	40,92	3,41
4 – 4	42,31	3,53

$$\sigma_{3-3} = \frac{N_{3-3}}{2 \cdot A} = \frac{40{,}92 \cdot 10^3 \text{Н}}{2 \cdot 60 \cdot 10^{-4} \text{м}^2} = 3{,}41\text{МПа};$$

$$\sigma_{4-4} = \frac{N_{4-4}}{2 \cdot A} = \frac{42{,}31 \cdot 10^3 \text{Н}}{2 \cdot 60 \cdot 10^{-4} \text{м}^2} = 3{,}53\text{МПа};$$

Участок 5-6: $N_{5-5} = G_A + G_B + F$; $N_{6-6} = G_A + G_B + G_C + F$.

	N	σ
5 – 5	42,31	7,06
6 – 6	43,47	7,25

$$\sigma_{5-5} = \frac{N_{5-5}}{A} = \frac{42{,}31 \cdot 10^3 \text{Н}}{60 \cdot 10^{-4} \text{м}^2} = 7{,}06\text{МПа};$$

$$\sigma_{6-6} = \frac{N_{6-6}}{A} = \frac{43{,}47 \cdot 10^3 \text{Н}}{60 \cdot 10^{-4} \text{м}^2} = 7{,}25\text{МПа}.$$

По полученным данным строим эпюры в выбранном масштабе, в данном случае все участки растянуты, следовательно, произошла деформация растяжения (+).

4. Вычислим перемещение сечения I-I: $\delta_{\text{I-I}} = \Delta c$; – равно сумме перемещений деформаций участков. Используем развернутый закон Гука для определения деформации (удлинения) каждого участка:

$$\Delta l = \frac{Nl}{EA};$$

$$\Delta l = \Delta a + \Delta b + \Delta c,$$

где $\Delta a = \dfrac{\frac{G_a}{2} \cdot a}{E \cdot 2A} = \dfrac{\frac{0{,}92}{2} \cdot 10^{-3}\text{МН} \cdot 1\text{м}}{2 \cdot 10^5 \text{МПа} \cdot 2 \cdot 60 \cdot 10^{-4} \text{м}^2} = 0{,}00192 \cdot 10^{-4}\text{м};$

$$\Delta b = \frac{(G_a + F + \frac{G_b}{2}) \cdot b}{E \cdot 2A} = 0{,}26 \cdot 10^{-4}\text{м};$$

$$\Delta c = \frac{(G_a + F + G_b + \frac{G_c}{2}) \cdot c}{E \cdot A} = 0{,}894 \cdot 10^{-4} \text{м},$$

тогда:

$$\Delta l = 0{,}00192 \cdot 10^{-4} + 0{,}26 \cdot 10^{-4} + 0{,}894 \cdot 10^{-4} = 1{,}156 \cdot 10^{-4} \text{м}$$

Для построения эпюры перемещений U_x, рассмотрим перемещение поперечного сечения стержня в характерных точках: О, В, С, К.

$$U_0 = 0;$$

$$U_D = U_0 + \Delta c = 0{,}894 \cdot 10^{-4} \text{м};$$

$$U_B = U_D + \Delta b = 1{,}154 \cdot 10^{-4} \text{м};$$

$$U_K = U_B + \Delta a = 1{,}155 \cdot 10^{-4} \text{м}.$$

Перемещение сечения I-I: $\delta_{I-I} = \Delta c = 0{,}894 \cdot 10^{-4}$м – происходит за счёт растяжения верхнего участка «с».

При заданной схеме происходит удлинение стержня на длину $\Delta l = 1{,}155 \cdot 10^{-4}$м .

4.4. Деформация кручения вала

Деформация кручения возникает при действии на вал пар сил, действующих в плоскостях, перпендикулярных к его продольной оси.

При расчетах вала на кручение выполняются следующие условия прочности и жесткости: $\tau_{max} \le \tau_{adm}$, $\varphi_{max} \le \varphi_{adm}$, где τ_{max} – максимальное касательное напряжение, φ_{max} – максимальный угол закручивания вала.

Для определения максимального касательного напряжения и максимального угла закручивания необходимо иметь представление о том, как

изменяется величина крутящего момента по длине вала. Текущие значения крутящих моментов определяются графиками их изменения, называемыми эпюрами. Вал по длине делится на участки вертикальными линиями, проведенными через те сечения, где приложены моменты пар сил. На каждом участке крутящий момент имеет постоянное значение и равен алгебраической сумме моментов относительно продольной оси, приложенных слева от сечения, проведенного условно на данном участке, или же приложенных справа от этого сечения.

Правило знаков: момент в сечении считается положительным, если, смотря на торцевое крайнее правое сечение вала, момент направлен по ходу часовой стрелки. Параллельно продольной оси вала проводится нулевая линия, от которой положительные моменты откладываются вверх, отрицательные – вниз в выбранном масштабе. Эпюра штрихуется вертикальными линиями.

Диаметр сечения вала определяется из условия прочности: $\tau_{\max} = \frac{T_{\max}}{W_p} \le \tau_{\text{adm}}$, где $T_{\max}$ – максимальный крутящий момент из эпюры T;

$W_p = \frac{J_p}{d/2} = \frac{\left(\pi d^4/32\right)}{\left(d/2\right)} = \frac{\pi d^3}{16}$ – полярный момент сопротивления сечения.

Исходя из условия прочности $\frac{\pi d^3}{16} \ge \frac{T_{\max}}{\tau_{\text{adm}}}$ можно определить диаметр вала: $d \ge \sqrt[3]{\frac{16T_{\max}}{\left(\pi\tau_{\text{adm}}\right)}}$. Углы закручивания вала на отдельных участках определяются по формуле: $\varphi = \frac{Tl}{GJ_p}$, где T – крутящий момент на рассматриваемом участке вала, взятый из эпюры моментов; l - длина участка вала; GJ_p – жесткость вала при кручении; G – модуль сдвига; $J_p = \frac{\pi d^4}{32}$ – полярный момент инерции поперечного сечения вала.

При построении эпюры углов закручивания вала необходимо помнить, что полный угол закручивания равен алгебраической сумме углов закручивания вала на отдельных участках. Значения углов закручивания в промежуточных сечениях определяются по формуле: $\alpha_{прав} = \alpha_{лев} + \varphi$, где $\alpha_{лев}$ – суммарный угол закручивания всех участков, которые находятся слева от рассматриваемого участка; φ – угол закручивания на данном участке. Для определения максимального относительного угла закручивания определяют углы для каждого участка по формуле: $\theta = \frac{\varphi}{l}$, где l – длина рассматриваемого участка.

4.5. Задание 7. Деформация кручения статически неопределимого вала

К стальному валу приложены три известных момента: T_1=1100 Н·м, T_2=1400 Н·м, T_3 = 1800 Н·м, a = 1,1 м, b = 1,4 м, c = 1,8 м (рис. 4.7).

Требуется:

1. Установить, при каком значении момента X угол закручивания правого концевого сечения вала равен нулю.

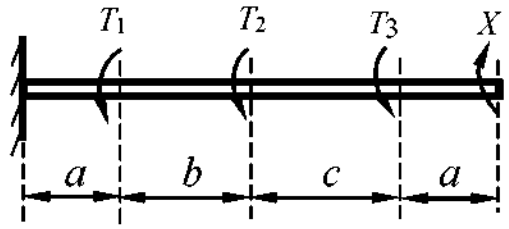
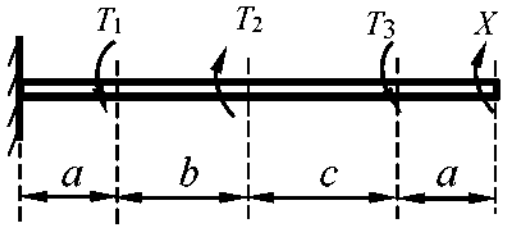
2. Построить эпюру крутящих моментов.

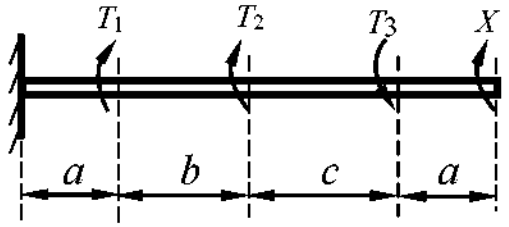
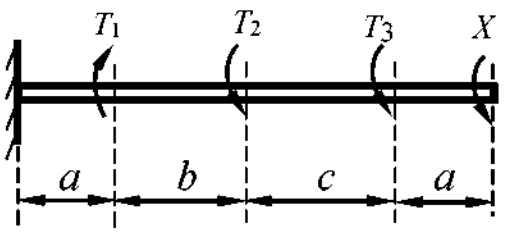
3. При заданном значении τ_{adm} определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его величину до ближайшего большого, соответственно, равного 30, 35,40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм.

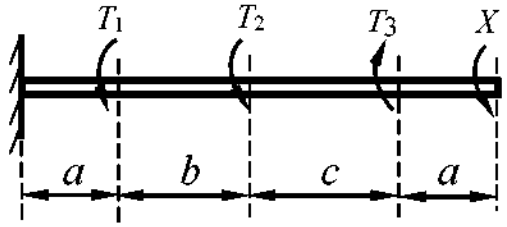
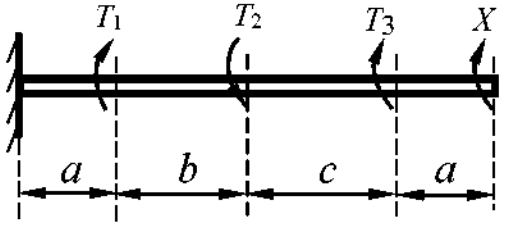
4. Построить эпюру углов закручивания.

5. Найти наибольший относительный угол закручивания и проверить вал на жесткость при $\theta_{adm} = 1,5$ град/м.

Варианты заданий даны на рис. 4.5, 4.6. Исходные данные приведены в табл. 4.2.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

Вариант № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

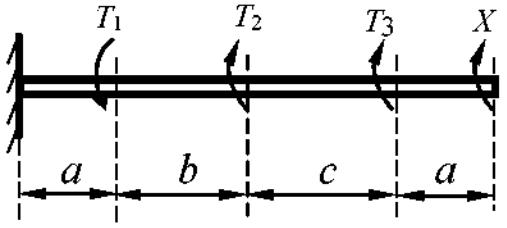
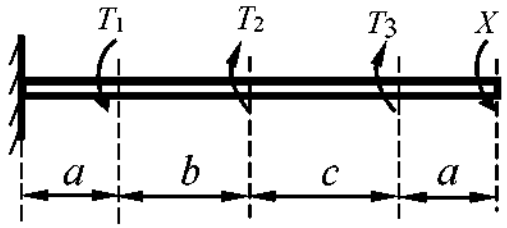
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

Рис. 4.5. Задание 7. Деформация кручения статически неопределимого вала. Варианты задания 1-8, 11 – 18, 21 – 28

Окончание вариантов задания 7

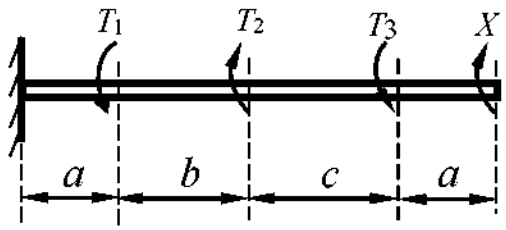
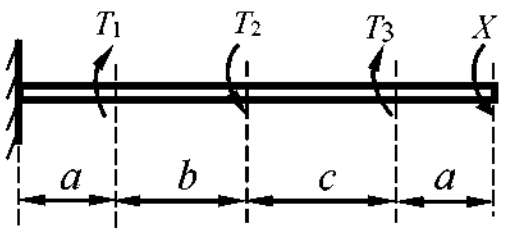
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты 10, 20, 30**
	

Рис. 4.6. Задание 7. Деформация кручения статически неопределимого вала. Варианты задания 9-10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 4.2

Исходные данные задания 7. Деформация кручения вала

Номер варианта задания	Расстояние, м			Момент, Н·м			τ_{adm}, МПа
	a	*b*	*c*	T_1	T_2	T_3	
1	1,1	1,2	1,1	1100	1000	1200	35
2	1,2	1,3	1,2	1200	1100	1000	40
3	1,3	1,4	1,3	1300	1200	1100	45
4	1,4	1,5	1,4	1400	1300	1200	50
5	1,5	1,6	1,5	1500	1400	1300	55
6	1,6	1,7	1,6	1600	600	1500	60
7	1,7	1,8	1,7	1700	700	1600	65
8	1,8	1,9	1,8	1800	800	1700	70
9	1,9	2,0	1,9	1900	900	1800	75
10	1,6	1,7	1,6	1600	600	1500	60
11	1,7	1,8	1,7	1700	700	1600	65
12	1,8	1,9	1,8	1800	800	1700	70
13	1,9	2,0	1,9	1900	900	1800	75
14	2,0	2,1	2,0	2000	1000	2100	80
15	1,2	1,9	1,1	1000	1200	1300	45
16	1,3	1,8	1,2	1000	1500	1000	40

Окончание табл. 4.2

Номер варианта задания	Расстояние, м			Момент, Н·м			τ_{adm}, МПа
	a	*b*	*c*	T_1	T_2	T_3	
17	1,4	1,7	1,3	1200	1300	1000	55
18	1,5	1,6	1,4	1400	1600	900	50
19	1,6	1,5	1,8	1600	1800	700	65
20	1,7	1,4	2,0	1800	2000	500	60
21	1,8	1,3	2,1	2000	1900	1400	75
22	1,9	1,2	2,2	1900	1700	1200	70
23	2,0	1,1	2,3	1700	1500	1000	35
24	2,1	1,0	2,4	1500	1300	800	40
25	2,2	1,2	2,0	1300	1100	600	45
26	2,3	1,4	2,2	1100	900	400	50
27	1,0	1,6	2,1	1000	700	200	55
28	1,2	1,4	1,6	900	500	1900	60
29	1,4	1,2	1,8	800	1000	1700	65
30	1,6	1,0	1,9	700	1100	1500	70

Пример выполнения задания 7. Деформация кручения статически неопределимого вала

Задача является статически неопределимой, так как невозможно определить из одного уравнения равновесия два неизвестных момента T_p и X.

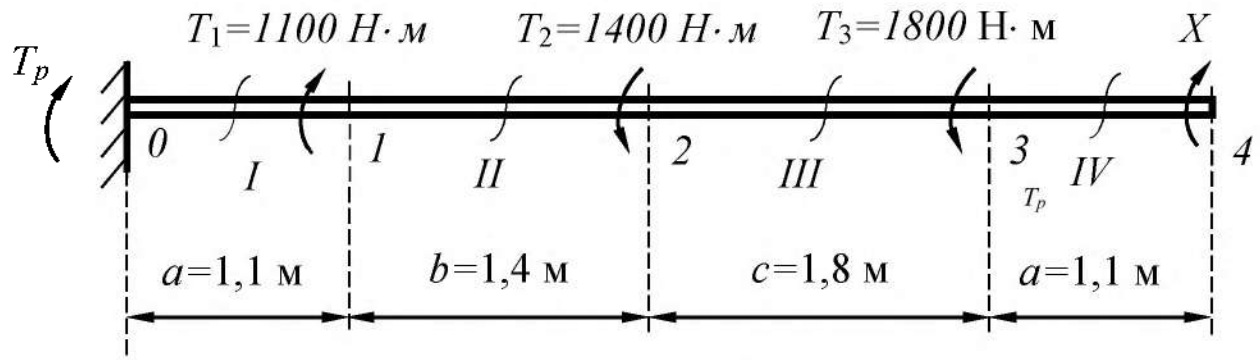


Рис. 4.7. Стальной вал

Решение

1. Для решения составим одно уравнение статики и одно уравнение совместности деформации. Уравнение статики представляем в виде уравнения моментов относительно продольной оси вала:

$$\sum T = T_p + T_1 - T_2 - T_3 + X = 0.$$

Угол закручивания правого концевого сечения может быть выражен как алгебраическая сумма взаимных углов закручивания сечений отдельных участков под действием каждого из моментов в отдельности:

$$\sum \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 = 0,$$

где φ_1 – угол закручивания вала на участке *0-1* под действием момента T_1; φ_2 – угол закручивания вала на участке под действием момента T_2; φ_3 – угол закручивания вала на участке под действием момента T_3; φ_4 – угол закручивания вала на участке *3-4* под действием неизвестного момента X.

При этом

$$\varphi_1 = \frac{T_1 a}{GJ_p};\quad \varphi_2 = -\frac{T_2(a+b)}{GJ_p};\quad \varphi_3 = -\frac{T_3(a+b+c)}{GJ_p};\quad \varphi_4 = \frac{X(2a+b+c)}{GJ_p}.$$

$$\sum \varphi = \frac{T_1 a}{GJ_p} - \frac{T_2(a+b)}{GJ_p} - \frac{T_3(a+b+c)}{GJ_p} + \frac{X(2a+b+c)}{GJ_p} =$$

$$= T_1 a - T_2(a+b) - T_3(a+b+c) + X(2a+b+c) = 0.$$

Подставив данные, получим: $1100 \cdot 1{,}1 - 1400 \cdot 2{,}5 - 1800 \cdot 4{,}3 + X \cdot 5{,}4 = 0$;

откуда $X = \dfrac{-1210 + 3500 + 7740}{5{,}4} = 1857$ Н·м.

Реактивный момент находим из уравнения статики:

$$T_p = -T_1 + T_2 + T_3 - X;$$

$$T_p = -1100 + 1400 + 1800 - 1857 = 243 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Для построения эпюры моментов (рис. 4.8) определяем значения моментов методом сечений.

В сечении IV-IV $T_{IV} = 1857$ Н·м.

В сечении III-III $T_{III} = 1857 - 1800 = 57$ Н·м.

В сечении II-II $T_{II} = 1857 - 1800 - 1400 = -1343$ Н·м.

В сечении I-I $T_{I} = 1857 - 1800 - 1400 + 1100 = -243$ Н·м.

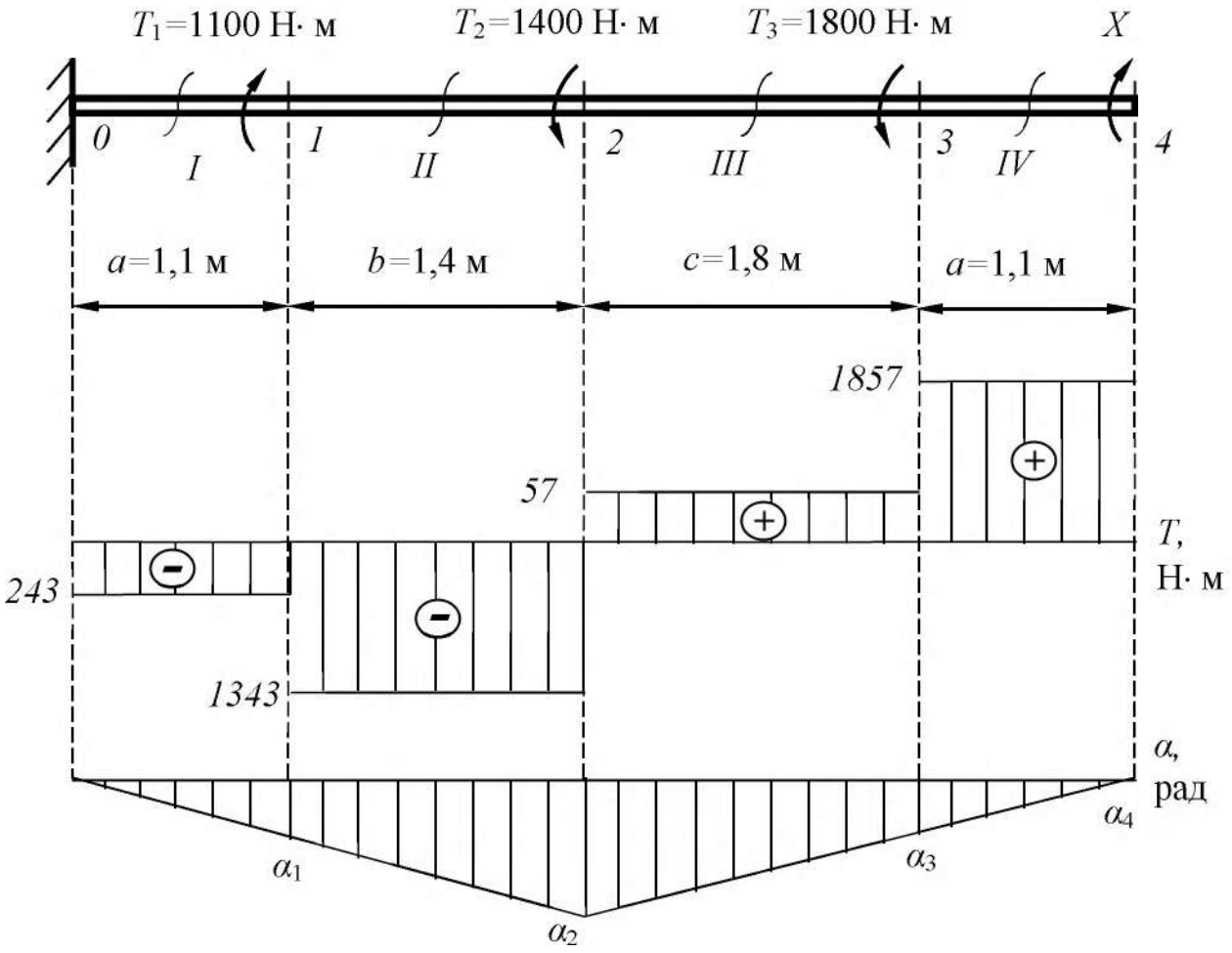


Рис. 4.8. Пример построения эпюр крутящих моментов T, углов закручивания вала α

3. Найдем полярный момент инерции сечения:

$$W_P \geq \frac{|T_{\max}|}{\tau_{adm}} \geq \frac{1857}{60 \cdot 10^6} \geq 30{,}95 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

где τ_{adm} =60 МПа; $T_{\max}$ =1857 Н· м.

Из соотношения $W_p = \frac{\pi d^3}{16}$ найдем диаметр вала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_P}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 30{,}95 \cdot 10^{-6}}{3{,}14}} = 5{,}5 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 55 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр вала равным 60 мм.

4. Найдем углы закручивания вала φ на участках I, II, III, IV.

Полярный момент инерции сечения будет:

$$J_p = \frac{3{,}14 \cdot 6^4}{32} = 127{,}2 \text{ см}^4 = 127{,}2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

$$\varphi_{\text{I}} = \frac{T_{\text{I}} a}{G J_p} = -\frac{243 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}1}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = -0{,}0026 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{II}} = \frac{T_{\text{II}} b}{G J_p} = -\frac{-1343 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}4}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = -0{,}0185 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{III}} = \frac{T_{\text{III}} c}{G J_p} = \frac{57 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}8}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = 0{,}0010 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{IV}} = \frac{T_{\text{IV}} a}{G J_p} = \frac{1857 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}1}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = 0{,}0200 \text{ рад}.$$

В месте жёсткой заделки в сечении 0 вал неподвижен. Найдем углы закручивания вала в сечениях I, II, III, IV:

$$\alpha_1 = \alpha_0 + \varphi_{\text{I}} = 0 - 0{,}0026 \text{ рад};$$
$$\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi_{\text{II}} = -0{,}0026 - 0{,}0185 = -0{,}0211 \text{ рад};$$
$$\alpha_3 = \alpha_2 + \varphi_{\text{III}} = -0{,}0211 + 0{,}001 = -0{,}0201 \text{ рад};$$
$$\alpha_4 = \alpha_3 + \varphi_{\text{IV}} = -0{,}0201 + 0{,}02 = -0{,}0001 \approx 0 \text{ рад}.$$

Строим эпюру углов закручивания (см. рис. 4.8). Далее определим относительный угол закручивания на каждом участке:

$$\theta_{I} = \frac{\varphi_{I}}{1,1} = -\frac{0,0026}{1,1} = -0,0023 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{II} = \frac{\varphi_{II}}{1,4} = -\frac{0,0185}{1,4} = -0,0132 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{III} = \frac{\varphi_{III}}{1,8} = \frac{0,0010}{1,8} = 0,0006 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{IV} = \frac{\varphi_{IV}}{1,1} = \frac{0,0200}{1,1} = 0,0182 \text{ рад/м}.$$

5. Наибольшим является относительный угол закручивания на участке *3-4*:

$$\theta_{max} = 0,0182 \text{ рад/м} = 0,0182\frac{180^{\circ}}{\pi} = 1,04 \text{ град/м}.$$

Таким образом, $\theta_{max} = 1,04$ град/м $< \theta_{adm} = 1,5$ град/м, т. е. условие жесткости выполняется.

4.6. Деформация поперечного изгиба балок

Основные понятия

Деформация поперечного изгиба может возникнуть от любых нагрузок, если линии действия этих нагрузок находятся в плоскости, проходящей через продольную ось балки. Если в такой плоскости располагается одна из главных осей инерции поперечного сечения, то возникает деформация плоского изгиба.

Балки своими концами могут быть закреплены на шарнирных неподвижных и подвижных опорах или опоре в виде жесткой заделки.

Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

От действия внешних нагрузок в поперечных сечениях балок возникают внутренние силовые факторы – *поперечные силы* и *изгибающие моменты*. Для их нахождения пользуемся методом сечений и, применяя равновесие сил, приводим внешние нагрузки к центру тяжести поперечного сечения.

Поперечная сила Q_x в любом сечении равна *алгебраической сумме* проекций всех внешних сил, приложенных с одной стороны от рассматриваемого сечения, на ось, перпендикулярную к продольной оси балки.

Изгибающий момент M_x в любом сечении равен *алгебраической сумме* моментов всех сил, действующих с одной стороны от рассматриваемого сечения балки, относительно центра тяжести сечения.

Правило знаков для Q_x *и* M_x (см. рис. 4.9, 4.10):

1) поперечная сила считается положительной, если она сдвигает левую часть балки от сечения вверх, а правую часть балки вниз;

2) изгибающий момент в сечении считается положительным, если он изгибает балку выпуклостью вниз; при изгибе балки выпуклостью вверх изгибающий момент считается отрицательным.

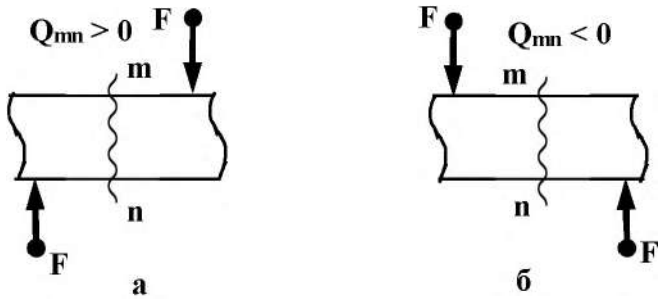


Рис. 4.9. Правило знаков при построении эпюр поперечных сил Q_x

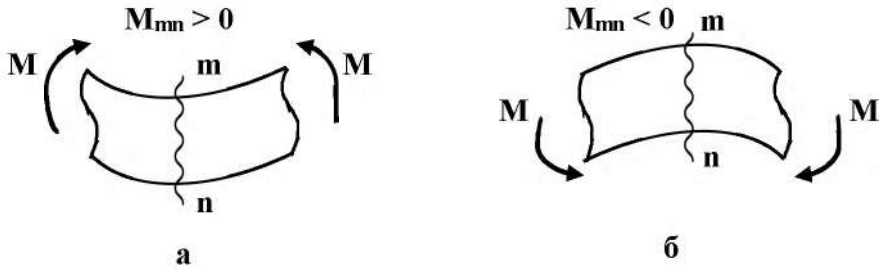


Рис. 4.10. Правило знаков при построении эпюр изгибающих моментов M_x

Уравновесить момент внешних сил может только момент внутренних сил упругости, который образован силами, направленными нормально к сечению балки. Поперечная сила может быть уравновешена силой, которая является равнодействующей внутренних сил упругости, расположенных в плоскости сечения балки.

Таким образом, нормальные напряжения, возникающие в поперечных сечениях балок, зависят от величины изгибающих моментов в этих сечениях, а касательные напряжения – от величины поперечных сил в этих сечениях. Эту зависимость в общем виде можно записать:

$$\sigma = f_1(M_x); \quad \tau = f_2(Q_x).$$

То есть для определения напряжений в поперечных сечениях необходимо знать законы изменения Q_x и M_x по длине балок. Для этого строят два графика, называемых *эпюрами поперечных сил и изгибающих моментов.*

Порядок построения эпюр Q_x и M_x сводится к следующему:

1. Заданная балка вычерчивается в выбранном масштабе с указанием размеров и нагрузок.

2. С помощью уравнений равновесия статики определяют реакции опор с обязательной последующей проверкой.

3. Балка разбивается на отдельные участки. Каждый участок имеет свой закон изменения нагрузки.

4. Для каждого участка записываются уравнения для определения Q_x и M_x.

5. Вычисляют ординаты Q_x и M_x по составленным для отдельных участков уравнениям;

6. Строят в принятом масштабе эпюры Q_x и M_x.

Положительные значения найденных величин откладываются выше нулевой линии эпюры, а отрицательные – ниже ее.

Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов можно выполнить, применяя следующие ***контрольные правила*** для построения эпюр:

1. На концевых шарнирных опорах Q_x равны реакциям, а M_x равны нулю, если на опорах не приложены пары с моментами M.

2. На участках балки, где отсутствует распределенная нагрузка,

поперечная сила постоянна, а изгибающий момент изменяется по линейному закону.

3. На участках, где приложена равномерно распределенная нагрузка, эпюра Q_x изменяется по закону прямой наклонной линии, а эпюра M_x – по закону квадратичной параболы. В том сечении, где эпюра Q_x пересекается с нулевой линией, на эпюре M_x наблюдается экстремальное значение момента (вершина параболы).

4. На участках, где приложена нагрузка, изменяющаяся по закону треугольника, эпюра Q_x изменяется по закону квадратичной параболы, а эпюра M_x – по закону кубической параболы.

5. В тех сечениях, где приложены сосредоточенные силы (включая и реакции), на эпюре Q_x наблюдаются скачки (перепады) на величину этих сил, а на эпюре M_x – переломы смежных линий.

6. В тех сечениях, где приложены пары с моментами M, на эпюре M_x наблюдаются скачки на величину этих моментов.

7. На свободном конце консольной балки поперечная сила Q_x равна нулю, если в этом месте не приложена сосредоточенная сила; и изгибающий момент M_x равен нулю, если в этом месте не приложена пара с моментом M.

8. В жесткой заделке консольной балки Q_x равна реакции, а изгибающий момент M_x равен моменту заделки.

4.7. Подбор поперечного сечения балки

Нормальные напряжения при изгибе определяются по формуле: $\sigma = \frac{M_X}{J_{Н.О.}} \cdot y$, где M_x – изгибающий момент в сечении; $J_{н.о.}$ – момент инерции сечения относительно нейтральной оси поперечного сечения (нейтральная ось – это ось, в любой точке которой нормальные напряжения всегда равны нулю);

y – расстояние до рассматриваемого волокна от нейтральной оси.

Касательные напряжения при изгибе могут быть определены по формуле Д. И. Журавского: $\tau = \frac{Q_x S_{\text{н.о.}}}{J_{\text{н.о.}} b}$, где Q_x – поперечная сила в сечении; $S_{\text{н.о.}}$ – статический момент площади отсеченной части поперечного сечения выше уровня, на котором определяются касательные напряжения относительно нейтральной оси; b – ширина сечения на уровне, для которого определяются напряжения.

Подбор поперечного сечения балки производится на основании следующего **условия прочности**: $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\text{н.о.}}} \le \sigma_{\text{adm}}$, откуда $W_{\text{н.о.}} \ge \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}}$, где $M_{\max}$ – максимальный изгибающий момент, взятый из эпюры M_x; $W_{\text{н.о.}}$ – момент сопротивления поперечного сечения балки изгибу относительно нейтральной оси; σ_{adm} – допускаемое нормальное напряжение для материала балки.

После подбора поперечного сечения производится полная проверка балки на прочность по следующим напряжениям:

а) *по рабочим нормальным напряжениям:* $\sigma_{\text{раб.}} = \frac{M_{\max}}{W_{\text{н.о.}}} \le \sigma_{\text{adm}}$, где $W_{\text{н.о.}}$ – момент сопротивления выбранного поперечного сечения;

б) *по максимальным касательным напряжениям:* $\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_{\text{н.о.}}}{J_{\text{н.о.}} b} \le \tau_{\text{adm}}$,

где $Q_{\max}$ – наибольшая поперечная сила, взятая из эпюры Q_x; $S_{\text{н.о.}}$ – статический момент части площади выбранного поперечного сечения, находящейся выше или ниже нейтральной оси, относительно этой оси; b – ширина сечения на уровне нейтральной оси; $J_{\text{н.о.}}$ – момент инерции выбранного сечения относительно нейтральной оси.

в) *по главным напряжениям*

Проверка проводится для балок, ширина сечений которых не постоянна. При этой проверке на основании эпюр выбирают *опасное сечение балки*, в котором *одновременно* значения Q_x и M_x *большие*. По формулам определения нормальных и касательных напряжений для этого сечения строят эпюры нормальных и касательных напряжений, а затем определяют главные напряжения для характерных волокон сечения по его высоте, пользуясь формулой: $\sigma_{1,2}=\frac{1}{2}(\sigma\pm\sqrt{\sigma^2+4\tau^2})$.

Для стальных балок определяют расчётное (эквивалентное) напряжение для верхних (нижних), средних, переходных волокон (где резко изменяется ширина сечения) по III или IV теориям прочности.

Проверка прочности сводится к рассмотрению выполнения следующих условий прочности: $\sigma_p^{III}=\sigma_1-\sigma_2\le\sigma_{adm}$, $\sigma_p^{IV}=\sqrt{\sigma_1^2+\sigma_2^2-\sigma_1\sigma_2}\le\sigma_{adm}$.

4.8. Задание 8. Проверка балки на прочность. Деформация балки при поперечном изгибе

Для расчетной схемы балки необходимо:

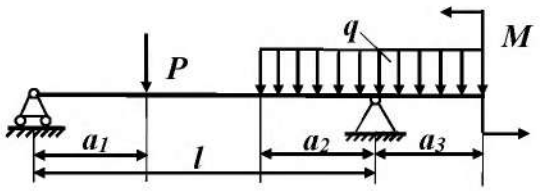
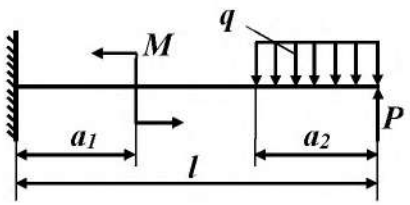
1) Определить реакции на опорах;

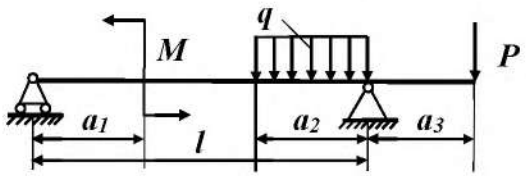
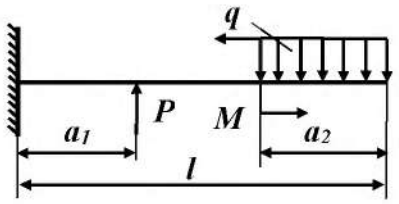
2) Построить по длине балки *эпюры* изгибающих моментов M_x и поперечных сил Q_x;

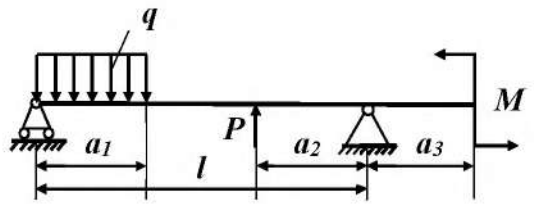
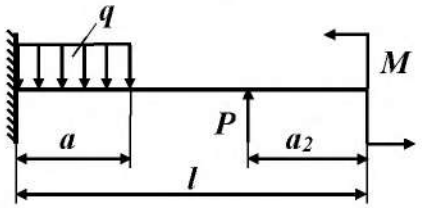
3) Подобрать поперечное сечение балки двутаврового (приложение 1) либо швеллерного (приложение 2) профиля при допустимых напряжениях: σ_{adm}= 160 МПа; τ_{adm}=100 МПа;

4) Проверить стальную балку на прочность: а) по рабочим нормальным напряжениям, б) по максимальным касательным напряжениям.

Варианты заданий даны на рис. 4.11 – 4.13. Исходные данные приведены в табл. 4.3.

Варианты № 1, 11, 21	
Задача 1	Задача 2
	

Варианты № 2, 12, 22	
Задача 1	Задача 2
	

Варианты № 3, 13, 23	
Задача 1	Задача 2
	

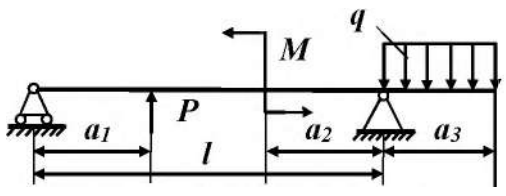
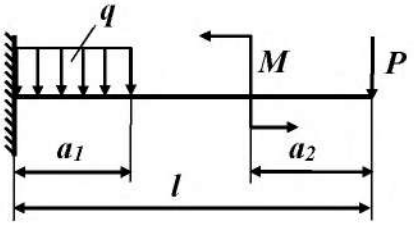
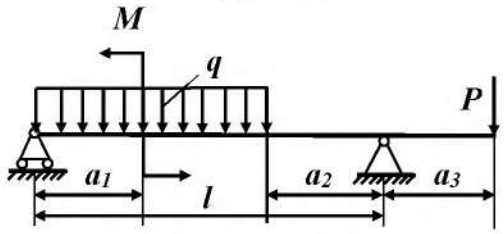
Варианты № 4, 14, 24	
Задача 1	Задача 2
	

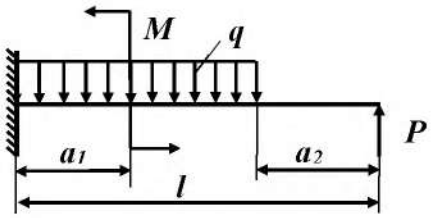
Рис. 4.11. Задание 8. Проверка балки на прочность.
Деформация балки при поперечном изгибе. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25

Задача 1

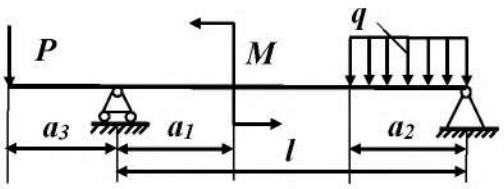


Задача 2

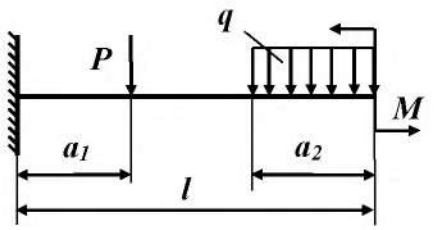


Варианты № 6, 16, 26

Задача 1

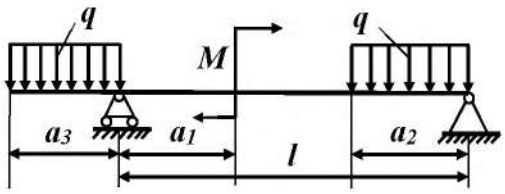


Задача 2

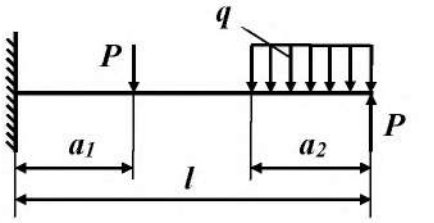


Варианты № 7, 17, 27

Задача 1

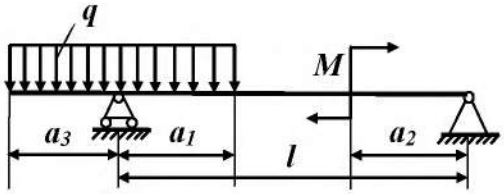


Задача 2



Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Задача 2

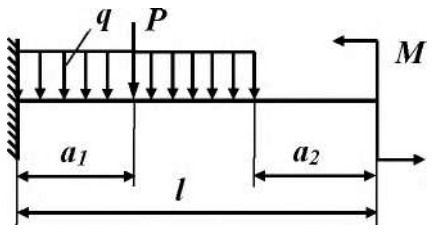
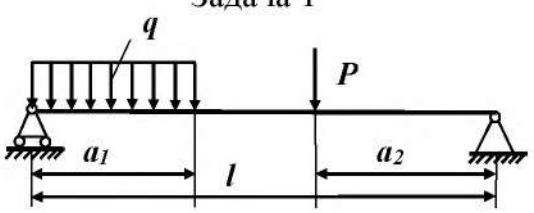


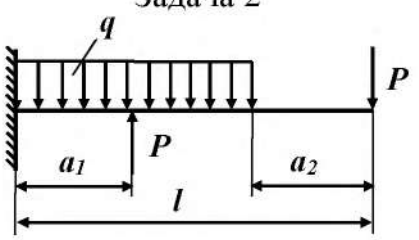
Рис. 4.12. Задание 8. Проверка балки на прочность.
Деформация балки при поперечном изгибе. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Варианты № 9, 19, 29

Задача 1

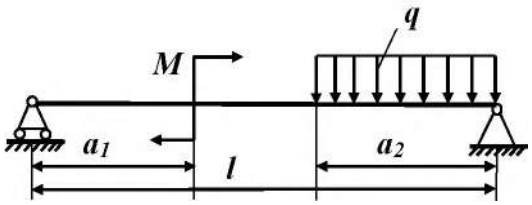


Задача 2



Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Задача 2

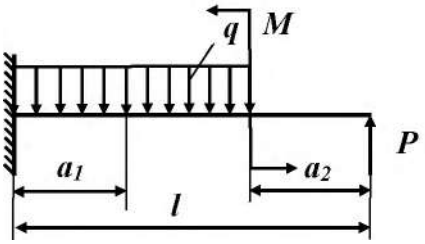


Рис. 4.13. Задание 8. Проверка балки на прочность. Деформация балки при поперечном изгибе. Номера вариантов задания 9 –10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 4.3

Исходные данные задания 8

Номер варианта задания	l, м	a_1, м	a_2, м	a_3, м	q, кН/м	P, кН	M, кН·м
1	1	0,1	0,5	0,4	20	15	7
2	1	0,1	0,5	0,2	15	28	44
3	2	0,15	0,5	1	10	7	25
4	2	0,15	0,5	1,5	5	22	10
5	3	0,4	1	1	4	30	42
6	3	0,4	1	0,5	2	15	62
7	4	0,4	1	1	24	10	6
8	4	0,4	2	0,4	22	35	14
9	5	0,5	2	0.5	20	17	44
10	5	0,5	2	0.5	18	40	26
11	6	1	2	1,2	16	25	28
12	6	1	2,5	1	14	50	2
13	7	1	2,5	0,6	12	36	48

Окончание табл. 4.3

Номер варианта задания	l, м	a_1, м	a_2, м	a_3, м	q, кН/м	P, кН	M, кН·м
14	7	2	2,5	0,3	10	44	35
15	8	2	2,5	0,5	8	50	17
16	8	2	3	0,2	6	42	30
17	9	4	3,5	1,2	7	15	65
18	9	4	4	1	5	28	52
19	10	4	4,5	4	4	15	44
20	10	4,5	4	4.5	2	18	60
21	11	4,5	4	4	35	12	25
22	11	5	4	5	30	52	4
23	12	5	5,5	4,5	42	8	52
24	12	5	3	3	20	44	17
25	13	5	2,5	1	24	32	5
26	13	5	6	4	12	5	36
27	14	5	4	5	10	16	3
28	14	10	1	2	5	34	28
29	15	10	3,5	10	15	6	45
30	15	10	2	10	7	10	55

Пример выполнения задания 8. Расчет балки на прочность. Консольная балка, сложное сечение

Задача 1. Для расчетной схемы с указанными размерами и нагрузками (рис. 4.14) построить по длине балки эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

Подобрать поперечное сечение балки в двух вариантах:

а) прямоугольного профиля, полагая, что балка деревянная при

$\sigma_{adm} = 10$ МПа; соотношение между размерами сечения принять равным: $b:h = 1:2$;

б) двутаврового профиля (табл. 4.3), материал сталь при $\sigma_{adm} = 160$МПа, $\tau_{adm} = 96$МПа;

в) провести полную проверку стальной балки на прочность.

Решение.

1. Расчёт балки следует начинать с расстановки и определения величины опорных реакций. Величина и направление опорных реакций и реактивных моментов могут быть определены из решения уравнений равновесия. Для плоской системы параллельных сил (поперечный плоский изгиб) условия равновесия описываются двумя уравнениями статики: $\sum M_A = 0;\ \sum M_B = 0$.

Рассматриваемая балка (см. рис. 4.14) имеет две шарнирные опоры. В опоре A (шарнирно-подвижной) возникает одна реакция R_A, в опоре B (шарнирно-неподвижной) направление реакции в общем случае неизвестно, поэтому разложим её на две составляющие: H_B – горизонтальную и R_B – вертикальную. Все нагрузки действуют перпендикулярно продольной оси балки, поэтому из уравнения проекций на горизонтальную ось x получается, что составляющая $H_B = 0$. Запишем уравнения моментов сил относительно опоры B:

$$\sum M_B = 0, \qquad M_1 - R_A \cdot 5 + F \cdot 3 - M_2 + q \cdot 3 \cdot 0{,}5 = 0.$$

Решаем уравнение относительно R_A:

$$R_A = \frac{M_1 + F \cdot 3 - M_2 + q \cdot 3 \cdot 0{,}5}{5} = \frac{30 + 60 \cdot 3 - 50 + 20 \cdot 1{,}5}{5} = 38 \text{ кН}.$$

Запишем уравнения моментов сил относительно опоры A:

$$\sum M_A = 0, \quad R_B \cdot 5 - q \cdot 3 \cdot 4{,}5 - M_2 - F \cdot 2 + M_1 = 0.$$

Решаем уравнение относительно R_B:

$$R_B = \frac{q \cdot 3 \cdot 4{,}5 + M_2 + F \cdot 2 - M_1}{5} = \frac{20 \cdot 3 \cdot 4{,}5 + 50 + 60 \cdot 2 - 30}{5} = \frac{410}{5} = 82 \text{ кН}.$$

Для проверки правильности вычисления опорных реакций составим уравнение проекций всех сил на вертикальную ось y:

$$\sum y = 0, \quad R_A - F - q \cdot 3 + R_B = 0; \quad 38 - 60 - 60 + 82 = 0, \quad 120 - 120 = 0.$$

Последнее уравнение обращается в тождество, следовательно, величина реакций и их направление определены правильно.

Если в результате решения уравнения реакция имеет отрицательное значение, то следует изменить направление реакции *на противоположное* и в дальнейших расчётах считать её положительной.

2. После определения опорных реакций можно перейти к построению эпюр изгибающих моментов и поперечных сил, предварительно разбив балку по длине на участки, в пределах которых закон изменения внешних нагрузок остаётся постоянным.

Границы участков располагаются в местах приложения моментов пар сил, сосредоточенных сил, начала или конца распределенной нагрузки.

Участки нумеруются слева или справа от концевых сечений балки. Рассчитываемая балка имеет пять участков I – V (см. рис. 4.14).

При составлении аналитических выражений для Q_x и M_x в пределах участка I проведём сечение с абсциссой x_1 и рассмотрим равновесие левой части консоли. На эту часть балки действует пара сил с моментом $M_1 = 30$ кН · м, поэтому поперечная сила $Q_{\text{I}} = 0$, а изгибающий момент в любом сечении будет постоянным $M_{\text{I}} = -M_1 = -30$ кН · м.

Для составления аналитических выражений Q_x и M_x в пределах II-го участка II проводим сечение с абсциссой x_2 и рассматриваем равновесие левой части балки.

$Q_{\text{II}} = R_A = 38$кН – поперечная сила в пределах II участка постоянна.

$M_{\text{II}} = -M_{\text{I}} + R_A(x_2 - 1)$.

Это уравнение прямой линии, для её построения достаточно определить ординаты изгибающего момента в двух точках (на концах участка):

при $x_2 = 1$ м $\quad M_{\text{II}} = -M_{\text{I}} = -30$кН · м

при $x_2 = 3$ м $\quad M_{\text{II}} = -M_{\text{I}} + R_A \cdot 2 = -30 + 76 = 46$кН · м

Для III-го участка (сечение с абсциссой x_3)

$Q_{\text{III}} = -F + R_A = 38 + 60 = -22$кН

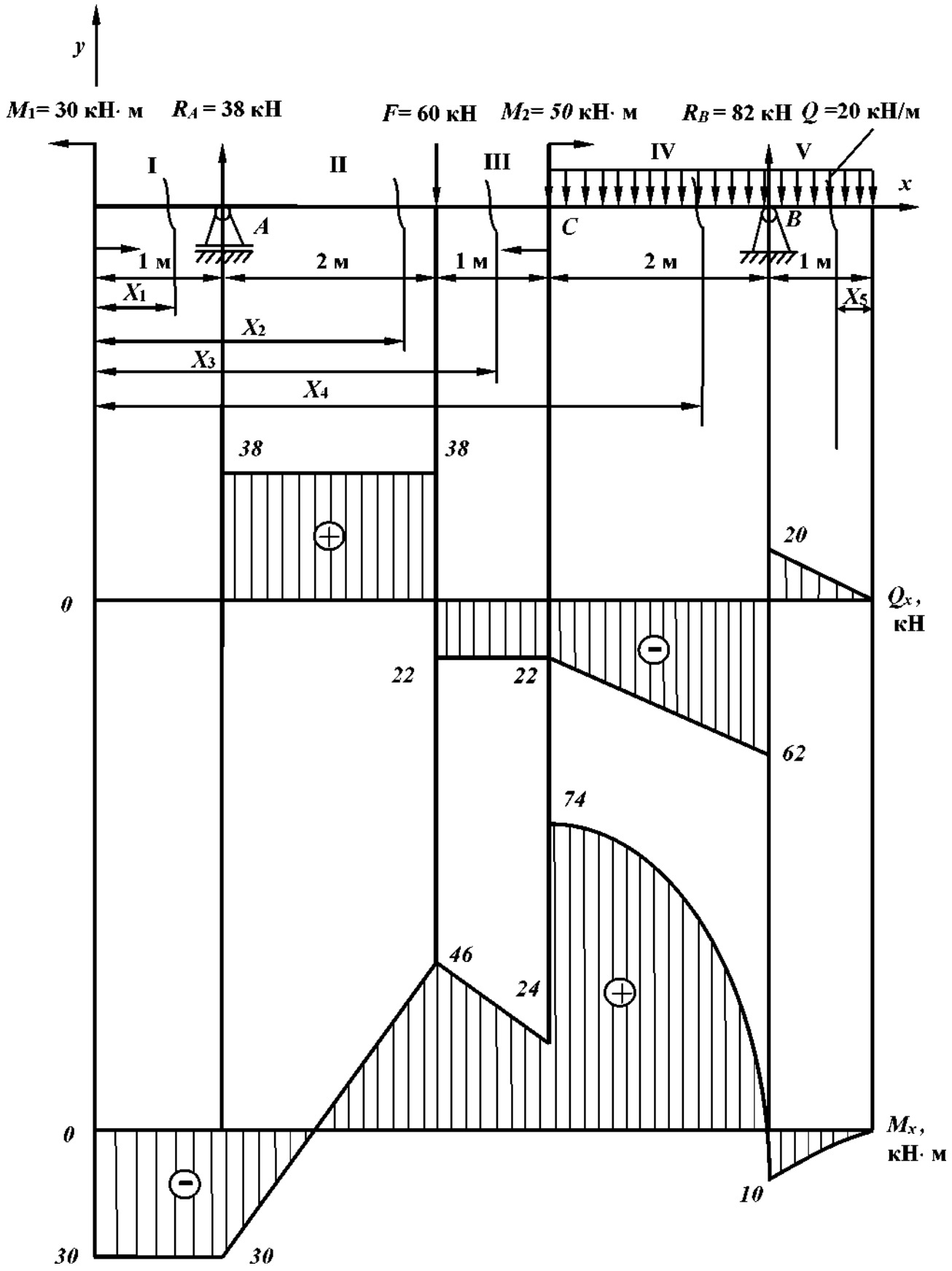


Рис. 4.14. Пример построения эпюр поперечных сил Q_x и изгибающих моментов M_x при деформации поперечного изгиба

На этом участке поперечная сила не зависит от x_3, и поэтому на протяжении всего участка она не меняет своего значения:

$$M_{\text{III}} = -M_{\text{I}} + R_A(x_3 - 1) - F(x_3 - 3)$$

Это уравнение прямой линии.

Вычислим моменты при следующих значениях x_3:

при $x_3 = 3$ м $\quad M_{\text{III}} = -30 + 38 \cdot 2 = 46\,\text{кН} \cdot \text{м}$;

при $x_3 = 4$ м $\quad M_{\text{III}} = -30 + 38 \cdot 3 - 60 = 24\,\text{кН} \cdot \text{м}$.

Для IV участка (сечение с абсциссой x_4) поперечная сила:

$$Q_{\text{IV}} = R_A - F - q(x_4 - 4)\,.$$

Это уравнение прямой линии.

Вычислим ординаты в начале и в конце участка:

при x_4= 4 м $\quad Q_{\text{IV}} = 38 - 60 = -22\,\text{кН}$;

при $x_4 = 6$ м $\quad Q_{\text{IV}} = 38 - 60 - 40 = -62\,\text{кН}$.

Уравнение изгибающих моментов для IV участка:

$$M_{\text{IV}} = -M_{\text{I}} + R_A(x_4 - 1) - F(x_4 - 3) + M_2 - q\frac{(x_4 - 4)^2}{2}\,.$$

Это уравнение параболы.

Для её построения определяем моменты:

при x_4= 4 м $\quad M_{\text{IV}} = -30 + 114 - 60 + 50 - 20 \cdot 0 = 74\,\text{кН} \cdot \text{м}$;

при x_4= 6 м $\quad M_{\text{IV}} = -30 + 38 \cdot 5 - 60 \cdot 3 + 50 - 20 \cdot \frac{4}{2} = -10\,\text{кН} \cdot \text{м}$.

Прежде чем составлять выражение поперечной силы и изгибающего момента для V участка, заметим, что их можно найти как из равновесия левой части, так и из равновесия отсеченной правой части. Каждый раз к выбору решения нужно подходить с точки зрения возможной простоты и наименьшего количества вычислений.

Для V участка (сечение с абсциссой x_5) поперечная сила равна $Q_V = q \cdot x_5$. Вычислим значения ординат: при $x_5 = 0$ $Q_V = 0$; при $x_5 = 1$ м $Q_V = 20$кН. Составим уравнение изгибающего момента для V участка: $M_V = -q \cdot x_5 \cdot \frac{x_5}{2} = -\frac{q \cdot x_5^2}{2}$.

Получим уравнение параболы. Для её построения вычислим ординаты: при $x_5 = 0$ $Q_V = 0$; при $x_5 = 1$ $M_V = -10$кН$\cdot$м.

При построении эпюр Q_x и M_x выбираем масштаб и откладываем положительные значения ординат эпюр от нулевой линии вверх, а отрицательные вниз (см. рис. 4.14). После построения эпюр устанавливаем наибольшие значения поперечной силы ($Q_{\max} = 62$ кН) и изгибающего момента ($M_{\max} = 74$ кН$\cdot$м).

Сечение *C* является «опасным», в нем $Q_x = 22$ кН, $M_x = 74$ кН$\cdot$м.

3. Подбор поперечного сечения балки проводим в соответствии с условием задания в двух вариантах:

а) подбор сечения прямоугольного профиля деревянной балки:

$$W_{\text{н.о.}} \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{74 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 7{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 7400 \text{ см}^3.$$

Для прямоугольного сечения $W_{\text{н.о.}} = \frac{J_{\text{н.о.}}}{y_{\max}} = \frac{(bh)^3/12}{h/2} = \frac{bh^2}{6}$.

При $h = 2b$, $W_{\text{н.о.}} = (2/3)b^3 \geq 7400$ см^3, отсюда $b \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 7400}{2}} = 22{,}3$ см;

$h = 2 \cdot 22{,}3 = 44{,}6$ см.

После округления размеров в большую сторону принимаем: h = 46 см, b = 23 см.

б) подбор сечения двутаврового профиля:

$$W_{\text{н.о.}} \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{74 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 4{,}62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 462 \text{ см}^3.$$

Из таблицы сортамента проката (приложение 1) этому значению соответствует двутавр № 30, для которого $W_{\text{н.о.}} = W_x^{\text{табл.}} = 472 \text{ см}^3$.

Основные размеры и геометрические характеристики профиля: высота $h = 0{,}3$ м; ширина полки $b = 0{,}135$ м; толщина полки $t = 0{,}01$ м; толщина стенки $d = 0{,}65 \cdot 10^{-2}$ м; площадь сечения $A = 46{,}5 \cdot 10^{-4}$ м^2; момент инерции сечения относительно нейтральной оси $J_{\text{н.о.}} = J_x^{\text{табл.}} = 0{,}708 \cdot 10^{-4}$ м^4; статический момент половины площади сечения относительно нейтральной оси $S_{\text{н.о.}}^{\max.} = S_x^{\text{табл.}} = 2{,}68 \cdot 10^{-4}$ м^3.

4. Полная проверка стальной балки на прочность:

а) проверка по рабочим нормальным напряжениям

$$\sigma_{\text{раб.}} = \frac{M_{\max}}{W_x^{\text{табл.}}} = \frac{74 \cdot 10^3}{4{,}72 \cdot 10^{-4}} = 157 \cdot 10^6 \text{ Па} = 157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{раб.}} = 157 \text{ МПа} < \sigma_{\text{adm}} = 160 \text{ МПа},$$

т. е. условие прочности выполняется;

б) проверка по максимальным касательным напряжениям (формула Д. И. Журавского):

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_x^{\text{табл.}}}{J_x^{\text{табл.}} d} = \frac{62 \cdot 2{,}68 \cdot 10^{-4}}{0{,}708 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}65 \cdot 10^{-2}} = 36{,}2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 36{,}2 \text{ МПа};$$

$$\tau_{\max} = 36{,}2 \text{ МПа} < \tau_{\text{adm}} = 96 \text{ МПа}.$$

Таким образом, условие прочности выполняется;

в) проверка по главным напряжениям в «опасном» сечении C, в котором $Q_x = 22$ кН, $M_x = 74$ кН$\cdot$м.

Строим эпюру нормальных напряжений для этого сечения по уровням (рис. 4.15):

$$\sigma_{1-1} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} y_{1-1} = -\frac{74 \cdot 10^3}{0{,}708 \cdot 10^{-4}} 0{,}15 = -157 \cdot 10^6 \text{ Па} = -157 \text{ МПа}.$$

Знак «минус» при напряжении для верхних волокон указывает на то, что при положительной эпюре M_x в этом сечении верхняя часть волокон испытывает деформацию осевого сжатия.

$$\sigma_{7-7} = \sigma_{1-1} = 157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{2-2} = \sigma_{3-3} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл}}} \cdot y_{2-2} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} \cdot (\frac{h}{2} - t) = -\frac{74 \cdot 10^3}{0{,}708 \cdot 10^{-4}} \cdot (0{,}15 - 0{,}01) = -147 \cdot 10^6 \, Па =$$

$$\sigma_{2-2} = \sigma_{3-3} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} y_{2-2} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} (\frac{h}{2} - t) = -\frac{74 \cdot 10^3}{0{,}708 \cdot 10^{-4}} (0{,}15 - 0{,}01) =$$

$$= -147 \cdot 10^6 \text{ Па} = -147 \text{ МПа}; \quad \sigma_{4-4} = 0, \text{ так как } y_{4-4} = 0.$$

Эпюра касательных напряжений также строится по значениям, определяемым для различных уровней (волокон) сечения $\tau_{1-1} = \tau_{7-7} = 0$, так как $S_{\text{н.о.}}^{1-1} = 0$, т. е. статический момент площади сечения, находящейся выше или ниже уровня 1-1 относительно нейтральной оси, равен нулю.

Напряжения в волокнах уровня 2-2 и 6-6 можно не определять, так как они обычно очень малы.

В переходных волокнах 3-3 и 5-5 напряжения будут равны

$$\tau_{3-3} = \tau_{5-5} = \frac{Q_x S_{\text{н.о.}}^{3-3}}{J_x^{\text{табл.}} b_{3-3}} = \frac{Q_x bt(h/2 - t/2)}{J_x^{\text{табл.}} d} =$$

$$= \frac{22 \cdot 10^3 \cdot 0{,}135 \cdot 0{,}01 \cdot (0{,}15 - 0{,}005)}{0{,}708 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}65 \cdot 10^{-2}} = 9{,}7 \cdot 10^6 \text{ Па} = 9{,}7 \text{ МПа}.$$

Для волокон нейтрального слоя

$$\tau_{4-4} = \frac{Q_x S_{\text{н.о.}}^{4-4}}{J_x^{\text{табл.}} b_{4-4}} = \frac{Q_x S_x^{\text{табл.}}}{J_x^{\text{табл.}} d} = \frac{22 \cdot 2{,}68 \cdot 10^{-4}}{0{,}708 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}65 \cdot 10^{-2}} = 12{,}8 \cdot 10^6 \text{ Па} = 12{,}8 \text{ МПа}.$$

Эпюры σ и τ строятся в масштабе (см. рис. 4.15).

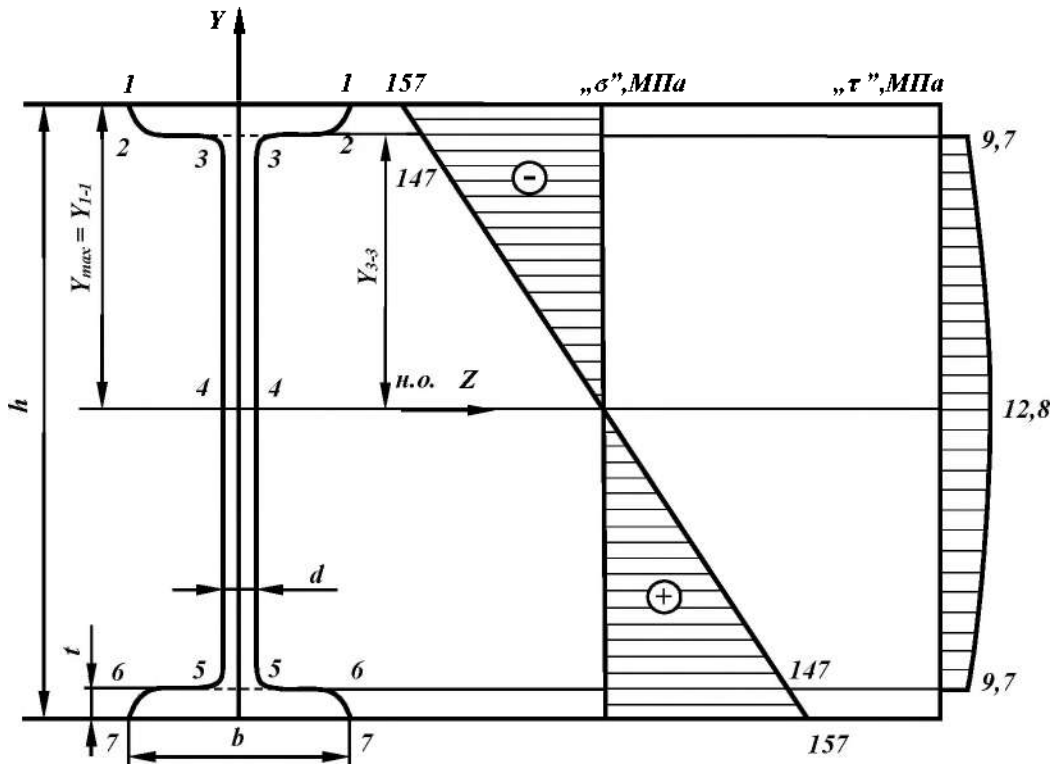


Рис. 4.15. Эпюры распределения нормальных и касательных напряжений по высоте двутавра

На основании эпюр напряжений определяют главные напряжения для верхних, переходных и средних волокон:

$$\sigma_1^{1-1} = 1/2(\sigma_{1-1} + \sqrt{\sigma_{1-1}^2 + 4\tau_{1-1}^2}) = 1/2(-157 + \sqrt{157^2 + 4 \cdot 0^2}) = 0;$$

$$\sigma_2^{1-1} = 1/2(-157 - \sqrt{157^2 + 4 \cdot 0^2}) = -157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_1^{3-3} = 1/2(-147 + \sqrt{147^2 + 4 \cdot 9,7^2}) = 0,5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2^{3-3} = 1/2(-147 - \sqrt{147^2 + 4 \cdot 9,7^2}) = -147,5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_1^{4-4} = 1/2(0 + \sqrt{0^2 + 4 \cdot 12,8^2}) = 12,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2^{4-4} = -12,8 \text{ МПа}.$$

Определим величины расчётных напряжений по третьей теории прочности:

$$\sigma_p^{1-1} = \sigma_1^{1-1} - \sigma_2^{1-1} = 0 - (-157) = 157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p^{3-3} = \sigma_1^{3-3} - \sigma_2^{3-3} = 0,5 - (-147,5) = 148 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p^{4-4} = \sigma_1^{4-4} - \sigma_2^{4-4} = 12{,}8 - (-12{,}8) = 25{,}6 \text{ МПа}.$$

Таким образом, условие прочности $\sigma_p^{III} < \sigma_{adm}$ выполняется.

По четвертой теории прочности

$$\sigma_p^{1-1} = \sqrt{(\sigma_1^{1-1})^2 + (\sigma_2^{1-1})^2 - \sigma_1^{1-1}\sigma_2^{1-1}} = \sqrt{0^2 + 157^2 - 0^2} = 157 \text{ МПа}.$$

Аналогично: $\sigma_p^{3-3} = 148$ МПа; $\sigma_p^{4-4} = 22{,}1$ МПа.

Таким образом, результаты по всем вариантам полной проверки прочности балки показывают, что все условия прочности выполняются, следовательно, к практическому применению принимается двутавр № 30.

Задача 2. Для заданной схемы балки (рис. 4.16) построить эпюры поперечных сил Q_x и изгибающих моментов M_x, определить размеры сечения заданной формы из условия прочности, принимая $\sigma_{adm} = 160$ МПа.

Решение

Определим реакции опоры A из уравнений равновесия:

1) $\sum M_A = 0;\quad -M_A + M - q \cdot 1 \cdot 2{,}5 + F \cdot 3 = 0;$

$M_A = M - q \cdot 1 \cdot 2{,}5 + F \cdot 3 = 6 - 10 + 24 = 20$ кН · м.

2) $\sum Y = 0;\ R_A - q \cdot 1 + F = 0$ (предварительное направление реакции R_A вверх);

$R_A = q \cdot 1 - F = 4 - 8 = -4$ кН (меняем направление реакции на противоположное).

Проверка: $\sum M_C = 0;\quad -M_A + R_A \cdot 3 + M + q \cdot 1 \cdot 0{,}5 = -20 + 12 + 6 + 2 = 0.$

Определим размеры поперечного сечения (см. рис. 4.16), для чего условно разбиваем это сечение на фигуры 1, 2, 3 и 4, площади которых: $A_1 = 5b \cdot 6b;$ $A_2 = 2b \cdot 3b;$ $A_3 = A_4 = b \cdot b.$

Для определения положения центра тяжести сечения проводим вспомогательную ось $x_{вр}$ и найдем координату y_C по известной формуле

$$y_c = \frac{S_{x_{\text{вр}}}}{A} = \frac{A_1 y_1 - A_2 y_2 + A_3 y_3 + A_4 y_4}{A_1 - A_2 + A_3 + A_4} =$$

$$= \frac{6b \cdot 5b \cdot 2{,}5b - 2b \cdot 3b \cdot 1{,}5b + 2b \cdot b \cdot 0{,}5b}{6b \cdot 5b - 2b \cdot 3b + 2b \cdot b} = 2{,}58b,$$

где y_1, y_2, y_3, y_4 – расстояния от центров тяжести фигур 1, 2, 3, 4 до оси $x_{\text{вр}}$.

Так как сечение симметричное, то его центр тяжести лежит на оси симметрии y.

Проводим нейтральную ось через центр тяжести параллельно вспомогательной оси $x_{\text{вр}}$. Находим момент инерции относительно нейтральной оси

$$J_{\text{н.о.}} = (J_{\text{н.о.}})_1 - (J_{\text{н.о.}})_2 + 2 \cdot (J_{\text{н.о.}})_3 = \left[\frac{6b \cdot (5b)^3}{12} + 6b \cdot 5b \cdot (y_1 - y_c)^2 \right] -$$

$$- \left[\frac{2b \cdot (3b)^3}{12} + 2b \cdot 3b \cdot (y_2 - y_c)^2 \right] + 2 \cdot \left[\frac{b \cdot b^3}{12} + b \cdot b \cdot (y_3 - y_c)^2 \right] = 60 \cdot b^4.$$

Строим эпюры поперечных сил Q_x и изгибающих моментов M_x, пользуясь контрольными правилами и начиная построения со свободного конца балки:

$$Q_C = -F = -8 \text{ кН}; \; Q_D = -F + q \cdot 1 = -8 + 4 = -4 \text{ кН} = Q_B = Q_A;$$

$$M_C = 0; \; M_D = F \cdot 1 - q \cdot 1 \cdot 0{,}5 = 8 - 2 = 6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_B = F \cdot 2 - q \cdot 1 \cdot 1{,}5 = 16 - 6 = 10 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

В сечении B изгибающий момент возрастает на момент $M = 6$ кН · м, что на эпюре M_x отражается в виде скачка. Изгибающий момент в жесткой заделке равен моменту заделки M_A.

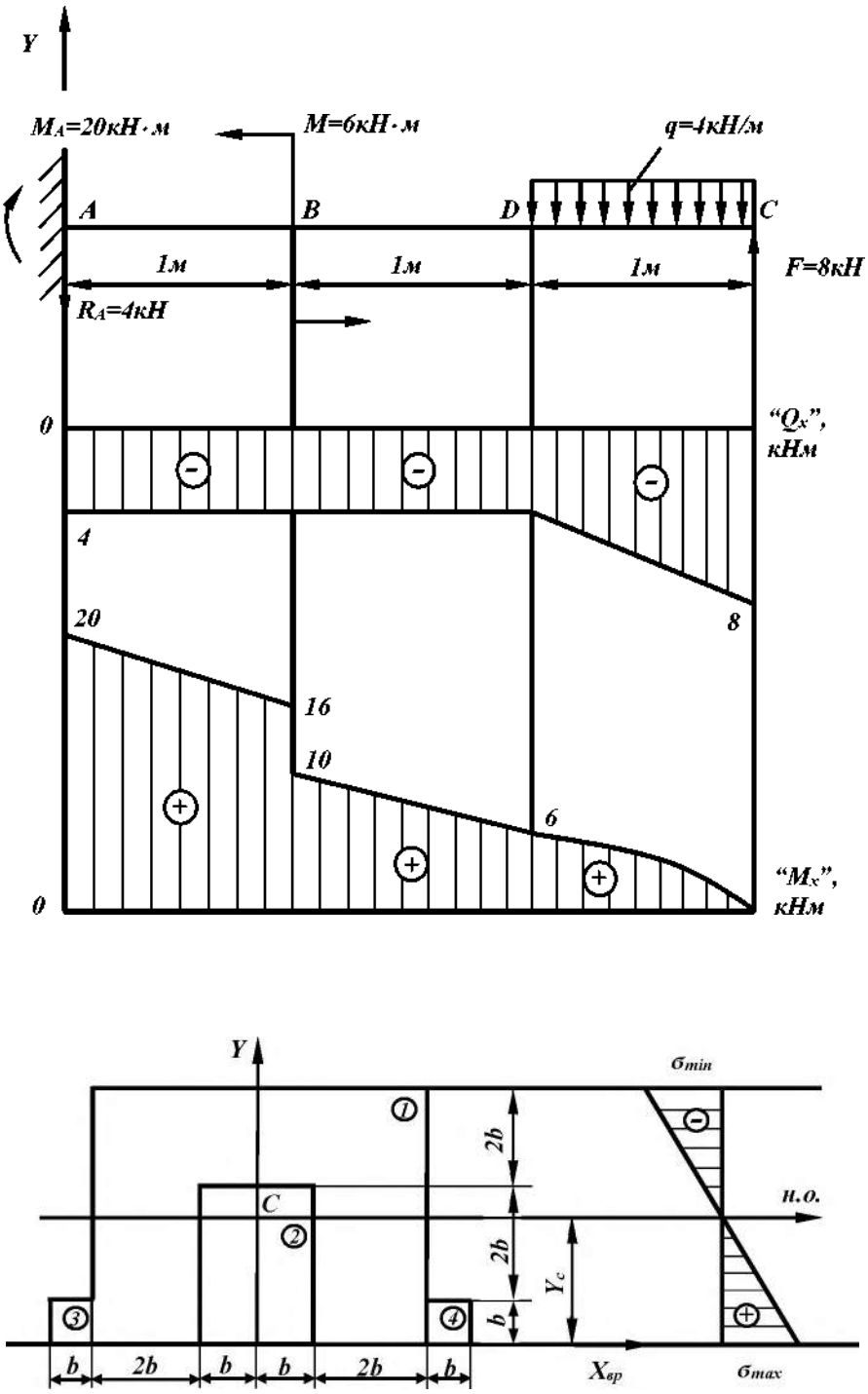


Рис. 4.16. Пример построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для консоли

Максимальный изгибающий момент $M_{\max} = M_A = 20$ кН · м.

Максимальные напряжения, возникающие в нижних волокнах этого сечения:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} y^{\text{н}}_{\max}}{J_{\text{н.о.}}} = \frac{20 \cdot 2{,}58 \cdot b}{60 \cdot b^4} = \frac{0{,}83 \text{ кН} \cdot \text{м}}{b^3}.$$

Максимальные напряжения, возникающие в верхних волокнах этого сечения:

$$\sigma_{min} = \frac{M_{max} y^{в}_{max}}{J_{н.о.}} = \frac{20 \cdot 2,42 \cdot b}{60 \cdot b^4} = \frac{0,81\ кН \cdot м}{b^3}.$$

Приравнивая наибольшее напряжение к допускаемому напряжению σ_{adm}, получим размер сечения b:

$$\sigma_{max} = \frac{0,83\ кН \cdot м}{b^3} \le \sigma_{adm} = 160\ МПа;\ b^3 \ge \frac{0,83 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6},$$

$$b \ge \sqrt[3]{5,2 \cdot 10^{-6}} = 1,73 \cdot 10^{-2}\ м;\ \ b = 18\ мм.$$

Ответ: Принимаем размер сечения b = 18 мм.

Приложение 1

Сортамент двутаврового профиля

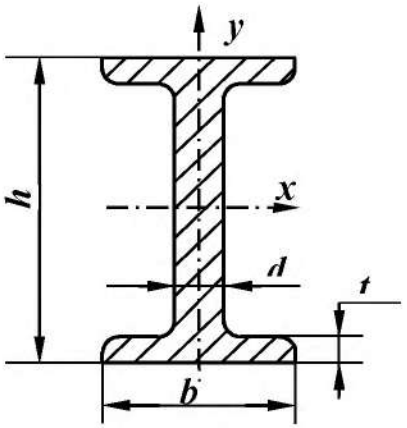


Таблица П.1

Двутавры стальные горячекатаные (ГОСТ – 8239-89)

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см^2	Масса 1 пог. м, кг	Справочные величины для осей						
							x-x				*y-y*		
	h	*b*	*d*	*t*			J_x, см^4	W_x, см^3	i_x, см	S_x, см^3	J_y, см^4	W_y, см^3	i_y, см
10	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,9	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
18а	180	100	5,1	8,3	25,4	19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80	2,12

Окончание табл. П.1

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см^2	Масса 1 пог. м, кг	Справочные величины для осей						
							x-x				*y-y*		
	h	*b*	*d*	*t*			J_x, см^4	W_x, см^3	i_x, см	S_x, см^3	J_y, см^4	W_y, см^3	i_y, см
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
20а	200	110	5,2	8,6	28,9	22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20	2,32
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
22а	220	120	5,4	8,9	32,8	25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30	2,50
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,3	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
24а	240	125	5,6	9,8	37,5	29,40	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60	2,63
27	270	125	6,0	9,8	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,60	2,54
27а	270	135	6,0	10,2	43,2	33,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00	2,80
30	300	135	6,5	10,2	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
30а	300	145	6,5	10,7	49,9	32,90	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10	2,95
33	330	140	7,0	11,2	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
40	400	155	8,3	13,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	14,2	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	707,0	808,0	101,00	3,09
50	500	170	10,0	15,2	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	16,5	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	17,8	138,0	108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54

Приложение 2

Сортамент швеллерного профиля

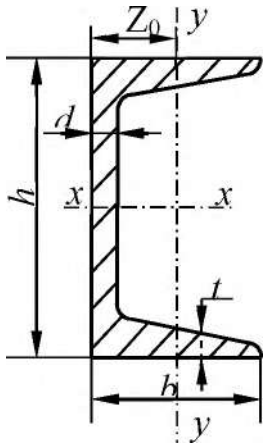


Таблица П.2

Швеллеры стальные горячекатаные – (ГОСТ 8240-89)

Номер профиля	Масса 1 пог. м, кг	Размеры, мм				Площадь сечения, см^2	Справочные величины для осей							z_0, см
							x-x				y-y			
		h	b	d	t		J_x, см^4	W_x, см^3	i_x, см	S_x, см^3	J_y, см^4	W_y, см^3	I_y, см	
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,90	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67

Окончание табл. П.2

Номер профиля	Масса 1 пог. м, кг	Размеры, мм				Площадь сечения, см^2	Справочные величины для осей							z_0, см
							x-x				*y-y*			
		h	*b*	*d*	*t*		J_x, см^4	W_x, см^3	i_x, см	S_x, см^3	J_y, см^4	W_y, см^3	I_y, см	
14а	13,3	140	62	4,9	8,7	17,0	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5,0	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16а	15,3	160	68	5,0	9,0	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
18	16,3	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17,0	2,04	1,94
18а	17,4	180	74	5,1	9,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9,0	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20а	19,8	200	80	5,2	9,7	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21,0	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22а	22,6	220	87	5,4	10,2	28,8	2330	212	8,90	121	187	30,0	2,55	2,46
24	24,0	240	90	5,6	10,0	30,6	2900	242	9,73	139	203	31,6	2,60	2,42
24а	25,8	240	95	5,6	10,7	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,7	270	95	6,0	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11,0	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7,0	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	115	8,0	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. Теоретическая механика в примерах и задачах. [Текст]: учебник Том 1, 2. – М.: Лань, 2009.

Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики. [Текст]: учебник – М.: Лань, 2009.

Вебер Г. Э., Ляпцев С. А. Лекции по теоретической механике. [Текст]: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

Васильев А. С., Канделя М. В., Рябченко В. Н. Основы теоретической механики [Электронный ресурс]: учебное пособие / — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. 191 с. — ISBN 978-5-4486-0154-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/70776.html

Волков Е. Б., Казаков Ю. М. Теоретическая механика: Сборник заданий для расчётно-графических работ. [Текст]: – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 156 с.

Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / под ред. А. А. Яблонского. – М.: Высшая школа, 2001.

Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. [Текст]: учебник – М.: Высшая школа, 2007.

Афанасьев А. И., Ахлюстина Н. В. Техническая механика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 80 с.

Афанасьев А. И, Казаков Ю. М., Ляпцев С. А. Техническая механика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014.

Вольмир А. С. Сборник задач по сопротивлению материалов. – М.: Дрофа, 2007. – 408 с.

Степин П. А. Сопротивление материалов. – М.: Лань, 2010.

Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А. Лекции по сопротивлению материалов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005.

Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А., Чучманова Л. Д., Середа К. В. Сопротивление материалов в примерах и задачах. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012.

Учебное издание

Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков
Любовь Дмитриевна Чучманова

МЕХАНИКА

Учебное пособие
для самостоятельной работы студентов

Редактор *Л. В. Устьянцева*

Компьютерная верстка *М. А. Илясова*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 6,375 Уч. изд. л. 4,6 Тираж 115 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-
методической работе

_____ Упоров С.А.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И

Специальность
15.02.16 Технология машиностроения

Екатеринбург 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВДЕНИЕ 3
Задача 1. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА 4
Задача 2. РАСЧЕТ ОДНОФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА 12
2.1. Последовательное соединение в цепи синусоидального тока. 12
2.2. Параллельное соединение в цепи синусоидального тока 14
2.3. Разветвленная цепь синусоидального тока 16
Задача 3. РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ 22
3.1. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника звездой 22
3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником 25
Задача 4. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ. 27
Задача 5. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА 33
Задача 6. РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ 40
ЗАДАЧА 7. РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА. 46
7.1. Неразветвленные магнитные цепи. 46
7.1.1. Прямая задача. Определить МДС цепи по заданному магнитному потоку. 49
7.1.2. Обратная задача. Определить магнитный поток в цепи по заданной МДС 51
2.2. Разветвленная цепь синусоидального тока 57
Задача 8. ТРАНСФОРМАТОРЫ 58
Задача 9. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ 60
Задача 10. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ 63

ВВДЕНИЕ

Дисциплина «Основы электротехники» изучает процессы в электрических и магнитных цепях, выявляет общие закономерности электромагнитных явлений и их прикладное применение для создания, передачи и распределения электроэнергии.

Целью преподавания дисциплины является теоретическая и практическая подготовка будущего инженера-электрика, инженера-электромеханика, инженера по автоматизации производственных процессов, развитие его творческих способностей, умение формировать и решать на высоком научном уровне проблемы осваиваемой специальности, умение творчески применять и самостоятельно повышать свои знания. Эти цели достигаются на основе повышения творческой активности и самостоятельной работы студентов.

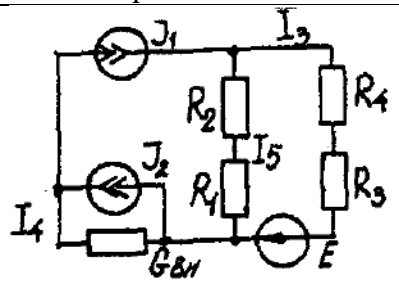
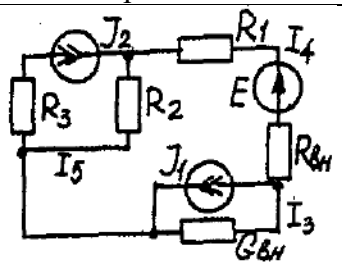
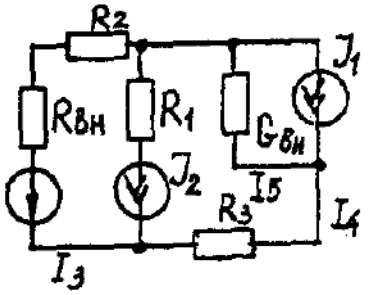
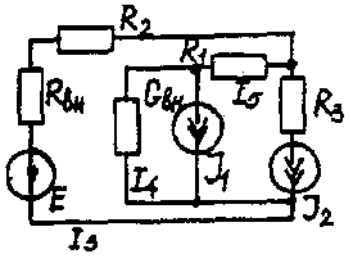
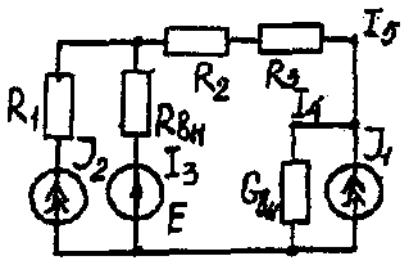
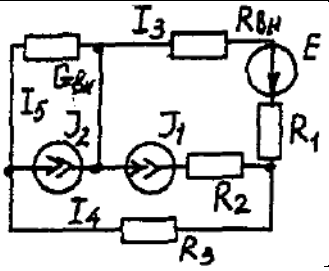
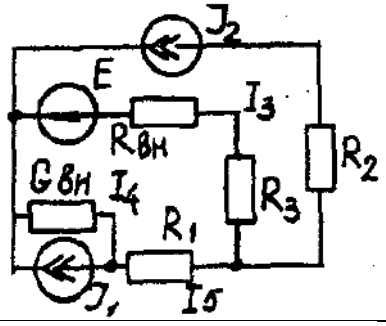
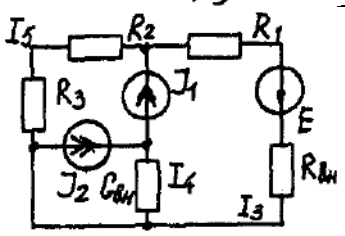
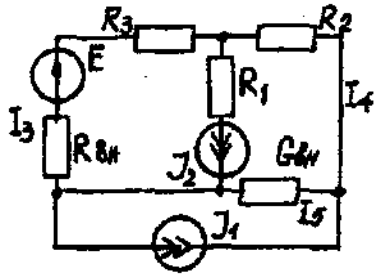
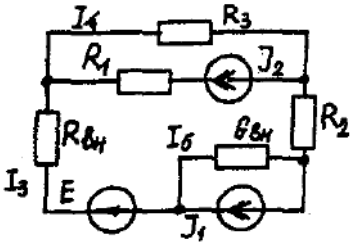
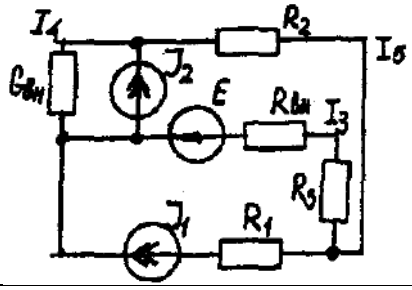
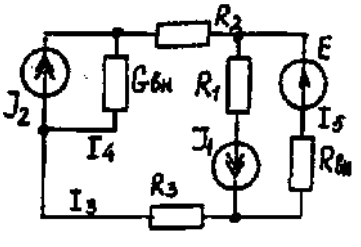
Высокий научный и инженерный уровень дисциплины обусловлен глубоким проникновением в ее разделы законов и положений, которые даются в курсах «Физика» и «Математика».

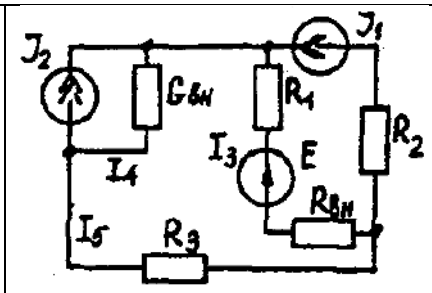
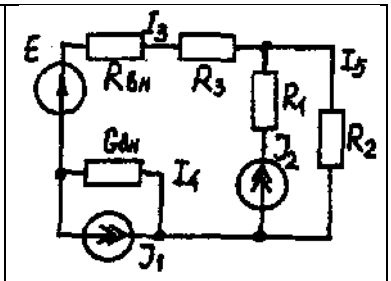
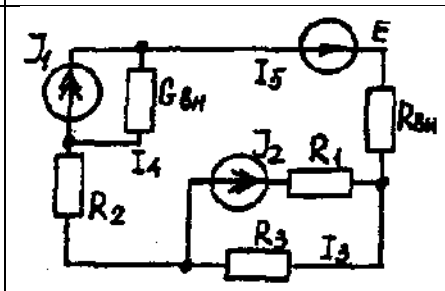
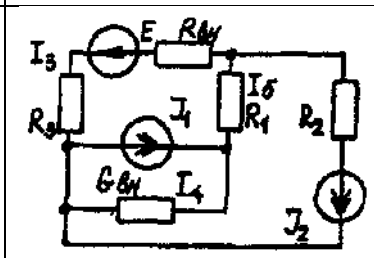
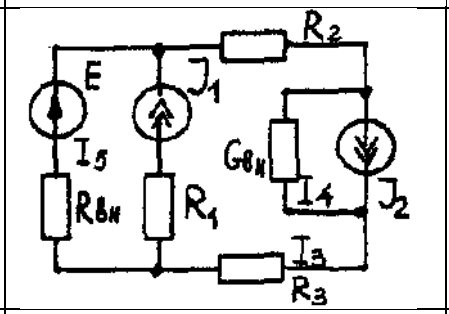
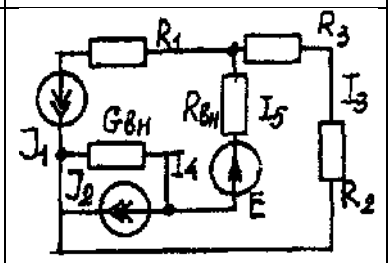
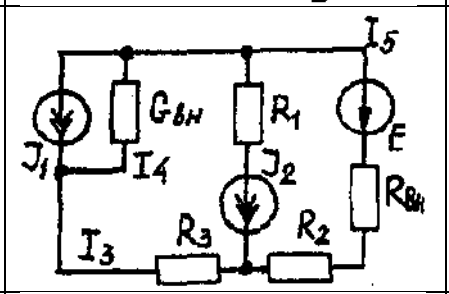
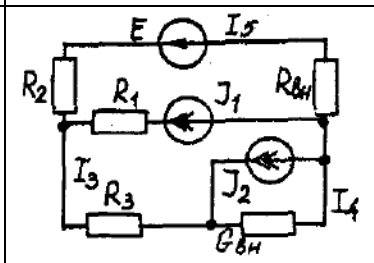
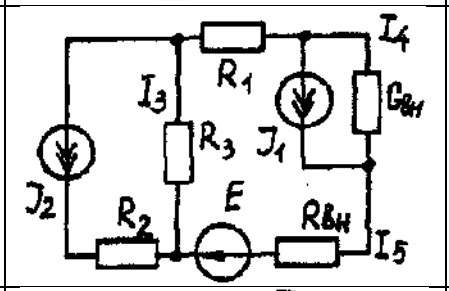
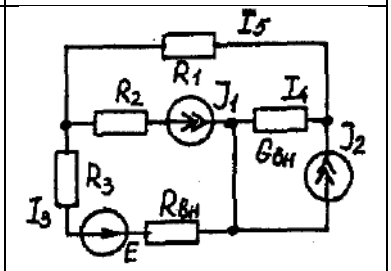
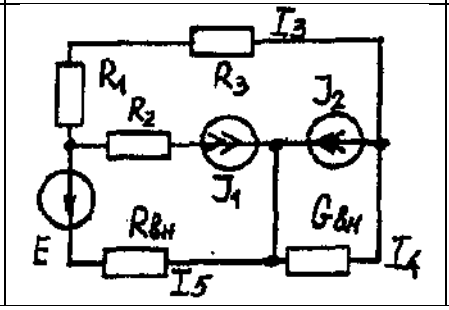
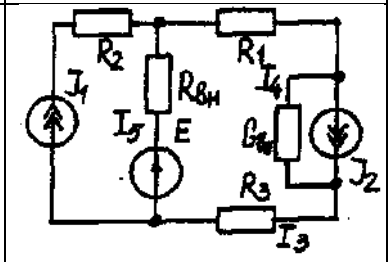
Выполнение контрольных заданий.

При выполнении контрольных задний необходимо выполнить следующие требования:

1. Контрольные задания выполняют по данному методическому указанию.
2. Варианты задач в контрольных заданиях определяют по двум последним цифрам номера студенческого билета. Если две последние цифры превышают число 24 (общее количество вариантов), то номер варианта определяется по остатку от целочисленного деления этих цифр на число 24. • Например, двум последним цифрам 49-го номера студенческого билета соответствует первый вариант контрольного задания.
3. Контрольные задания выполняют в отдельной тетради, на обложке которой приводят сведения по следующей форме: фамилия, имя, отчество, номер студенческого билета, номер контрольного задания.
4. Графическую часть (схемы, графики) в контрольных заданиях выполняют карандашом, в масштабе, с указанием последнего.
5. Решение каждой задачи контрольного задания следует начинать с новой страницы.
6. Электрические схемы вычерчивают согласно стандарту.
7. Условие задачи выписывают полностью без сокращений.
8. Решения задач сопровождают краткими пояснениями.
9. Контрольные задания представляются для проверки до начала соответствующей лабораторно-экзаменационной сессии.
10. Если контрольное задание не зачтено, студент обязан, исправив ошибки указанные преподавателем, представить задание на повторную рецензию.
11. Студенты, не сдавшие на проверку соответствующих решенных контрольных заданий, к сдаче экзамена не допускаются.

Задача 1. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	

13		14	
15		16	
17		18	
19		20	
21		22	
23		24	

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 1.1) с известными параметрами (табл. 1.2) определить токи в ветвях цепи следующими методами:

- составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа;
- контурных токов;

- наложения;
- узловых потенциалов;
- эквивалентного генератора.

Номер вариа-нта	Значение параметров							
	E, В	J_1, А	J_2, А	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	$R_{ВН}$, Ом	$G_{ВН}$, См
1	42	35	17	10	20	5	7	0,5
2	126	6	8	1	3	2	5	0,25
3	21	5	2	5	9	3	3	0,2
4	29	3	6	2	3	4	4	0,2
5	200	25	25	8	3	1	4	0,5
6	40	10	3	5	8	5	2	0,5
7	50	3	25	3	5	2	3	0,2
8	20	10	8	4	8	2	6	1
9	50	22	6	4	5	2	3	0,1
10	140	20	7	5	1	4	6	0,2
11	104	28	13	5	2	3	2	0,1
12	150	4	6	3	4	6	5	0,2
13	43	4	28	2	5	1	3	0,2
14	82	2	3	6	4	5	6	0,2
15	52	2	1	3	1	2	2	0,2
16	204	1	5	2	3	1	3	0,4
17	110	11	9	2	3	3	2	0,5
18	72	2	1	4	1	3	6	0,2
19	42	2	5	3	3	4	5	0,1
20	8	6	2	6	1	2	2	0,05
21	187	10	6	2	6	7	4	0,5
22	144	5	15	4	3	2	4	0.5
23	84	6	5	3	3	б	3	0,5
24	103	12	6	4	3	1	3	0,5

Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа

Методические указания.

Этот метод основан на составлении и совместном решении системы уравнений электрического равновесия, составленных по первому и второму законам Кирхгофа. Общее число независимых уравнений (и) должно быть равно числу неизвестных токов, то есть числу ветвей электрической схемы *(p)* за исключением ветвей, содержащих источник тока.

Последовательность решения.

Выбрать условное положительное направление токов в ветвях. По первому закону Кирхгофа для схемы, содержащей *(q)* узлов, составить *(q* -1) уравнений электрического равновесия. По второму закону Кирхгофа составить [*p* - *(q* - 1)] уравнений электрического равновесия для независимых контуров. При составлении уравнений электрического равновесия следует обратить внимание на знаки. Если заданное или произвольно выбранное направление токов и э. д. с. совпадают с выбранным обходом контуров, то перед ними в уравнениях электрического равновесия ставят знак плюс, знак у падений напряжений берется в соответствии со знаком тока.

Решить полученную систему уравнений электрического равновесия относительно неизвестных токов в ветвях.

Выполнить проверку полученного решения по первому закону Кирхгофа для узлов заданной электрической схемы.

Метод контурных токов

Методические указания.

Этот метод заключается в представлении действительных токов в ветвях, являющихся общими для двух или большего числа смежных контуров, алгебраической суммой составляющих, каждая из которых является током, замыкающимся в одном из выбранных контуров. Эти составляющие называются контурными токами. При решении задачи этим методом в расчет вводят контурные токи, составляют уравнения электрического равновесия только на основании второго закона Кирхгофа. Вычислив контурные токи, определяют действительные токи в ветвях.

Последовательность решения.

Выбрать для рассматриваемой схемы независимые контуры, не содержащие источники тока *(J).*

Задавшись положительными направлениями обхода контуров, составить для выбранных независимых контуров уравнения электрического равновесия по второму закону Кирхгофа, принимая направления контурных токов, совпадающими с выбранным обходом контуров. В уравнениях электрического равновесия учитывать и падения напряжений, обусловленные источниками тока (J) на соответствующих сопротивлениях рассматриваемого контура. Определить контурные токи.

Вычислить действительные токи ветвей как алгебраические суммы токов как контурных, так и источников тока, протекающих через рассматриваемую ветвь.

Метод наложения

Методические указания.

Этот метод основан на том, что действительный ток в рассматриваемой ветви равен алгебраической сумме составляющих токов в этой ветви, вызванных каждой из э. д. с. и источника тока в отдельности при исключении действия остальных источников э. д. с. и тока.

Последовательность решения.

Составить (нарисовать) электрические цепи с одним источником э. д. с. или тока, при этом зажимы остальных источников тока размыкать, а источники э. д. с. замыкать накоротко.

Задаться положительными направлениями токов в ветвях.

Определить составляющие - токов в ветвях, вызванных рассматриваемым источником.

Определить действительные токи ветвей как алгебраическую сумму составляющих.

Метод узловых потенциалов

Методические указания.

Этот метод заключается в определении потенциалов узлов, на основании чего вычисляются токи в ветвях по закону Ома. Потенциалы узлов определяются на основании системы уравнений электрического равновесия (1.1), составленных по первому закону Кирхгофа. При этом токи в уравнениях электрического равновесия выражают через потенциалы согласно закону Ома для участка цепи. Потенциал одного из узлов принимается равным нулю.

$$\left.\begin{array}{l} \varphi_1 G_{11} - \varphi_1 G_{12} - \varphi_3 G_{13} = I_{11} \\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_1 G_{22} - \varphi_3 G_{23} = I_{22} \\ -\varphi_1 G_{31} - \varphi_1 G_{32} - \varphi_3 G_{33} = I_{33} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (1.1)$$

Где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, - потенциалы узлов; $G_{11}, G_{22}, G_{33}, \ldots$ - собственная (узловая) проводимость, равная сумме проводимостей всех ветвей, сходящихся в этом узле, без учета проводимостей ветвей с источниками тока; $G_{11}, G_{12}, G_{13}, G_{21}, G_{23}, G_{32}, \ldots$ - взаимная проводимость, равная сумме проводимостей ветвей между двумя узлами, без учета проводимостей ветвей с источниками тока; $I_{11}, I_{22}, I_{33}, \ldots$ - узловой ток, равный алгебраической сумме токов (J) источников тока и произведений *(G-E)* (э. д. с. ветвей, сходящихся в рассматриваемом узле, на их проводимости); эти величины входят в выражения узловых токов со знаком плюс, если токи *(J)* и э. д. с. (Е) направлены к рассматриваемому узлу.

Последовательность решения.

Пронумеровать узлы. Потенциал одного из узлов принять равным нулю.

Составить систему *(q* - 1) уравнений электрического равновесия (1.1) Вычислить собственные и взаимные проводимости, узловые токи и подставить в систему уравнений электрического равновесия (1.1).

Определить потенциалы узлов, решив систему уравнений электрического равновесия (1.1). Определить токи ветвей по закону Ома.

Ток ветви равняется разности потенциалов двух узлов, деленной на сопротивление ветви,

$$I_{\text{ветви}} = [\,(\varphi_{\text{к}} - \varphi_{(\text{к}-1)})\,] / \sum R_{\text{ветви}} \quad (1.2)$$

Метод эквивалентного генератора

Методические указания.

Этот метод основан на применении теоремы об активном двухполюснике. Согласно теоремы любой активный двухполюсник, содержащий один или несколько источников энергии, можно заменить эквивалентным генератором, э. д. с. которого равна напряжению холостого хода на зажимах выделенной ветви, а внутреннее сопротивление равно входному сопротивлению двухполюсника (рис. 1.1).

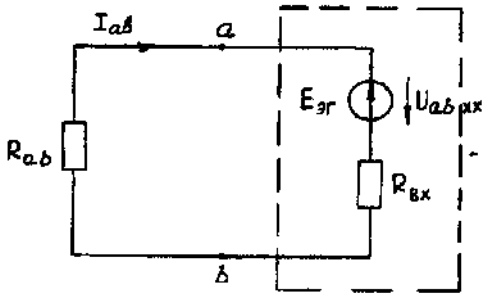


Рис. 1.1. К методу эквивалентного генератора

При определении тока, например, в ветви *ab* любой электрической схемы, эту схему представляют в виде двух частей: рассматриваемой ветви *ab* и остальной части схемы - эквивалентного генератора *($E_{эг}$).* Ток в ветви *ab* определяют по формуле:

$$I_{ab} = U_{ab\,xx} / (R_{ab} + R_{вх}) \quad (1.3)$$

где *Uab xx* - напряжение холостого хода активного двухполюсника (эквивалентного генератора) относительно зажимов рассматриваемой ветви; $R_{вх}$ - входное сопротивление пассивного двухполюсника относительно зажимов *ab;* R_{ab} - сопротивление рассматриваемой ветви *ab.*

Последовательность решения.

Определить напряжение U_{abxx} с помощью одного из известных методов расчета электрических цепей, согласно исходной схеме без рассматриваемой ветви *ab.*

Вычислить входное сопротивление $R_{вх}$ пассивного двухполюсника, т. е. сопротивление исходной электрической цепи относительно точек *ab* без ветви *ab,* при замкнутых источниках токов э. д. с. и разомкнутых источников токов.

Вычислить ток в рассматриваемой ветви *ab* (см. рис. 1.1) по формуле (1.3).

Пример решения задачи

Для заданной электрической цепи (рис. 1.2) с параметрами: E=65,5 В; J_1=3,5 А; J_2 = 8 А; R_1 = 9 Ом; R_2 = 7 Ом; R_3 = 5 Ом; $R_{вн}$ = 3 Ом; $G_{вн}$ = 0,5 См, определить токи в ветвях.

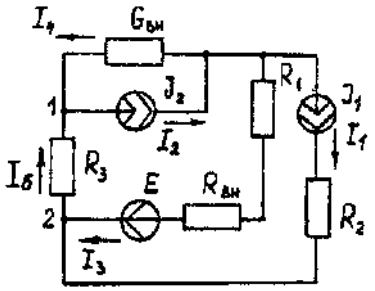


Рис. 1.2. Схема заданной электрической цепи

Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа

В рассматриваемой электрической цепи неизвестными являются три тока *(I_3, I_4, I_5),* для определения этих токов необходимо иметь систему из трех уравнений электрического равновесия, которые составляем по законам Кирхгофа: два уравнения электрического равновесия по первому закону Кирхгофа, предварительно задавшись положительными направлениями токов в ветвях (для узлов 1 и 2); третье уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа. Принимаем контур *(R_3 – $G_{вн}$ – R_1 – $R_{вн}$ - E),* минуя ветви с источниками тока, и задаемся положительным направлением его обхода (см. рис. 1.2.)

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - J_2 + I_5 = 0; \\ I_3 + J_1 - I_5 = 0; \\ I_5 R_3 - I_4 1/G_{вн} + I_3(R_1 + R_{вн}) = E. \end{array}\right\} \quad (1.4)$$

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - 8 + I_5 = 0; \\ I_3 + 3{,}5 - I_5 = 0; \\ I_5 5 - I_4 * 1/0{,}5 + I_3(9 + 3) = 65{,}5. \end{array}\right\} \quad (1.5)$$

В результате решения системы уравнений (1.5) получим: I_3 = 3 А; I_4 = 1,5 А; I_5 = 6,5 А.

Метод контурных токов

Для определения трех неизвестных токов выбираем три независимых контура (рис 1.3) и задаемся положительными направлениями их обхода, совмещая положительные направления контурных токов I_{11}, I_{22}, I_{33} с направлениями их обхода I_{11}= J_1= 3,5 А ; I_{22} = J_2 = 8 А.

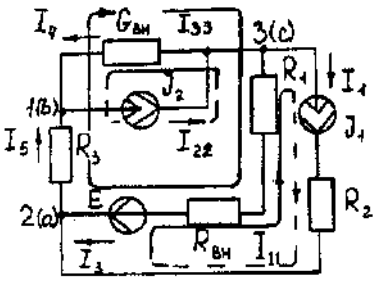


Рис. 1.3. Схема электрической цепи для метода контурных токов

Таким образом, неизвестным является лишь контурный ток I_{33}. Для третьего контура (R_3 - $G_{ВН}$ – R_3 – $R_{вн}$- E) составляем уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа и определяем контурный ток I_{33}

$$-I_{11}(R_1+R_{вн})-I_{22}*1/G_{вн}+I_{33}(R_1+R_{вн}+R_3+1/G_{вн})= E; \quad (1.6)$$

$$-3{,}5(9 + 3) - 8 * 1/0{,}5 + I_{33}\ (9 + 3 + 5 + 1/0{,}5) = 65{,}5;$$

отсюда I_{33} = 6,5 А.

Действительные токи в ветвях:

I_3=I_{33}-I_{11}=6,5-3,5 = 3А;

$I_4 = I_{22}-I_{33}$ = 8-6,5 = l,5A,

$I_5 = I_{33}$=6,5A.

Метод узловых потенциалов

Заземляем один из узлов (например 3, рис. 1.4), потенциал этого узла (φ_3) теперь равен нулю. Для определения потенциалов двух других узлов составляем систему из двух уравнений электрического равновесия по первому закону Кирхгофа:

$$\left.\begin{aligned}\varphi_1 G_{11} - \varphi_2 G_{12} &= I_{11}\\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_2 G_{22} &= I_{22}\end{aligned}\right\} \quad (1.7)$$

$G_{11} = G_{вн}$+ 1/R_3= 0,5 + 1/5 = 0,7 См ; G_{12} = G_{21} = 1/R_3 = 1/5 = 0,2 См ; G_{22} = 1/R_3 + l/(R_1 + $R_{вн}$) = 1/5 + 1/(9 + 3) = 0,28 См.

I_{11} = -J_2 = - 8 А; I_{22} = J_1 + E/(R_1 + $R_{вн}$) = 3,5 + 65/(9 + 3) -=9 А.

$$\left.\begin{aligned}0{,}7\varphi_1 - 0{,}2\varphi_2 &= -8;\\ -0{,}2\varphi_1 - 0{,}28\varphi_2 &= 9,\end{aligned}\right\}$$

откуда φ_1= -3 В ; φ_2 = 29,5 В.

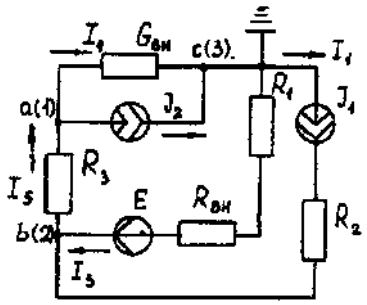


Рис. 1.4. Схема электрической цепи для метода узловых потенциалов

Токи в ветвях:

I_3 = [(φ_3 - φ_2) + E] * 1/ (R_1 + $R_{вн}$) = [(0 - 29,5) + 65,5] * 1/(9 + 3) - 3 А;

I_4 = (φ_3 - φ_1)-$G_{ВН}$ = (0 + 3)*0,5 = 1,5 А;

I_5 = (φ_1- φ_2) • 1/R_3 = (-3 - 29,5)*1/5 = -6,5 А.

Знак "-" у тока I_5 указывает на то, что действительное направление тока противоположно выбранному.

Метод наложения

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3', I_4', I_5'), вызванные источником э. д. с. (Е) при исключении источников тока (J_1) и (J_2) (рис. 1.5, а). Направление токов в цепи определяется согласно направлению источника э. д. с. (Е)

I_3'= I_4' = I_5'= E/(R_1 + $R_{вн}$ + R_3 + 1/$G_{ВН}$) = 65,5/(9 + 3 + 5 + 1/0,5) = 3,45 А.

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3", I_4", I_5"), вызванные источником тока (J_1) (рис. 1.5, *б*) при исключении источника тока (J_2) и источника, э. д. с. (E) которого закорачивается. Направление токов в ветвях определяется согласно направлению (J_1).

I_3 = J_1(R_3 + 1/$G_{ВН}$)/(R_1 + $R_{вн}$ + R_3 + 1/$G_{ВН}$) =3,5(5 + 2)/(9 + 3 + 5 + 2) = 1,3 А;

I_4" = I_5" = J_1 – I_3" = 3,5 -1,3 = 2,2 А.

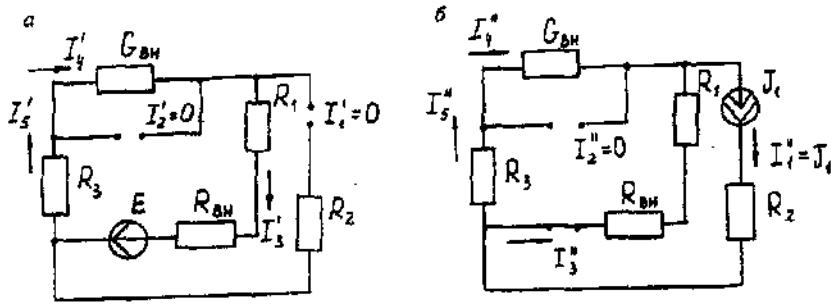


Рис. 1.5. Схема электрической цепи для метода наложения при исключении источника тока (а) и вызванные источником тока *(б)*

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3''', I_4''', I_5'''), вызванные источником тока (J_2) (рис. 1.6, а) при исключении источника тока (J_1) и источника, э. д. с. (Е) которого закорачивается. Направление токов в ветвях определяется согласно направлению (J_2).

$I_3''' = I_5''' = J_2 (1/G_{вн})/(R_1 + R_{вн} + R_3 + 1/G_{вн}) = 8*2/(9 + 3 + 5 + 2) = 0{,}85$ А;

$I_4''' = J_2 - I_3''' = 8 - 0{,}85 = 7{,}15$ А

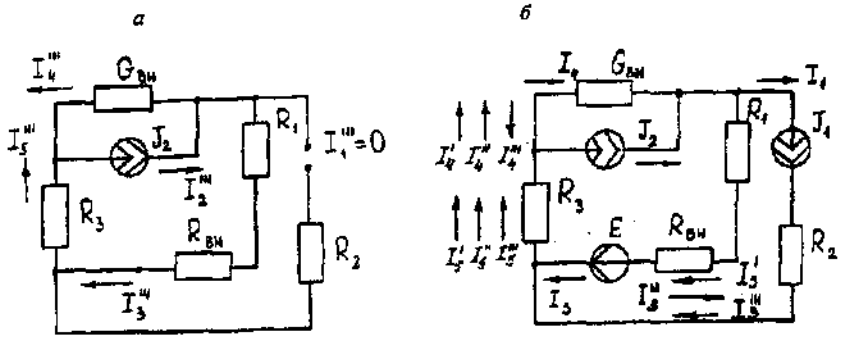


Рис. 1.6. Схема электрической цепи для определения составляющих токов в ветвях, вызванных источником тока (а) и при исключении (б)

Действительные токи в ветвях определяем как алгебраическую сумму составляющих, вызванных каждым из источников энергии (см. рис. 1.6, б):

$I_3 = I_3' - I_3'' + I_3''' = 3$А; $I_4 = -I_4' - I_4'' + I_4''' = 1{,}5$ А;

$I_5 = I_5' + I_5'' + I_5''' = 6{,}5$ А

Проверку решений выполняем, применяя первый закон Кирхгофа для трех узлов.

Метод эквивалентного генератора

Определить ток ветви *ab*.

Определяем напряжение $U_{ab\,xx}$. При размыкании ветви *ab* исходная схема (см. рис. 1.2) преобразуется в схему, изображенную на рис. *1.7, а.*

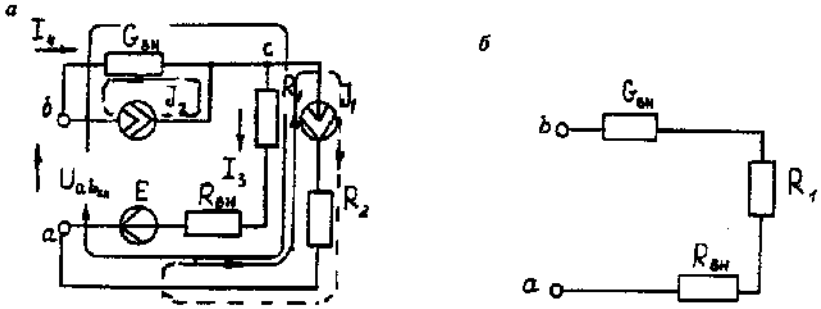


Рис. 1.7. Схема электрической цепи для метода эквивалентного генератора: *а* - исходная; *б* – преобразованная

По второму закону Кирхгофа составляем уравнение электрического равновесия для контура *a-b-c-a,* не содержащего источников тока, обходя контур по часовой стрелке,

$$U_{ab\,xx} - J_2 * 1/G_{вн} - J_1 * (R_{вн} - R_1) = E \quad (1.8)$$

$U_{ab\,xx} - 8 - 1/0{,}5 - 3{,}5 * (9 + 3) = 65{,}5$; $U_{ab\,xx} = 123{,}5$ В.

Определяем входное сопротивление относительно зажимов выделенной ветви $U_{ab\,xx}$, при этом зажимы источника э. д. с. закорачиваем, а зажимы источников тока размыкаем. В результате получается электрическая цепь (рис. 1.7,6)

$U_{ab\,xx} = 1/G_{вн} + R_1 + R_{вн} = 17$ Ом;

$I_{ab} = U_{ab\,xx}(R_{вх\,ab} + R_3) = 123{,}5/(14 + 5) = 6{,}5$ А.

Задача 2. РАСЧЕТ ОДНОФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

2.1. Последовательное соединение в цепи синусоидального тока.

На рис.2.1 представлена неразветвленная электрическая цепь.

Исходные данные к задаче 2.1 приведены в табл. 2.1,

Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение сопротивлений, построить диаграмму сопротивлений.

2. Составить комплексное уравнение напряжений, построить векторную диаграмму напряжений. Записать полное напряжение цепи в алгебраической и показательной формах.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P, Q, S, cosφ.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цели в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t), f = 50 Гц, \psi_1 = 0$

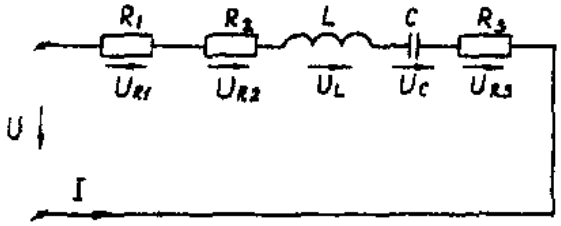


Рис. 2.1. Неразветвленная электрическая цепь

Методические указания

Рекомендуемая последовательность решения и расчетные формулы:

Вычисляют индуктивное и емкостное сопротивления в цепи, Ом

$$X_L = \omega \cdot L$$
$$X_C = 1/\omega \cdot c \quad (2.1)$$

где ω — угловая частота переменного тока, ω = 314 $с^{-1}$. (При вычислении X_C размерность емкости С — Ф, 1Ф = 10^6 мкФ).

Вычисляют полное сопротивление цели в комплексной форме, Ом

$$\underline{Z} = R_1 + R_2 + jX_L - jX_C + R_3 \quad (2.2)$$

Вычисляют действующее значение тока в цепи по закону Ома, А

$$I = \frac{U_{R1}}{R_1} \quad \left(или \frac{U_{R3}}{R_3} \right) \quad (2.3)$$

Записывают комплекс тока в цепи при начальной фазе ψ_i=0 как İ = I, А.

Исходные данные к задаче

Таблица 2.1

Вари-ант	R_1, Ом	R_2, Ом	L, Гн	C, мкФ	R_3, Ом	U_{R1}, В	U_{R3}, В
1	8	10	0,478	636	10	80	-
2	8	15	0,0318	159	10	80	-
3	10	20	0,0636	318	12	100	-
4	10	25	0,0478	127	12	100	-

5	12	10	0,0318	159	6	120	-
6	12	15	0,0636	636	6	-	60
7	6	25	0,0478	106	8	-	80
8	6	10	0,0636	212	8	-	80
9	8	15	0,0636	79,6	10	-	100
10	8	20	0,0478	318	10	-	100
11	10	20	0,096	79,6	12	100	-
12	10	10	0,636	318	12	100	-
13	12	15	0,636	127	6	120	-
14	6	20	0,096	159	6	120	-
15	6	25	0,0478	159	8	60	-
16	8	10	0,0318	636	8	-	80
17	8	15	0,0636	106	10	-	100
18	10	20	0,0318	636	10	-	100
19	10	25	0,0478	79,6	12	-	120
20	12	10	0,096	212	12	-	120
21	8	10	0,096	212	6	80	-
22	8	15	0,048	636	6	80	-
23	10	20	0,0636	159	8	100	-
24	10	25	0,0478	318	8	100	-

Вычисляют напряжения на отдельных элементах цепи и всей цепи в комплексной форме, В

$$\dot{U} = \underline{Z}\dot{I} = R_1\dot{I} + R_2\dot{I} + jX_L\dot{I} - jX_C\dot{I} + R_3\dot{I} = \\ = U_{R1} + U_{R2} + jU_L - jU_C + U_{R3} \quad (2.4)$$

Вычисляют полную мощность цепи и мощность на элементах цепи в комплексной форме

$$S = \dot{U}\cdot\dot{I} = \underline{Z}I^2 = R_1I^2 + R_2I^2 + jX_LI^2 - jX_CI^2 + \\ + R_3I^2 = P_1 + P_2 + jQ_L - jQ_C + P_3 \quad (2.5)$$

Строят (раздельно) векторную топографическую диаграмму напряжений, диаграмму сопротивлений и мощностей на комплексной плоскости в соответствии с данными вычислений по формулам (2.4), (2.2), (2.5).

Комплексной плоскостью называется плоскость, проходящая через две взаимно-перпендикулярные оси, ось вещественных и ось мнимых чисел.

При построении диаграммы (например, напряжений) первоначально откладывают в масштабе (m_1) комплекс тока $\dot{I} = I(\psi_1)$ в положительном направлении оси вещественных чисел, затем откладывают в масштабе (m_u) напряжения U_{R1}, U_{R2}, $+jU_L$, U_{R3}, $-jU_C$. Замыкающий вектор U является вектором напряжения, приложенного к цепи. Он опережает по фазе ток при $X_L > X_C$ ($\varphi>0$) и отстает по фазе от тока при $X_L < X_C$ ($\varphi<0$).

На рис.2.1,а, рис.2.1,в, рис.2.1,с построены, соответственно диаграмма сопротивлений, векторная топографическая диаграмма напряжений и диаграмма мощностей для произвольно принятый значений сопротивлений цепи.

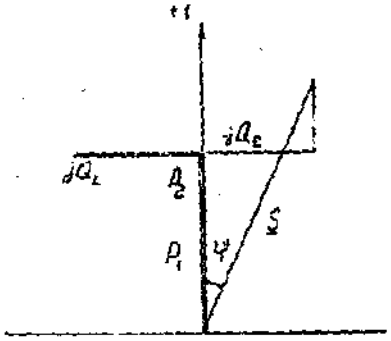


Рис. 2.1,с

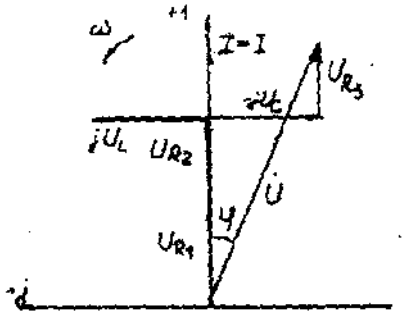


Рис. 2.1,в

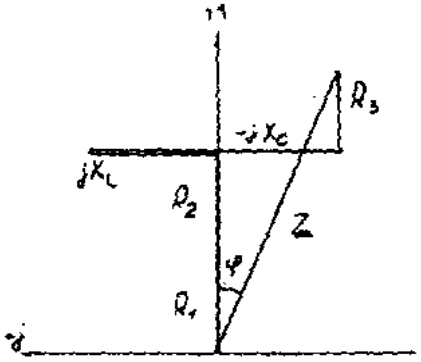


Рис. 2.1,а

2.2. Параллельное соединение в цепи синусоидального тока

На рис. 2.2 представлена разветвленная электрическая цепь.

Исходные данные к задаче 2.2 приведены в табл. 2.2.

Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение проводимостей. Построить диаграмму проводимостей.

2. Составить комплексное уравнение токов, построить векторную лиаграмму токов. Записать ток на входе цепи а алгебраической и показательной формах.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P, Q, S, cosφ.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цели в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t),\ f = 50 Гц, \psi_1 = 0$

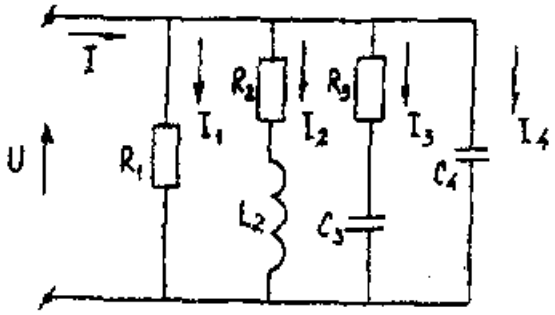


Рис. 2.2. Разветвленная электрическая цепь

Методические указания

Рекомендуемая последовательность решения и расчетные формулы:

Вычисляют комплексы проводимостей параллельных ветвей

$$\underline{Y}_1 = 1/\underline{Z}_1 = 1/R_1 = g_1$$
$$\underline{Y}_2 = 1/\underline{Z}_2 = 1/(R_2 + jX_{L2}) = R_2/Z_2^2 - jX_{L2}/Z_2^2 = g_2 - jb_{L2} \quad (2.6)$$
$$\underline{Y}_3 = 1/\underline{Z}_3 = 1/(R_3 - jX_{C3}) = R_3/Z_3^2 - jX_{C3}/Z_3^2 = g_3 - jb_{C3}$$
$$\underline{Y}_4 = 1/\underline{Z}_4 = 1/(-jX_{C4}) = jb_{C4}$$

где g_1, g_2, g_3, b_{L2}, b_{C3}, b_{C4} — активная, активная, индуктивная, активная, емкостная, емкостная проводимости ветвей рассматриваемой цепи, См.

Вычисляют полную проводимость цепи в комплексной форме

$$\underline{Y} = g_1 + (g_2 - jb_{L2}) + (g_3 + jb_{C3}) + jb_{C4} \quad (2.7)$$

Записывают комплекс напряжения, приложенного к цепи при начальной фазе $\psi_u = 0$ как $\dot{U} = U$

Вычисляют полный ток цепи в комплексной форме (по первому закону Кирхгофа), А

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = U\underline{Y} = U\begin{bmatrix} g_1 + (g_2 - jb_{L2}) + \\ + (g_3 + jb_{C3}) + jb_{C4} \end{bmatrix} = \quad (2.8)$$
$$= I_{a1} + (I_{a2} - jI_{L2}) + (I_{a3} + jI_{C3}) + jI_{C4}$$

Исходные данные к задаче

Таблица 2.2

Вари-ант	R_1, Ом	R_2, Ом	L, Гн	C, мкФ	R_3, Ом	U_{R1}, В	U_{R3}, В
1	5	3	4	16	12	25	100
2	10	8	6	16	12	20	100
3	16,7	6	8	12	16	16,7	100
4	20	16	12	4	3	10	100
5	25	12	16	3	4	25	100
6	5	12	16	4	3	20	100
7	10	16	12	3	4	16,7	100
8	16,7	6	8	16	12	10	100
9	20	8	6	6	8	5	100
10	25	3	4	6	8	5	100
11	5	4	3	16	12	10	100
12	10	4	3	12	16	16,7	100
13	16,7	3	4	8	6	20	100
14	20	8	6	4	3	25	100
15	25	6	8	12	16	25	100
16	5	16	12	8	6	20	100
17	10	16	12	6	8	16,7	100
18	16,7	12	16	3	4	10	100
19	20	12	16	6	8	10	100
20	25	6	8	3	4	5	100
21	10	6	8	12	16	10	100
22	16,7	16	12	16	3	5	100
23	20	12	6	4	8	15	100
24	25	8	6	3	4	20	100

Вычисляют полную мощность цели в комплексной форме

$$S = \dot{U} \cdot \dot{I} = U\left[I_{a1} + \left(I_{a2} + jI_{L2}\right) + \left(I_{a3} - jI_{C3}\right) + jI_{C4}\right] = \quad (2.9)$$
$$= P_1 + \left(P_2 + jQ_{L2}\right) + \left(P_3 - jQ_{C3}\right) - jQ_{C4}$$

где İ - сопряженный комплекс тока. Сопряженный комплекс — это исходный комплекс у которого знак мнимой составляющей меняется на противоположный.

В соответствии с данными вычислений по формулам (2.7), (2.8), (2.9) строят на комплексных плоскостях раздельно диаграммы проводимостей, токов и мощностей.

Первоначально откладывают в масштабе (m_u) комплекс напряжений $\mathring{U} = U$ ($\psi_u=0$) в положительном направлении оси вещественных чисел, затем (например для векторной диаграммы токов), откладывают в масштабе (m_i) токи I_{a1}, I_{a2}, $-jI_{L2}$, I_{a3}, $+jI_{C4}$. Полный ток цепи (замыкающий вектор) отстает по фазе от напряжения при $b_{L2} > (b_{C3}+b_{C4})$ ($\varphi>0$) и опережает по фазе напряжение при $b_{L2} < (b_{C3}+b_{C4})$ ($\varphi<0$)

На рис.2.2,а, рис.2.2,в, рис.2.2,с построенных, соответственно, диаграмма проводимостей, векторная диаграмма токов и диаграмма мощностей для произвольно принятых значений проводимостей цепи.

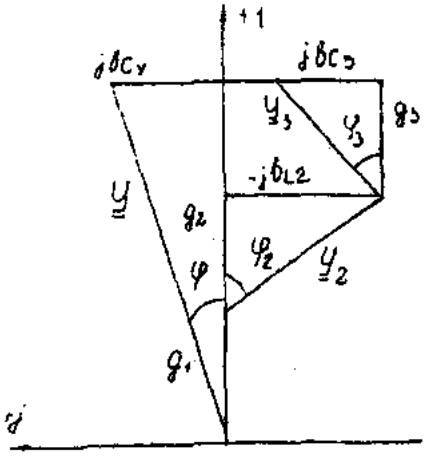


Рис. 2.2.а

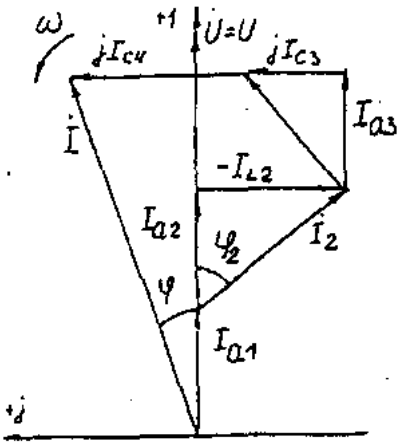


Рис. 2.2.в

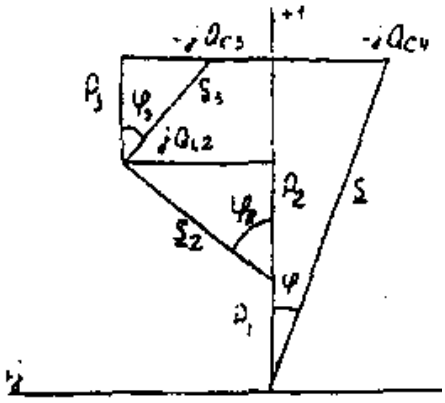


Рис. 2.2.с

2.3. Разветвленная цепь синусоидального тока

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 2.3) с известными параметрами (табл. 2.4) определить токи в ветвях и полный ток, напряжение на участках цепи, мощности активные, реактивные и полные отдельных ветвей и всей цепи. Построить векторную диаграмму токов и векторную топографическую диаграмму напряжений цепи.

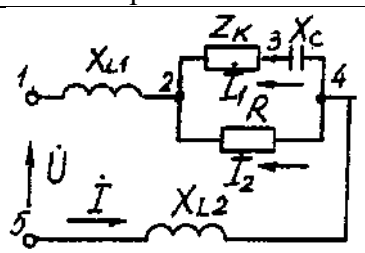
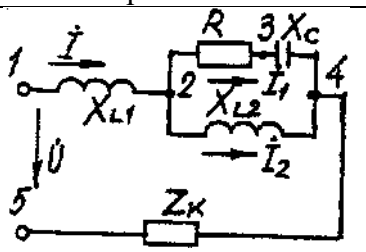
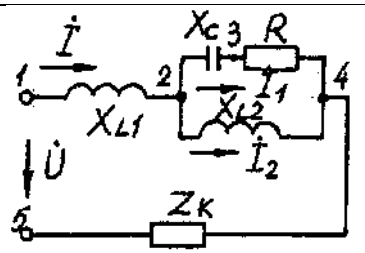
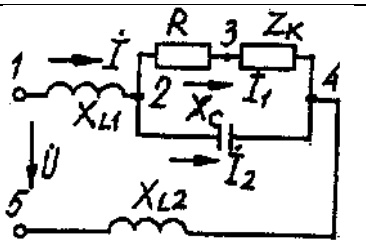
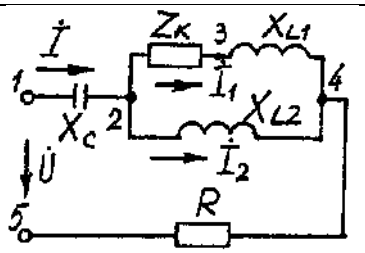
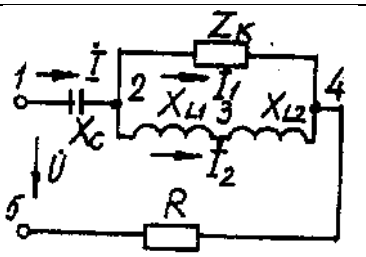
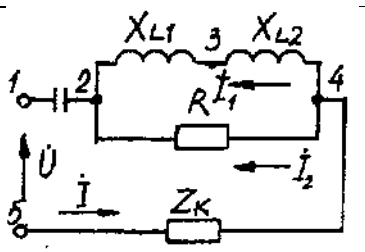
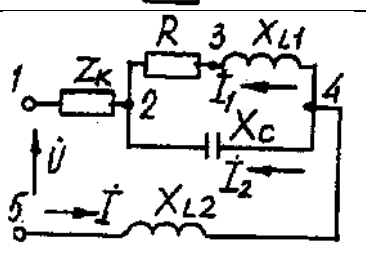
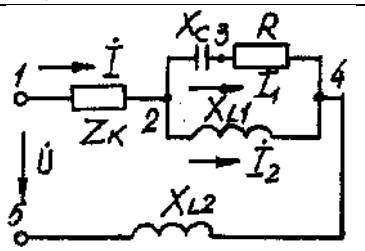
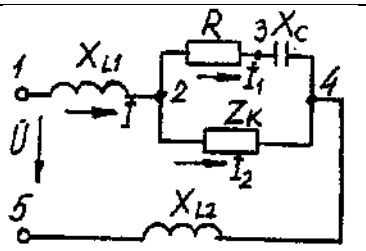
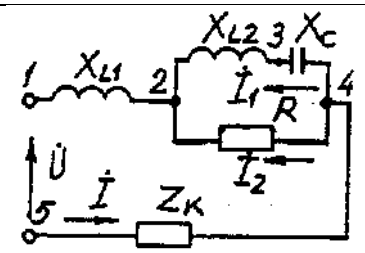
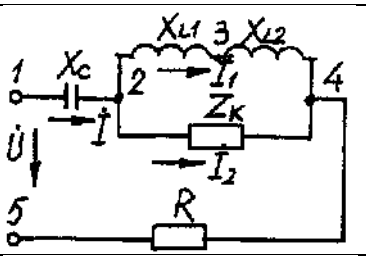
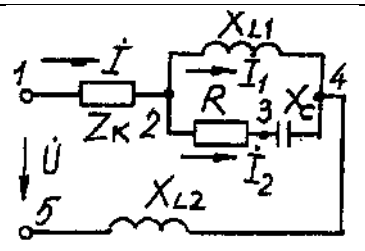
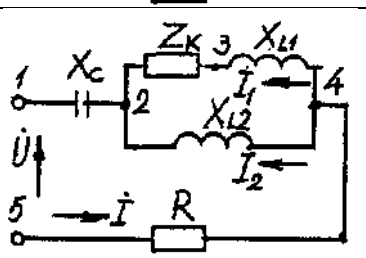
Методические указания.

Решить задачу, используя символический метод расчета для действующих значений напряжений и токов.

Вектор приложенного к цепи напряжения рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $U=U$.

Заданную задачу, можно решить, используя метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа, метод преобразования электрической схемы или другие известные методы.

Таблица 2.3.

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	

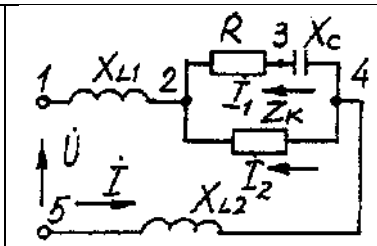
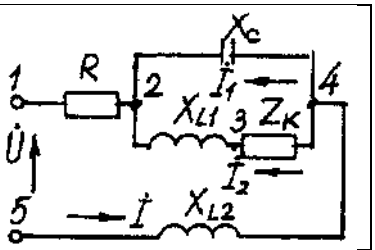
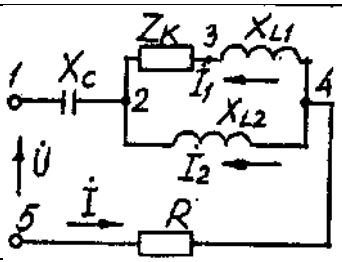
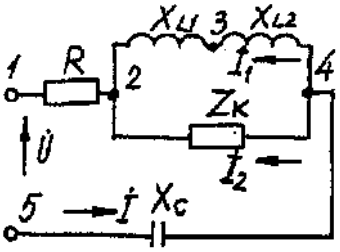
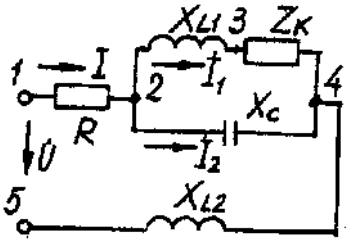
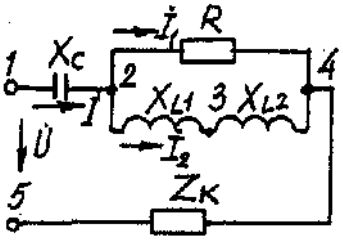
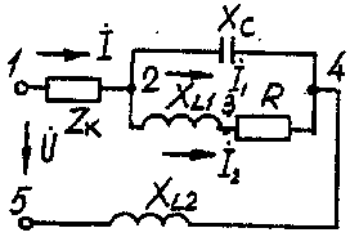
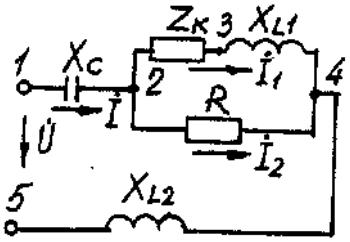
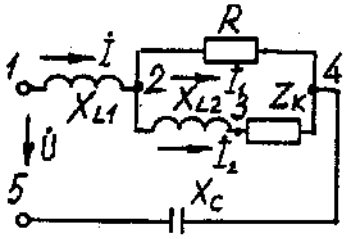
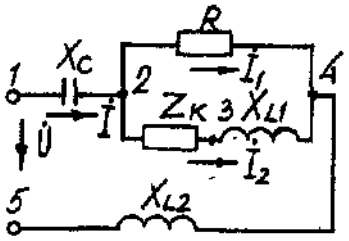
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

Таблица 2.4

Номер вариа-нта	Значение параметров						
	U, В	R, Ом	X_{L1}, Ом	X_{L2}, Ом	X_C, Ом	R_K, Ом	X_{LK}, Ом
1	160	18	23	10	8	15	7
2	180	30	23	18	43	13	12
3	200	12	46	31	18	10	20
4	260	2	14	27	13	9	12
5	100	14	12	15	31	21	14
6	380	19	16	27	15	15	16
7	140	13	62	3	35	12	22
8	120	8	25	3	14	10	11
9	220	3	8	26	4	6	33
10	20	16	40	25	44	6	7
11	400	16	2	35	55	11	16
12	240	31	7	23	14	2	7
13	320	19	22	10	17	9	12
14	380	20	19	20	23	9	42
15	60	21	63	7	29	8	37
16	40	44	32	12	54	16	10
17	300	35	36	27	33	71	27
18	280	11	51	14	7	21	34
19	80	13	64	82	25	12	46
20	240	16	42	11	91	46	9
21	100	16	18	23	13	10	24
22	200	7	5	18	38	14	20
23	180	21	22	14	25	6	11
24	160	24	92	46	85	27	10

Пример решения задачи

Для заданной электрической цепи (рис. 2.3) с параметрами: U=100 В; $R_к$ =6 Ом; X_{L1}= 6 Ом; R_1 = 8 Ом; X_C=6 Ом; X_C=10 Ом; X_{L2} =11 Ом определить токи в ветвях, напряжения на участках цепи, активные, реактивные и полные мощности. Построить векторную диаграмму токов и векторную топографическую диаграмму напряжений цепи.

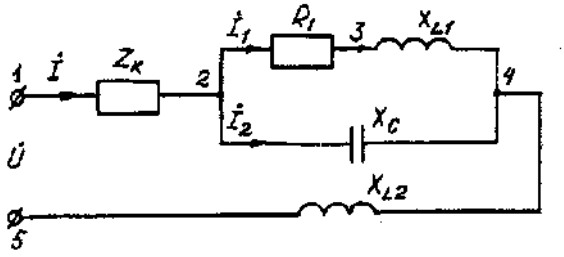


Рис. 2.3. Схема электрической цепи

Задаемся условным положительным направлением токов в ветвях. Выбираем два независимых контура (1-2-3-4-5-1, 2-3-4-2). Для определения трех неизвестных токов *(İ, $İ_1$, $İ_2$)*, составляем систему (2.1) из трех уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа (одно по первому и два по второму законам) в комплексной форме:

$$\left.\begin{aligned} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 &= 0 \\ \dot{I}(R_к + jX_{Lк}) + \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) + \dot{I}\,jX_{L2} &= \dot{U}; \\ \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) - \dot{I}_2(-jX_C) &= 0. \end{aligned}\right\} \quad (2.10)$$

$$\left.\begin{aligned} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 &= 0 \\ \dot{I}(6 + j6) + \dot{I}_1(8 + j6) + \dot{I}\,j11 &= 100; \\ \dot{I}_1(8 + j6) - \dot{I}_2(-j10) &= 0. \end{aligned}\right\} \quad (2.11)$$

Определяем токи в ветвях, решая систему уравнений(2.11), А

$İ_1=(-1-j5,5)=5,59e^{-j100°}$,

$İ_2=(5-j2,5)=5,59e^{j27°}$,

$İ=(4-j3)=5e^{-j37°}$А.

Определяем падения напряжения на отдельных участках цепи, В:

$\mathring{U}_{12}=İ*\underline{Z}_К=(4-j3)(6+j6)=(42+j6)=42,4e^{j8°}$;

$\mathring{U}_{23}=İ_1*R_1=(-1-j5,5)8=(8-j44)=42^{-j100°}$;

$\mathring{U}_{34}=İ_1*jX_{L1}=(-1-j5,5)j6=(33-j6)=33,54e^{-j10°}$;

$\mathring{U}_{24}=(25-j50)=55,9e^{-j63°}$;

$\mathring{U}_{45}=İ*jX_{L2}=(4-j3)j11=(33+j44)=55e^{53°}$.

Проверка решений, В:

$\mathring{U}=\mathring{U}_{12}+\mathring{U}_{23}+\mathring{U}_{34}+\mathring{U}_{45}=100$.

Определяем мощности, ВА:

$\underline{S}_{12}=\mathring{U}_{12}\cdot Ï=42,4\ e^{j8°}\cdot 5e^{j37°}=212e^{j45°}=150+j150$;

$\underline{S}_{24}=\mathring{U}_{24}Ï_1+\mathring{U}_{24}\cdot Ï_2=55,9e^{-j63°}\cdot 5,59e^{j100°}+55,9e^{-j63°}\cdot 5,59e^{-j27°}=313e^{j37°}+313e^{-j90°}=250+j188-j313;$

$\underline{S}_{45}=\mathring{U}_{45}\cdot Ï=55\ e^{j53°}\cdot 5e^{j37°}=275e^{j90°}=j275$;

$\underline{S}=\underline{S}_{12}+\underline{S}_{24}+\underline{S}_{45}=150+j150+250+j188-j313+j275=400+j613-j313=P+jQ_L-jQ_C$.

$\underline{S}=\mathring{U}\cdot Ï=100\ 5e^{j37°}=500e^{j37°}=(400+j300)$.

где *Ï*- сопряженные комплексы токов.

Строим векторные диаграммы токов и напряжений (рис. 2.4).

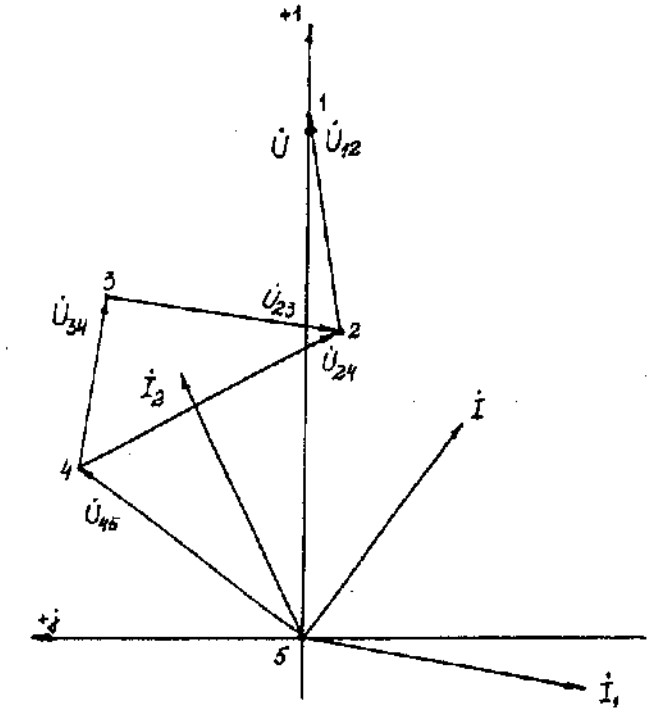


Рис. 2.4. Векторная диаграмма токов и напряжений

Задача 3. РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

3.1. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника звездой

Номер вариа-нта	Значения параметров									
	U_A, В	Сопротивление фазы «a», Ом			Сопротивлени е фазы «b», Ом			Сопротивление фазы «c», Ом		
		R	X_L	X_C	R	X_L	X_C	R	X_L	X_C
1	127	10	-	-	-	-	127	3	4	-
2	127	3	-	4	10	-	-	-	12,7	-
3	127	-	-	10	4	3	-	12,7	-	-
4	127	3	4	-	-	-	10	12,7	-	-
5	220	20	-	-	6	8	-	12	-	16
6	220	-	-	22	20	-	-	16	12	-
7	220	20	-	-	6	8	.	8	-	6
8	220	20	-	-	16	-	12	12	16	-
9	380	50	-	-	-	-	30	-	-	190
10	380	-	-	50	16	12	-	-	-	38
11	380	12	16	-	38	-	-	16	12	-
12	380	38	-	-	15	-	20	20	20	-
13	127	-	-	12,7	10	-	-	4	3	.
14	127	12,7	-	-	4	3	-	б	-	8
15	127	3	4	-	-	-	10	-	-	12,7
16	127	8	6	-	3	-	4	12,7	-	-
17	220	20	-	-	-	-	22	8	б	-
18	220	6	-	8	22	-	-	-	-	22
19	220	16	12	-	-	-	20	22	-	-
20	220	-	-	22	-	-	22	22	-	-
21	380	38	-	-	-	-	38	-	38	-
22	380	-	10	-	16	12	-	38	-	-
23	380	20	-	-	-	-	20	-	20	-
24	380	38	-	-	20	15	-	15	-	20

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 3.1) с известными параметрами (табл. 3.1) определить токи и напряжения в четырехпроводной цепи. Вычислить активную, реактивную и полную мощности цепи. Построить в масштабе векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

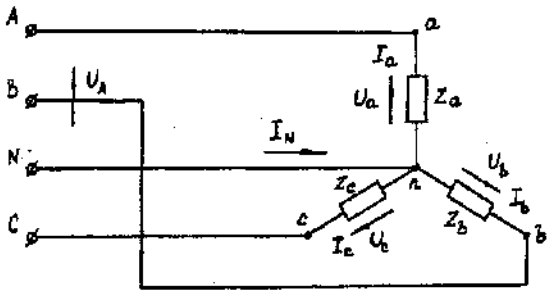


Рис. 3.1. Соединение фаз приемника звездой

Определить фазные напряжения и токи после обрыва нейтрального провода. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

Методические указания.

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Для четырехпроводной звезды напряжения фаз генератора (источника) и приемника принять равными (т. е. пренебречь потерями в соединительных проводах).

Вектор напряжения фазы "А" генератора рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел *($\mathring{U}_A = U$).*

Трехфазную систему фазных и линейных напряжений генератора принять симметричной (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга на 120°).

Пример решения задачи

Трехфазная нагрузка включена четырехпроводной звездой. Фазное напряжение генератора $\mathring{U}_A$ = 220 В; $\underline{Z}_a$= 22 Ом; $\underline{Z}_b$ = (16 +j12) =$20e^{j37^\circ}$ Ом; $\underline{Z}_c=(12-j16)=20e^{-j53^\circ}$ *Ом.*

Определить токи в фазах и нейтральном проводе, мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов. Решение произвести для двух режимов:

а) нейтральный провод исправен; б) нейтральный провод оборван.

а). Нейтральный провод исправен.

$\mathring{U}_a = \mathring{U}_A$=220В;

$\mathring{U}_b = \mathring{U}_B = 220e^{-j120^\circ} = (-110-j190)$ *В;*

$\mathring{U}_c = \mathring{U}_C = 220e^{j120}(-110+j190)$ *В.*

$\dot{I}_a = \mathring{U}_a/\underline{Z}_a = 220/22 = 10$ *А;*

$\dot{I}_b = \mathring{U}_b/\underline{Z}_b = 220e^{-j120^\circ}/20e^{j37^\circ} = 11e^{-j157^\circ} = (-10,13-j4,3)$ *А;*

$\dot{I}_c = \mathring{U}_c/\underline{Z}_c = 220e^{j120^\circ}/20e^{-53^\circ} = 11e^{j173^\circ} = (-10,92+j1,34)$ *А.*

$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 10+(-10,13-j4,3)+(-10,92+j1,34) = (-11,05-j2,96) = 11,44e^{-j165^\circ}$ *А.* (3.1)

$\underline{S}^{(3)} = \underline{S}_a + \underline{S}_b + \underline{S}_c = \mathring{U}_a\dot{I}_a + \mathring{U}_b\dot{I}_b + \mathring{U}_c\dot{I}_c = 220*10+220e^{-120^\circ}11e^{j157^\circ}+220e^{j120^\circ}11e^{j173^\circ} = 2200+2420e^{j37^\circ}+2420e^{-j53^\circ} = 2200+(1933+j1456)+(1456-j1933) = (5589-j477) = 5610e^{-j5^\circ}$ *ВА.*

Векторная диаграмма напряжений и токов представлена на рис. 3.2.

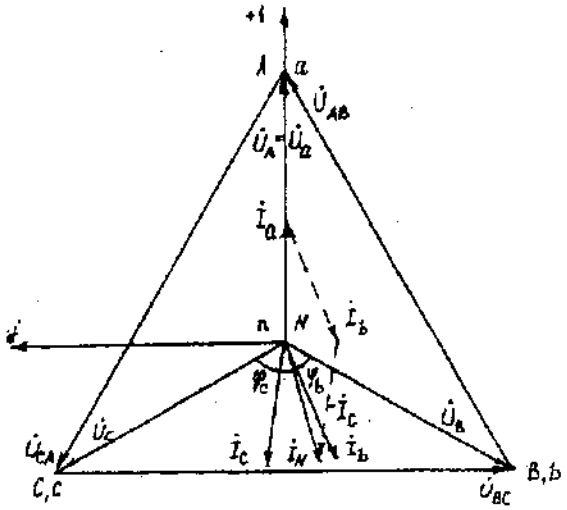


Рис. 3.2. Векторная диаграмма напряжений и токов

б). Нейтральный провод оборван.

Четырехпроводная звезда преобразуется в трехпроводную звезду, поэтому между нейтральными точками генератора и несимметричной нагрузки появляется напряжение смещения U_{nN}, вычисляемое по формуле:

$U_{nN}=(U_A\underline{Y}_a+ U_B\underline{Y}_b + U_C\underline{Y}_c)/(\underline{Y}_a+ \underline{Y}_b + \underline{Y}_c)$. (3.2)

Проводимости фаз нагрузки, См

$\underline{Y}_a$ =1/Z_a= 1/22 =0,045;

$\underline{Y}_b = 1/ Z_b = 1/ 20e^{j37^\circ} = 0,05e^{-j37^\circ}=(0,04 –j0,03)$;

$\underline{Y}_c = 1/ Z_c = 1/20e^{-j53^\circ} = 0,05e^{j53^\circ} = (0,03 +j0,04)$.

Вычисления упрощаются, если в числителе формулы (3.2) использовать значение I_N из предыдущего расчета при исправном нейтральном проводе

$\mathring{U}_{nN}$ = (-11,05 -j2,96) / [0,045 + (0,04 -j0,03) + (0,03 +j0,04)] = 11,44e^{-j165°/0,1154e^{j5°=99e^{-j170° = (-97,5 -j17,2) В.

Вычисляем напряжения фаз нагрузки, В

$\mathring{U}_a = \mathring{U}_A - \mathring{U}_{nN}= 220-(-97,5 -j17,2) = (317,5 +j17,2)=318\ e^{j3^\circ}$;

$\mathring{U}_b = \mathring{U}_B - \mathring{U}_{nN}=(-110 -j190)-(-97,5 -j17,2)=(-12,5 -j172,8)=173,3e^{-j94^\circ}$;

$\mathring{U}_c=\mathring{U}_C - \mathring{U}_{nN}= (-110+j190) - (-97,5 -j17,2)=(-12,5+j207,2)=207,4e^{j94^\circ}$.

Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки представлена на рис. 3.3.

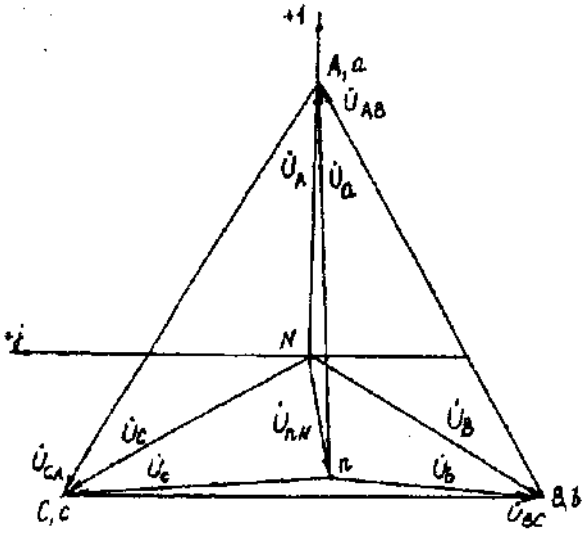


Рис. 3.3. Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки

3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником

Номер вариа-нта	Значения параметров									
	U_A, В	Сопротивление фазы «a», Ом			Сопротивление фазы «b», Ом			Сопротивление фазы «c», Ом		
		R	X_L	X_C	R	X_L	X_C	R	X_L	X_C
1	220	6	8	-	-	-	20	22	-	-
2	220	20	-	-	12	16	-	16	-	12
3	220	-	-	10	3	-	4	8	6	-
4	220	-	22	-	-	-	22	22	-	-
5	380	19	-	.	12	-	16	20	15	-
б	380	-	-	38	15	-	20	20	-	-
7	380	20	15	-	38	-	-	24	-	32
8	380	-	38	-	-	-	38	38	-	-
9	220	-	-	22	-	22	-	22	-	-
10	220	20	-	-	20	-	-	-	-	20
11	220	-	-	10	6	8	.	8	-	б
12	220	3	4	-	-	-	5	4	3	-
13	380	12	16	-	16	-	12	20	-	-
14	380	-	-	19	19	-	-	-	19	-
15	380	-	38	-	-	-	38	38	-	-
16	380	20	15	-	15	-	20	20	-	-
17	220	-	-	20	20	-	.	-	20	-
18	220	12	-	16	16	12	-	20	-	-
19	220	-	-	5	6	8	-	8	-	б
20	220	6	8	-	8	-	6	10	-	-
21	380	24	32	-	19	.	-	32	-	24
22	380	-	-	38	32	24	-	24	.	32
23	380	38	-	-	-	38	-	-	-	38
24	380	-	38	-	24	-	32	19	-	-

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 3.4) с известными параметрами (табл. 3.2) определить линейные и фазные токи.

Вычислить активную, реактивную и полную мощности трехфазной цепи. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

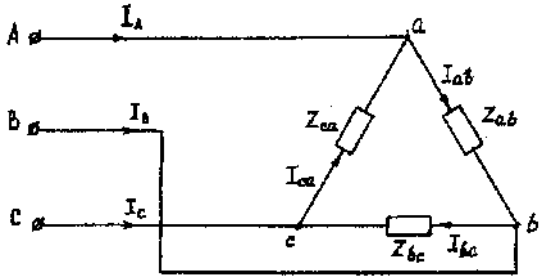


Рис. 3.4. Соединение фаз приемника треугольником

Методические указания.

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Фазные напряжения приемника принять равными линейным напряжениям генератора (т. е. сопротивлениями соединенных проводов пренебречь).

Вектор линейного напряжения $\mathring{U}_{AB}$ рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}$

Трехфазную систему линейных и фазных напряжений генератора и приемника принять как симметричную трехфазную систему напряжений (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120°).

Последовательность решения.

Начертить схему, конкретизируя нагрузку фаз приемника в соответствии с заданием.

Записать комплексы фазных напряжений приемника

$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=U$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=Ue^{-j120°}$$
$$\mathring{U}_{ca}=\mathring{U}_{CA}=Ue^{j120°}$$

Вычислить фазные токи приемника по формулам:

$$\dot{I}_{ab}=\mathring{U}_{ab}/\underline{Z}_{ab};$$
$$\dot{I}_{bc}=\mathring{U}_{bc}/\underline{Z}_{bc};$$
$$\dot{I}_{ca}=\mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}.$$

Вычислить линейные токи по формулам:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}.$$

Вычислить активную мощность цепи по формуле

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})$$

Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Пример решения задачи

Трехфазная нагрузка соединена треугольником. Задано линейное напряжение генератора $\mathring{U}_{AB}$ = 380В, $\underline{Z}_{ab} = 22$ *Ом,* $\underline{Z}_{bc}$=(16 +j12) Ом, Z_{CA} = (16 *–j12)* Ом. Определить фазные и линейные токи, активную мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Записываем комплексы фазных напряжений приемника, В

$$\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}=380;$$
$$\mathring{U}_{bc}= \mathring{U}_{BC}=380e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{ca}= \mathring{U}_{CA}=380e^{j120°}.$$

Вычисляем фазные токи приемника по формулам, А:

$$\dot{I}_{ab}= \mathring{U}_{ab}/ \underline{Z}_{ab}=380/22=17,3;$$
$$\dot{I}_{bc}= \mathring{U}_{bc}/ \underline{Z}_{bc}=380e^{-j120°}/(16+j12)=(-17,5-j7,5)=19e^{-j157°};$$
$$\dot{I}_{ca}= \mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}=380e^{j120°}/(16-j12)=(-17,5+j7,5)=19e^{j157°.}$$

Вычисляем линейные токи по формулам, А:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca}17,3-(-17,5+j7,5)=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j12°};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab}=(-17,5+j7,5)-17,3=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j168°};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}=(-17,5+j7,5)- (-17,5+j7,5)=j15.$$

Вычисляем активную мощность цепи по формуле , Вт:

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})=Re(380\cdot17,3)+Re(380e^{-j120°}\cdot19e^{j157°})+Re(380e^{j120°}\cdot19e^{-j157°})=6600+5776+5776=18152.$$

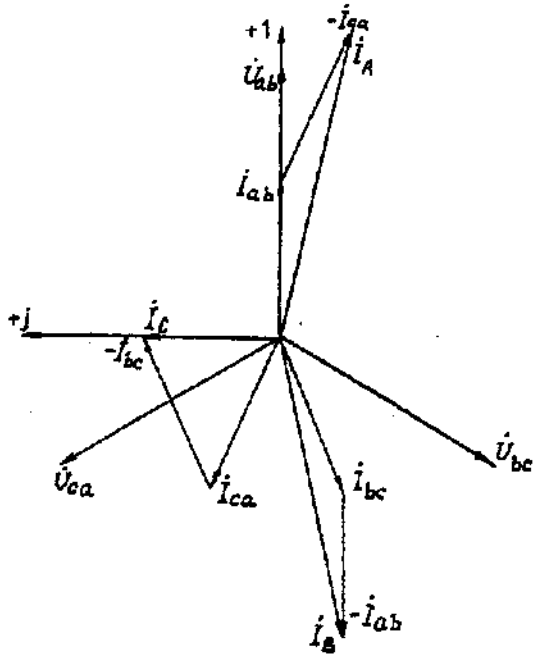


Рис. 3.5. Векторная диаграмма напряжений и токов

Задача 4. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Номер вариан-та	Исходные данные					
	$U_Л$, В	$Z_{Л1}$, Ом	$Z_{Л2}$, Ом	Z_2, Ом	P_1, кВт	$\cos\varphi_1$
1	127	0,8	1,4+ j1,0	4+ j6	3	0,7
2	220	0,9	1,2+j1,4	6+j8	5	0,5
3	380	0,7	1,6+j1,4	9+j12	6	0,8
4	660	0,2	1,8+j2,0	16+j16	18	0,9
5	127	1,2	1,0+j1,4	4+ j3	4	0,5
б	220	1,1	1,4+j1,2	6+j10	б	0,6
7	380	0,9	1,6+j1,2	10+j14	8	0,7
8	660	0,7	1,8+j1,6	18+j16	16	0,8
9	127	1,0	1,2+j1,0	2+ j3	3	0,5
10	220	1,3	1,4+j1,8	7+ j6	б	O,5
11	380	0,8	1,0+j1,8	12+j16	10	0,5
12	660	0,3	1,8+j1,4	16+j20	14	0,7
13	127	1,4	1,4+j2,0	5+ j3	4	0,6
14	220	1,5	1,6+j1,0	8+j6	5	0,6
15	380	0,6	1,2+j1,6	16+j8	8	0,6
16	660	0,4	1,8+j1,2	20+j20	12	0,6
17	127	0,6	1,0+j1,6	5+j4	2	0,5
18	220	1,6	1,2+j2,0	9+ j6	8	0,5
19	380	0,5	1,8+j1,0	12+j10	14	0,8
20	660	0,5	1,6+j2,0	20+j24	10	0,6
21	127	0,4	1,2+j1,8	6+j4	2	0,7
22	220	1,8	1,2+j1,6	9+j7	7	0,8
23	380	0,7	1,0+j1,2	14+j10	12	0,8
24	660	0,6	1,6+j1,8	18+j24	16	0,7

Условие задачи.

К зажимам симметричного трехфазного источника энергии присоединены два симметричных приемника (рис. 4.1). Первый из них соединен по схеме «звезда», потребляет активную мощность P_1 при коэффициенте мощности $\cos\varphi$ ($\varphi_1 > 0$) и подключен непосредственно к зажимам источника. Второй приемник соединен по схеме "треугольник", имеет нагрузку в каждой фазе Z_2 и подключен к источнику энергии через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л2}$.

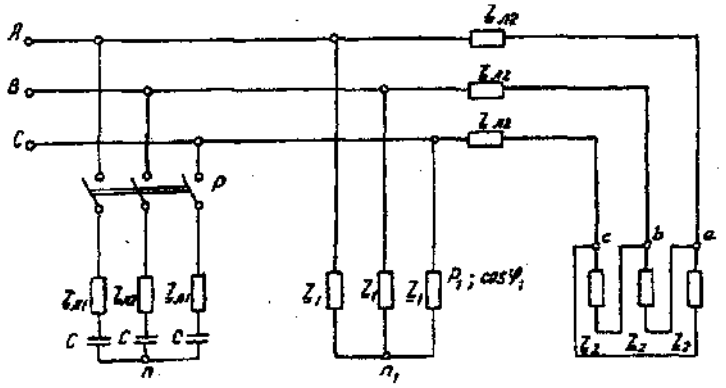


Рис. 4.1. Электрическая схема трехфазных потребителей

Для повышения коэффициента мощности приемников до единицы к тому же источнику через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л1}$ в каждой фазе подключается батарея конденсаторов С, соединенная по схеме "звезда".

Определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Методические указания.

Задачу решить комплексным методом, совместив один из векторов фазного или линейного напряжений источника энергии с положительным направлением оси вещественных чисел. Для определения линейных и фазных токов и напряжений второго приемника рекомендуется провести эквивалентные преобразования треугольника в звезду.

Последовательность решения.

Записать линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме. Провести соответствующие эквивалентные преобразования второго приемника. Определить линейные токи приемников при отключенной батарее конденсаторов. Определить падение напряжений в проводах линии электропередачи $Z_{Л2}$. Определить фазные токи второго приемника. Определить реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы. Определить емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Определить линейные токи источника энергии при включении батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника энергии и приемников.

Пример решения задачи

Для заданной электрической схемы трехфазных потребителей (рис. 4.1) по известным параметрам: $U_Л$= 220 В; $\underline{Z}_{Л1}$= 1,7 Ом; $\underline{Z}_{Л2}$= (1,4+j1,6) Ом; $\underline{Z}_2$= (9+j7) Ом; P_1= 4 Вт; cos φ_1=0,7; определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии.

1. Выразим линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме, В

$$U_\phi = \frac{U_Л}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127.$$

Вектор фазного напряжения источника венных чисел, тогда, В

$\mathring{U}_A$ направим по оси вещественных чисел, тогда, В

$$\mathring{U}_A = \mathring{U}_\Phi = 127;$$

$$\mathring{U}_B = \mathring{U}_A \cdot e^{-j120°} = 127 \cdot e^{-j120°};$$

$$\mathring{U}_C = \mathring{U}_A \cdot e^{-j120°} = 127 \cdot e^{j120°};$$

$$\mathring{U}_{AB} = \mathring{U}_A - \mathring{U}_B = 127 \cdot 127 \cdot e^{-j120°} = 220e^{j30°};$$

$$\mathring{U}_{CA} = \mathring{U}_C - \mathring{U}_A = 127 \cdot e^{j120°} - 127 = 220e^{j150}.$$

2. Преобразуем треугольник сопротивлений *a,b, c* второго приемника (рис. 4.2) в эквивалентную звезду, Ом

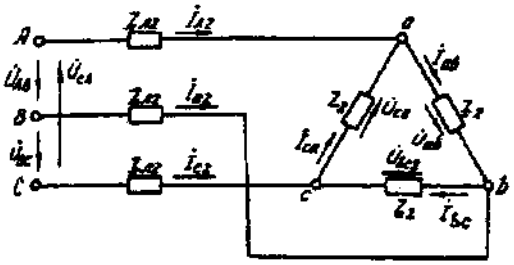


Рис. 4.2. Треугольник сопротивлений второго приемника

Поскольку приемник симметричный, то сопротивление фазы эквивалентной звезды в три раза меньше сопротивления фазы треугольника.

Для симметричных приемников, соединенных в звезду, потенциалы нулевых точек должны быть одинаковыми. В связи с этим дальнейший расчет выполним для одной фазы (фазы А) (рис. 4.3).

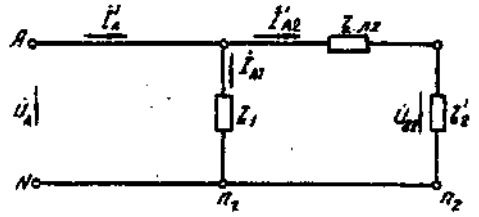


Рис. 4.3. Расчетная схема токов в фазе А

Полное сопротивление фазы эквивалентной звезды с учетом сопротивления линия $Z_{Л2}$ равно, Ом.

3. Определить линейные и фазные токи и напряжения второго приемника, а также полную мощность одной его фазы при отключенной батарее конденсаторов.

Фазные токи эквивалентной звезды, А:

$$\dot{I}_{A2}=\frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_2}=\frac{12}{5{,}9e^{j41°48'}}=21{,}52e^{-j41°48'};$$

$$\dot{I}_{B2}=21{,}52e^{-j161°48'};$$

$$\dot{I}_{C2}=21{,}52e^{-j78°12'}.$$

Фазные токи эквивалентной звезды (рис. 4.4) равны линейным токам треугольника второго приемника (см. рис. 4.2).

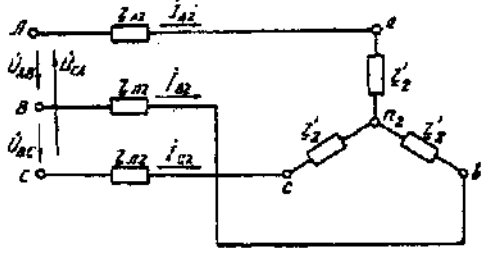


Рис. 4.4. Эквивалентная звезда второго приемника

Фазные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{a2}=\dot{U}_A-\dot{I}_{A2}\cdot\underline{Z}_{л2}=127-21{,}52e^{-j41°48'}\cdot 2{,}13e^{j48°49'}=81{,}59-j5{,}58=81{,}78e^{-j3°55'};$

$\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j123°55'};$

$\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{j116°05'}.$

Линейные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{ab2}=\dot{U}_{a2}-\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j3°55'}-81{,}78e^{-j123°55'}=141{,}65e^{j26°05'};$

$\dot{U}_{bc2}=\dot{U}_{b2}-\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{-j123°55'}-81{,}78e^{-j116°05'}=141{,}65e^{-j93°55'};$

$\dot{U}_{ca2}=\dot{U}_{c2}-\dot{U}_{a2}=81{,}78e^{j116°05'}-81{,}78e^{-j3°55'}=141{,}65e^{j146°05'}.$

Линейные напряжения эквивалентной звезды равны фазным напряжениям треугольника сопротивлений второго приемника (см. рис. 4.2). Фазные токи второго приемника, А:

$$\dot{I}_{ab}=\frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{Z}_2}=\frac{141{,}65e^{j116°05'}}{9+j7}=\frac{141{,}65e^{j116°05'}}{11{,}4e^{j37°52'}}=12{,}42e^{-j11°47'};$$

$$\dot{I}_{bc}=12{,}42e^{-j131°47'};$$

$$\dot{I}_{ca}=12{,}42e^{-j108°13'}.$$

Полная мощность одной фазы второго приемника с учетом сопротивления линии электропередачи $\underline{Z}_{Л2}$ равна, ВА:

$$S_2=U_A\cdot I_{A2}=127\cdot 21{,}52e^{j41°48'}=2733e^{j41°48'}=(2037+j1822);$$

$$P_г=2037\text{ Вт};\ Q_2=1822\text{ ВА}.$$

4. Определим линейные и фазные напряжения и токи первого приемника, а также полную мощность одной его фазы при отключенной батарее конденсаторов.

Так как первый приемник подключен напрямую к источнику электрической энергии ($Z_Л = 0$), то фазные и линейные напряжения приемника равны фазным и линейным напряжениям генератора, В:

$$\mathring{U}_{a1}=\mathring{U}_1=127;$$
$$\mathring{U}_{b1}=\mathring{U}_B=127e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{c1}=\mathring{U}_C=127e^{j120°};$$
$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=220e^{j30°};$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=220e^{-j90°};$$
$$\mathring{U}_{ca1}=\mathring{U}_{CA}=220e^{j150°};$$

Для приемника, соединенного в звезду, фазные токи равны линейным $I_Ф=I_Л$. Определяем модуль фазного тока первого приемника, А:

$$I_Ф=\frac{P_1}{3U_Ф\cos\varphi_1}=\frac{4000}{3\cdot127\cdot0{,}7}=15$$

Определяем угол сдвига фаз между напряжением и током первого приемника:

$$\cos\varphi_1=0{,}7;\ \varphi_1=45°34',\ (\varphi_1>0).$$

Записываем выражения фазных токов первого приемника в комплексной форме. Так как угол сдвига фаз между напряжением и током первого приемника известен, то начальная фаза тока, например фазы А, равна

$$\Psi_{IA}=\Psi_{UA}-\varphi_1=0-45°34'=-45°34'$$

Следовательно,

$$\dot{I}_{A1}=15\cdot e^{-j45°34'};$$
$$\dot{I}_{B1}=15\cdot e^{-j165°34'};$$
$$\dot{I}_{C1}=15\cdot e^{-j74°26'};$$

Полная мощность одной фазы первого приемника:

$$\dot{S}_1=\dot{U}_A\cdot\dot{I}_{A1}=127\cdot15\cdot e^{j45°34'}=1905\ e^{j45°34'}=(1333+j360)\ ВА;$$
$$P_1=1333\text{кВт};\ Q_1=1360\ \text{В}\cdot\text{А}.$$

5. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при отключенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.3), А:

$$\dot{I}'_A=\dot{I}'_{A1}+\dot{I}'_{A2}=15\cdot e^{-j45°34'}+21{,}52e^{-j41°48'}=$$
$$=10{,}5-j10{,}7+16-j14{,}3=26{,}5-j25=36{,}5e^{-j43°21'};$$
$$\dot{I}'_B=36{,}5e^{-j163°21'};$$
$$\dot{I}'_C=36{,}5e^{-j79°39'}.$$

6. Определяем реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, ВА:

$$Q_c=Q_1+Q_2=1360+1822=3182.$$

7. Определяем емкостное сопротивление в фазе батареи конденсаторов, Ом:

$$Q_c=I^2X_c=\left(\frac{U}{z}\right)^2\cdot X_c=\frac{U^2X_c}{z^2}=\frac{U^2X_c}{R_{Л1}^2+X_c^2};$$

где $Z=\sqrt{R_{Л1}^2+X_c^2}$ - модуль полного сопротивления в фазе батарея конденсаторов с учетом сопротивления линии $\underline{Z}_{Л1}=R_{Л1}$.

$$X_c^2-\frac{U^2}{Q_c}X_c+R_{Л1}^2=0;$$

$$X_{c1,2}=\frac{U^2}{2Q_c}\pm\sqrt{\left(\frac{U^2}{2Q_c}\right)^2-R_{Л1}^2}=\frac{127^2}{2\cdot3182}\pm\sqrt{\left(\frac{127^2}{2\cdot3182}\right)^2-1{,}7^2}=(2{,}53\pm1{,}88);$$

$$X_{c1}=4{,}41;\ X_{c2}=0{,}65.$$

Следовательно, режиму полной компенсации реактивной мощности удовлетворяют два значения емкостного сопротивления. Принимаем большее, так как, во-первых, большему сопротивлению соответствует меньший ток в фазе батареи конденсаторов и, соответственно, меньшие потери активной мощности на сопротивлении $\underline{Z}_{Л1}=R_{Л1}$. Во-вторых, большее значе-

ние емкостного сопротивления определяет меньшую емкость батареи конденсаторов, необходимую для компенсации реактивной мощности приемников.

8. Определяем емкость в фазе батареи конденсаторов, Ф

$$C = \frac{1}{X_c \cdot \omega} = \frac{1}{X_c \cdot 2\pi f} = \frac{1}{4{,}41 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50} = 7{,}22 \cdot 10^{-4}$$

При этом полное сопротивление в фазе батареи конденсаторов с учетом сопротивления линии $Z_{л1}$ (рис. 4.5) равно, Ом:

$\underline{Z}=\underline{Z}_{л1}-jX_C = 1{,}7 - j4{,}41 = 4{,}73e^{-j68°55'}$.

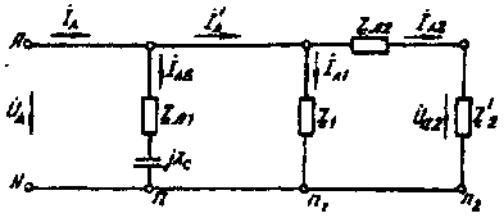


Рис. 4.5. Расчетная схема токов в фазе А с учетом батареи конденсаторов

9. Определяем фазные токи батареи конденсаторов, А:

$$\dot{I}_{Аб} = \frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_б} = \frac{127}{4{,}73e^{-j68°55'}} = 9{,}66 + j25 = 26{,}85e^{68°55'};$$

$$\dot{I}_{Вб}=26{,}85e^{j51°05'}\text{А};\ \dot{I}_{Сб}=26{,}85e^{j188°55'}.$$

10. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при включенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.5), А;

$$\dot{I}_A=\dot{I}_{Аб}+I'_A=9{,}66+j25+26{,}5-j25=36{,}16;$$
$$\dot{I}_B=36{,}16e^{-j120°};\ \dot{I}_C=36{,}16e^{j120°}.$$

Данные расчета показывают, что фазные токи и напряжения источника совпадают по фазе. Следовательно, параметр емкости С в фазе батареи конденсаторов, необходимый для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, выбран верно.

11. Строим векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений для источника и приемников электрической энергии (рис. 4.6).

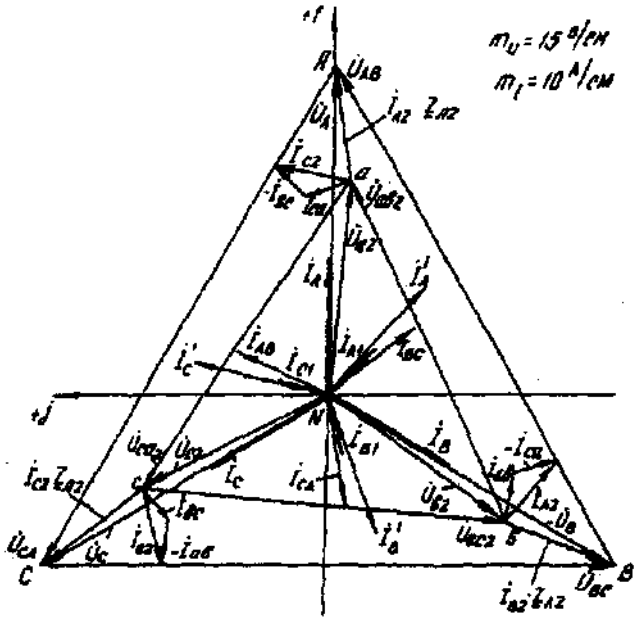


Рис. 4.6. Векторная диаграмма

На комплексной плоскости откладываем комплексные значения токов (векторы токов) и напряжений (векторы напряжений) в выбранных предварительно масштабах. Наиболее удобными в рассматриваемом расчете являются: масштаб напряжений m_U = 15 В/см и масштаб тока m_I = 10 А/см. Векторы токов второго приемника направляем из вершин треугольника напряжений *a, b, c* . Все остальные векторы токов - из начала координат.

Задача 5. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Номер вариа-нта	Значение параметров						
	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	R_4, Ом	C, мкФ	L, мГн	U, В
1	50	-	50	-	170	-	100
2	25	25	25	-	.	125	100
3	25	25	25	-	40	-	100
4	50	50	50	-	-	250	100
5	50	50	50	50	60	-	100
6	50	50	50	-	-	250	100
7	25	25	25	-	180	-	100
8	50	50	50	-	-	125	100
9	25	25	25	25	100	-	100
10	25	25	25	-	-	250	100
11	50	50	50	-	90	-	100
12	25	25	25	-	-	250	100
13	25	25	-	-	110	-	100
14	25	25	-	-	-	125	100
15	20	50	10	50	-	125	100
16	50	10	50	15	260	-	100
17	50	25	50	-	-	125	100
18	50	50	50	-	120	-	100
19	50	50	50	-	-	125	100
20	25	-	25	-	190	-	100
21	25	50	25	-	-	125	100
22	50	50	50	-	-	125	100
23	50	50	50	-	60	-	100
24	50	50	50	-	180	-	100

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы из табл. 5.1 с известными параметрами (табл. 5.2) рассчитать переходный процесс классическим и операторным методами, определить законы изменений токов и напряжений во времени. Построить эти зависимости.

Последовательность решения классическим методом расчета.

Составить систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа для электрической цепи, получающейся после коммутации, при этом использовать соотношения $u_L = L\,di/dt$, $i = Cdu_c/dt$.

Подставить числовые значения заданных параметров в систему уравнений.

Решить систему уравнений относительно тока через индуктивность (напряжения на емкости), в результате получается неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением неоднородного дифференциального уравнения является сумма частного (принужденная составляющая) и общего (свободная составляющая) решения однородного дифференциального уравнения.

Принужденная составляющая определяется расчетом в послекоммутационной электрической цепи в установившемся режиме.

Свободная составляющая при решении однородных дифференциальных уравнений первого порядка определяется как

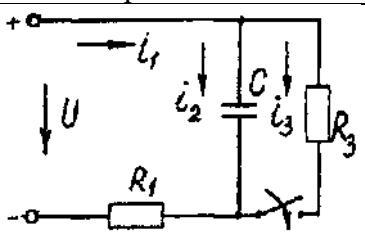
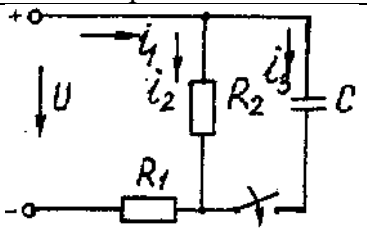
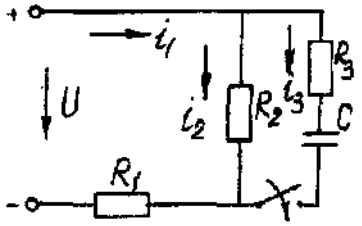
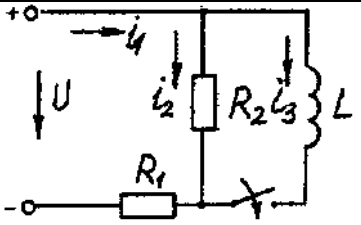
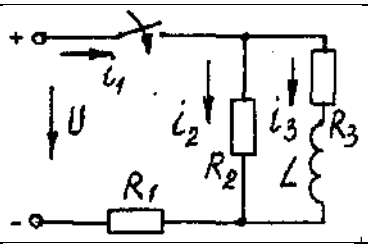
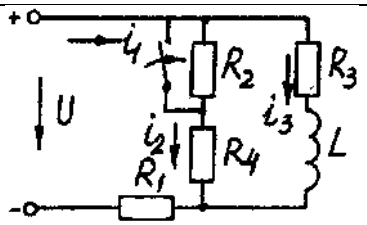
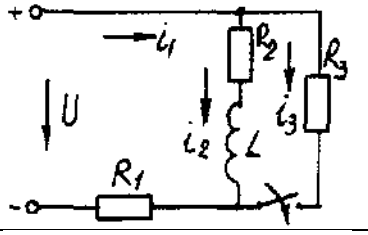
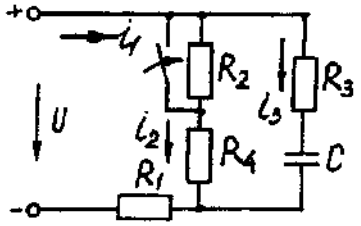
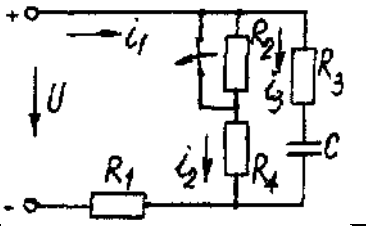
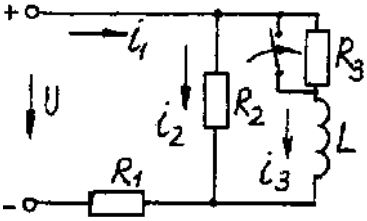
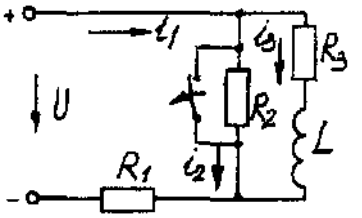
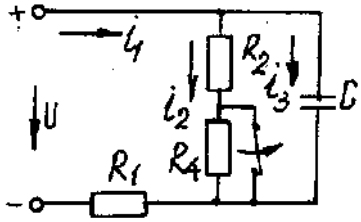
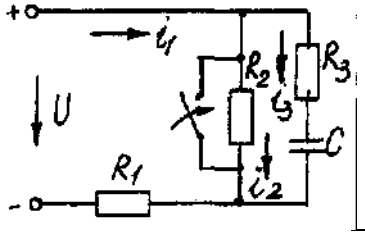
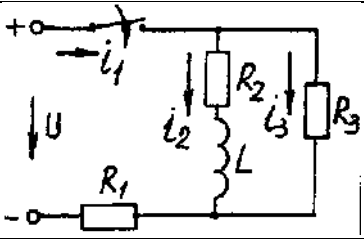
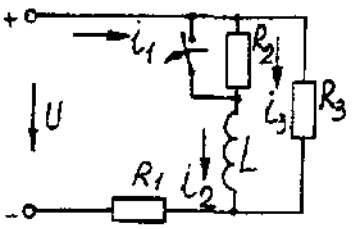
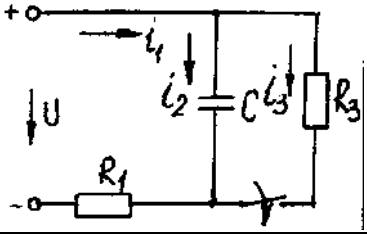
$$Ae^{pt}$$

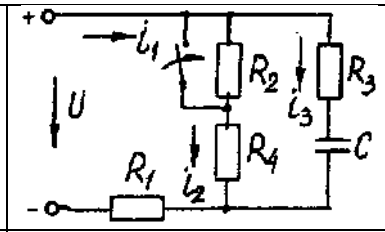
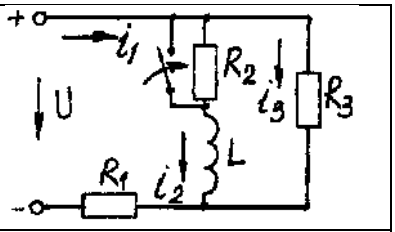
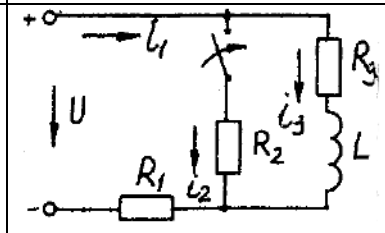
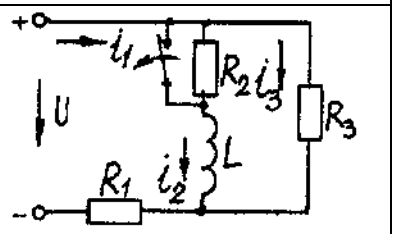
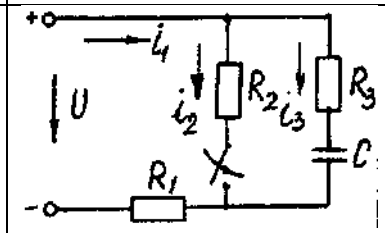
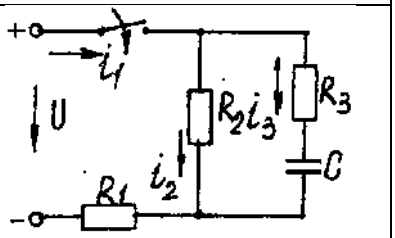
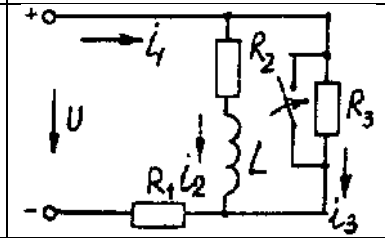
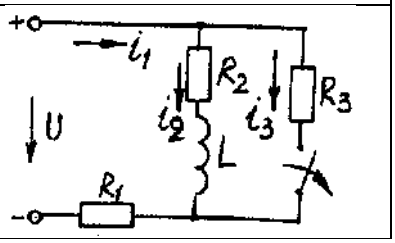
где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения.

Характеристическое уравнение составляется по однородному дифференциальному уравнению.

Последовательность решения операторным методом расчета.

Расчетные формулы и последовательность решения этим методом приведены в примерах расчета цепей, содержащих индуктивность и емкость.

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	

9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

Пример расчета цепи, содержащей индуктивность (рис. 5.1).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ = 25 Ом; L = 0,25 Гн.

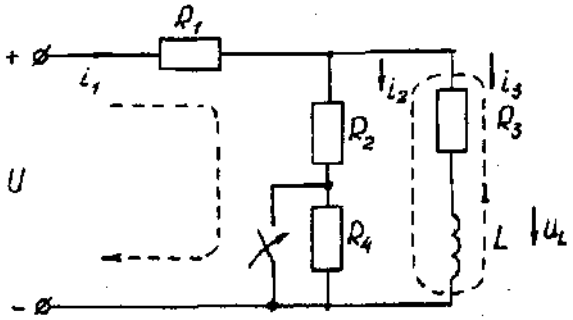


Рис. 5.1. Схема электрической цепи

Определить законы изменения токов, напряжения u_L при переходе цепи от одного установившегося состояния к другому классическим и операторными методами. Построить эти зависимости.

Решение классическим методом.

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации:

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2 R_2 = U; \\ i_2 R_2 - u_L - i_3 R_3 = 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

Решаем систему уравнений относительно тока через индуктивность i_3 (избавляемся от токов i_2 и i_1)

$$(R_1+R_2)\, u_L + [R_1R_2 + R_1(R_1 + R_2)]\, i_3 = R_2U$$

Решение упрощается, если в систему уравнений (5.1) подставить заданные числовые значения;

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ 25i_1 + 25i_2 = 100; \\ 25i_2 - u_L - 25i_3 = 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

Решая систему уравнений (5,2), получаем

$$2u_L+75i_3=100. \quad (5.3)$$

Подставив соотношение $u_L = Ldi_3/dt$ в уравнение (5.3), получим

$$2Ldi_3/dt + 75i_3= 100,$$

и окончательно получаем неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt + 150i_3=200. \quad (5.4)$$

Решением уравнения (5.4) является сумма принужденной и свободной составляющих тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= i_3(t)_{пр}+ i_3(t)_{св}. \quad (5.5)$$

Принужденная составляющая тока определяется из уравнения (5.4) как новое установившееся значение по окончании переходного процесса

$$i_3(t)_{пр} = 200/150 =1,33 \text{ А}. \quad (5.6)$$

Запишем однородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt+150\, i_3= 0 \quad (5.7)$$

и характеристическое уравнение

$$p+150=0. \quad (5.8)$$

Свободная составляющая тока определяется как

$$i_3\,(t)_{св}=Ae^{pt}, \quad (5.9)$$

где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения (5.8), p = -150; τ - постоянная времени электрической цепи, τ = 1/150.

Постоянная интегрирования определяется из начальных условий, исходя из первого закона коммутации (ток через индуктивность при коммутациях не меняется скачком).

С учетом уравнений (5.6) и (5.9) уравнение (5.5) запишем как

$$i_3\,(t) = 1,33+A\, e^{-150t}.$$

Значение тока $i_3(0)$ определяем, рассчитывая цепь до коммутации

$$i_3(0)=1,6\text{А}.$$

По первому закону коммутации $i_3\,(0) = i_3\,(0)_{пр} + i_3\,(0)_{св} = 1,6$ А, $i_3(0) = 1,33 + A\, e^{-150t} = 1,6$, откуда $A = 1,6 - 1,33 = 0,27$.

Окончательно

$$i_3\,(t)= 1,33 + 0,27\, e^{-150t};$$
$$u_L(t)=Ldi_3/dt= 0,25-0,27(-150)\, e^{-150t} =-10\, e^{-150t};$$
$$u_2(t) = [u_3(t)R_3+ u_L(t)]/R_2 = 1,33 - 0,13\, e^{-150t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 2,66 + 0,14\, e^{-150t}.$$

Решение операторным методом.

На рис. 5.2 представлена операторная схема замещения цепи (см. рис. 5.1).

Составляется система уравнений в изображениях (в операторной форме)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + I_3(p); \\ I_1(p)R_1 + I_2(p)R_2 = U/p; \\ I_2(p)R_2 - L[pI_3(p) - i_3(0)] - I_3(p)R_3 = 0. \end{cases} \quad (5.10)$$

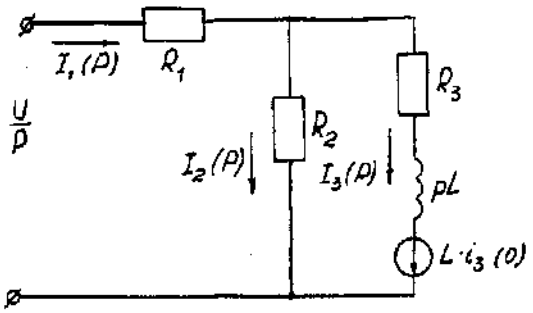


Рис. 5.2. Операторная схема замещения электрической цепи

Система уравнений решается относительно любого тока. Достаточно просто получаем уравнение в изображениях для тока через индуктивность, если использовать дифференциальное уравнение (5.4), из которого следует:

$$[pI_3(p) - i_3(0)]+150I_3(p)=200/p;$$

$$pI_3(p)+ 150I_3(p)= 200/p+ i_3(0)= 200/p+1,6$$

и окончательно

$$I_3(p)=(200+1,6p)/p(p+150)=F_1(p)/F_2(p), \quad (5.11)$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения тока $I_3(p)$ к оригиналу $i_3(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$i_3(t)=\Sigma\,([F_1(p)/F_2(p)]\cdot e^{p_k\cdot t}) \quad (5.12)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя, равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$P(p+150)=0,$$

откуда $p_1 =0$; $p_2= -150$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+150),$$

откуда $F_2'(p_1)=150$; $F_2'(p_2)= -150$.

Оригинал тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= ([F_1(p_1)/F_2'(p_1)]\cdot e^{p_1 t})+ ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)]\cdot e^{p_2 t})=$$

$$= [(200 +1,6\ 0) / 150]e^{150t}+ [(200 +1,6\ (-150) / (-150)]\cdot e^{-150\cdot t} =$$

$$= 1,33 + 0,27\ e^{-150t}.$$

На рис. 5.3 представлены переходные характеристики токов и напряжения на индуктивности.

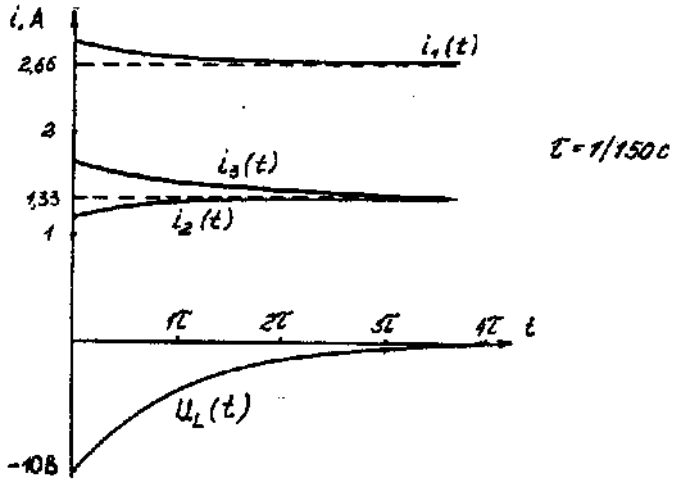


Рис. 5.3. Временные диаграммы токов и напряжения иа индуктивности

Пример расчета цепи содержащей емкость (рис. 5.4).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3$ = 50 Ом; С = 100 мкФ.

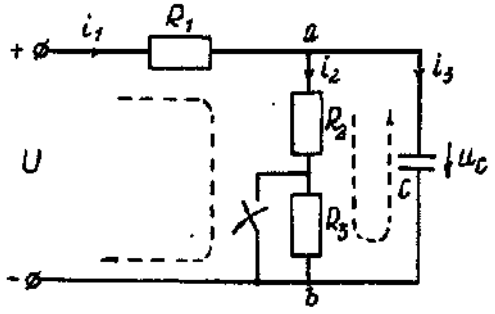


Рис. 5.4. Схема электрической цепи

Определить и построить следующие зависимости: $u_C(t)$, $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$.

Решение классическим методом.

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2(R_1 + R_2) = U; \\ i_2(R_2 + R_3) = u_C \end{cases} \quad (5.13)$$

Между током и напряжением на емкости существует соотношение

$$\begin{cases} i_3 = C\frac{du_C}{dt}; \\ i_1 = i_2 + i_3 = i_2 + 100 \cdot 10^{-6}\left(\frac{du_C}{dt}\right); \\ i_1 50 + i_2(50 + 50) = 100; \\ i_2(50 + 50) - u_C = 0. \end{cases} \quad (5.14)$$

Решаем систему уравнений (5.14) относительно напряжения на емкости

$$du_c / dt + 300u_c = 20000. \quad (5.15)$$

Уравнение (5.15) - неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением уравнения (5.15) является сумма принужденной и свободной составляющих напряжения $u_C(t)$. Решение неоднородного дифференциального уравнения первого порядка рассмотрено выше для цепи с индуктивностью. По аналогии имеем

$$u_C(t) = u_C(t)_{пр} + u_C(t)_{св}. \quad (5.16)$$

Принужденная составляющая напряжения равна

$$u_C(t)_{пр} = 20000/300 = 66{,}7 \text{ В}.$$

Свободную составляющую напряжения находим из уравнения

$$u_C(t)_{СВ} = A\,e^{pt},$$

где $(p + 300) = 0$ - характеристическое уравнение; $p = -300$ - корень характеристического уравнения; τ - постоянная времени электрической цепи, $\tau = 1/300$; $u_C(0) = 50$ В, напряжение u_C в момент коммутации (определяется расчетом рассматриваемой цепи до коммутации):

$$u_C(t) = 66{,}7 + Ae^{-300t};$$

$u_C(0) = 66{,}7 + Ae^{p \cdot 0} = 50$В, откуда $A = -16{,}7$.

Окончательно имеем:

$$u_C(t) = 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300t};$$
$$i_3(t) = C \cdot du_C/dt = 100 \cdot 10^{-6}(-16{,}7)(-300) \cdot e^{-300t} = 0{,}5 \cdot e^{-300t};$$
$$i_2(t) = u_{ав}(t)/(R_2 + R_3) = u_C(t)/(R_2 + R_3) = 0{,}667 - 0{,}167 \cdot e^{-300t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 0{,}667 + 0{,}333 \cdot e^{-300t}.$$

На рис. 5.5 представлены переходные характеристики токов и напряжения на емкости.

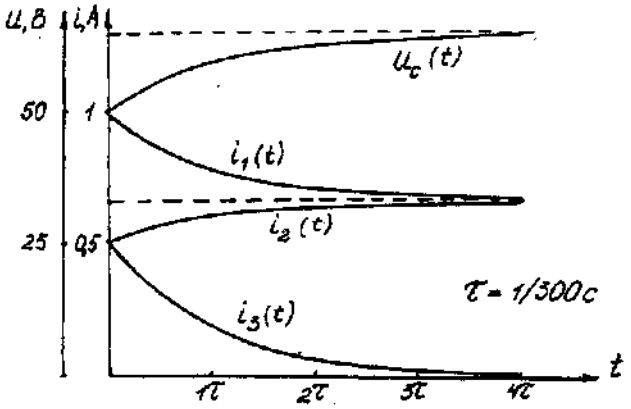


Рис. 5.5. Временные диаграммы токов и напряжения на емкости

Решение операторным методом.

Система уравнений в изображениях (в операторной форме) может быть составлена по операторной схеме замещения (рис. 5.6) или по системе дифференциальных уравнений (5.14)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + 100 \cdot 10^{-6}[pU_C(p) - u_C(0)]; \\ I_1(p)50 + [I_2(p)(50+50)] = \frac{100}{p}; \\ [I_2(p)(50+50)] - U_C(p) = 0. \end{cases} \quad (5.17)$$

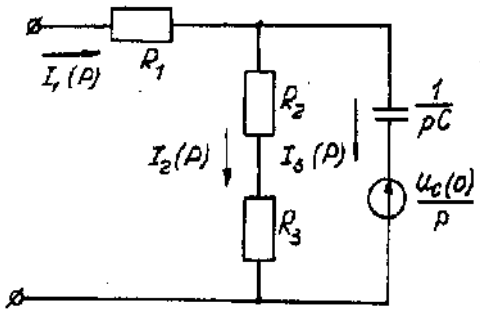


Рис. 5.6. Операторная схема замещения электрической цепи

Решаем систему алгебраических уравнений (5.17) относительно токов или напряжения на емкости $U_C(p)$.

Решение относительно напряжения $U_C(p)$ упрощается, если воспользуемся уравнением (5.15). Уравнение (5.15) преобразуем в уравнение в изображениях:

$$[pU_C(p)-u_C(0)]+300 \cdot U_C(p)=20000/p;$$

$$Uc\ (p)(p + 300) = 20000/p + 50;$$

$$U_c\ (p) = [20000 + 50p]\ /p(p + 300) = F_1(p)/\ F_2(p),$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения напряжения $U_C(p)$ к оригиналу $u_C(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$U_C(t)=\Sigma([F_1(p)/F_2'(p)] \cdot e^{p_k \cdot t}), \quad (5.18)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$p(p+300)=0,$$

откуда $p_1 = 0$; $p_2 = -300$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+300),$$

откуда $F_2'(p_1)=300$; $F_2'(p_2)=-300$.

Оригинал напряжения $u_C(t)$

$$u_C(t) = ([F_1(p_1)/\ F_2'(p_1)] \cdot e^{p_1 t}) + ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)] \cdot e^{p_2 \cdot t}) =$$

$$=[(20000 + 50\ 0) / 300] \cdot e^{300 \cdot 0} + [(20000+50\ (-300) / (-300)] \cdot e^{-300t}$$

$$= 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300 \cdot t}.$$

Задача 6. РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 6.1) с известными параметрами (табл. 6.2) определить токи в ветвях и напряжение на нелинейных элементах (НЭ).

Вольт-амперные характеристики НЭ, симметричные относительно начала координат, приведены на рис. 6.1.

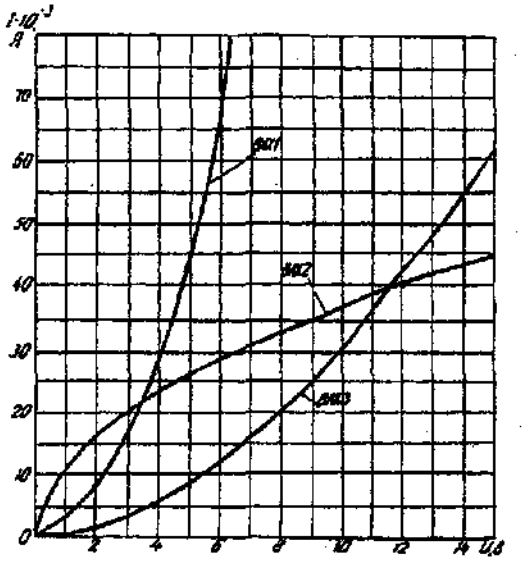


Рис. 6.1. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

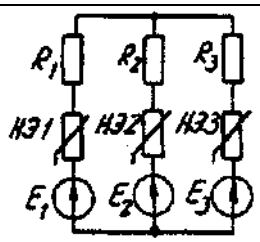
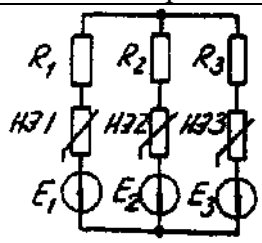
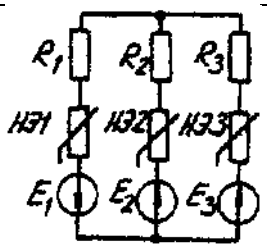
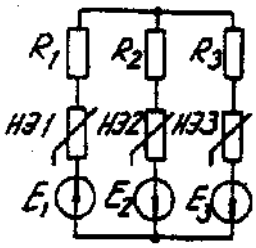
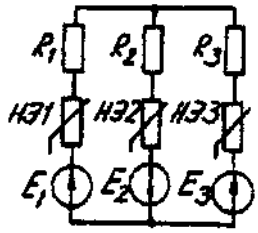
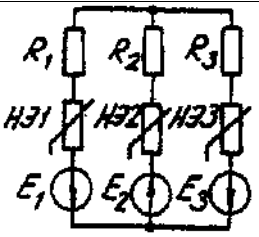
Методические указания.

Для нелинейных электрических цепей (НЭЦ) постоянного тока справедливы оба закона Кирхгофа

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} U_{k=0.}$$

Затруднения при рассмотрении НЭЦ с помощью законов Кирхгофа заключаются в том, что в НЭЦ напряжение и токи связаны между собой нелинейными соотношениями. По этой причине для решения задач теории НЭЦ приходится использовать различные приближенные методы решения, к которым относится метод двух узлов.

Расчетные электрические схемы

1		5	
2		6	
3		7	

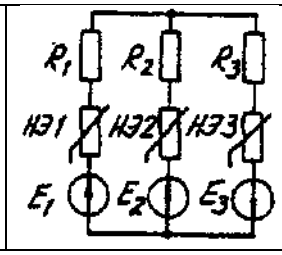
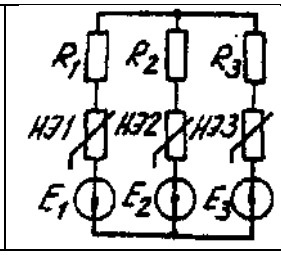
4	 R1 R2 R3 НЭ1 НЭ2 НЭ3 E1 E2 E3	8	 R1 R2 R3 НЭ1 НЭ2 НЭ3 E1 E2 E3

Таблица 6.2

Исходные данные к задаче 6

Вариант	Номер схемы	Значения параметров								
		R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	НЭ1	НЭ2	НЭ3	E_1, В	E_2, В	E_3, В
1	1	600	300	400	ВАХ1	ВАХ3	ВАХ2	24	9	10
2	2	100	200	500	-	ВАХ2	ВАХ3	-	24	12
3	3	-	800	400	ВАХ2	ВАХ2	ВАХ3	-	15	20
4	4	400	300	600	-	ВАХ3	ВАХ1	10	8	14
5	5	-	800	600	ВАХ3	ВАХ2	ВАХ1	15	9	24
6	6	100	700	500	ВАХ1	-	ВАХ3	8	-	10
7	7	200	-	500	ВАХ2	ВАХ3	ВАХ1	6	-	12
8	8	1000	400	700	ВАХ2	-	ВАХ3	16	9	18
9	1	800	-	100	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	10	15	20
10	3	400	700	200	ВАХ3	ВАХ2	ВАХ1	8	16	-
11	5	100	200		ВАХ2	ВАХ3	ВАХ1	24	12	-
12	7	600	200	400	ВАХ3	ВАХ1	-	15	10	20
13	2	500	700	-	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	16	12	9
14	4	-	-	-	ВАХ3	ВАХ1	ВАХ2	14	20	8
15	6	200	100	-	-	ВАХ2	ВАХ3	10	8	15
16	8	-	500	-	ВАХ1	-	ВАХ3	12	6	18
17	1	-	-	600	ВАХ1	ВАХ3	-	20	-	4
18	2	800	-	-	-	ВАХ2	ВАХ3	15	10	5
19	3	-	900	-	ВАХ1	-	ВАХ3	6	12	8
20	4	-	-	100	ВАХ3	ВАХ1	-	16	18	9
21	5	400	-	200	-	ВАХ2	ВАХ3	9	4	10
22	6	-	-	-	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	-		18
23	7	-	-	500	ВАХ2	ВАХ3	-	14	12	6
24	8	-	300	-	ВАХ1	-	ВАХ3	-	20	10

Расчет сложной НЭЦ, состоящей из нескольких параллельных ветвей, которые наряду с нелинейными элементами могут содержать и источники постоянной э. д. с, включенные последовательно с нелинейными элементами, сводится к нахождению токов и напряжений на участках цепи с помощью вольт-амперных характеристик.

Для этого предварительно строится вольтамперная характеристика каждой ветви, которая получается смещением соответствующей характеристики НЭ на величину заданной э. д. с. влево или вправо от начала координат, в зависимости от направления э. д. с. Затем, на основании первого закона Кирхгофа, строится результирующая характеристика. Она получается смещенной относительно начала координат на величину э. д. с. *(E),* которую можно рассматривать как э. д. с. эквивалентной цепи.

Так как сумма токов в узле равна нулю, то в эквивалентной цепи ток отсутствует. Следовательно, значение э. д. с. *(E)* равно разности потенциалов верхнего узла относительно нижнего узла исходной схемы.

Отсюда находят напряжение в каждом НЭ

$$U_{Нэк}=E_к-E$$

Ток в каждом НЭ определяется по соответствующей вольт-амперной характеристике.

Последовательность решения задачи.

1. Задаться положительным направлением токов в ветвях схемы.

2. На основании второго закона Кирхгофа построить эквивалентные вольт-амперные характеристики для ветвей.

3. На основании первого закона Кирхгофа построить результирующую вольт-амперную характеристику всей электрической цепи.

4. По результирующей вольт-амперной характеристике определить напряжения на каждом НЭ и токи в каждой ветви по соответствующим вольт-амперным характеристикам.

Пример решения задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 6.2, *а)* с известными параметрами E_1 =12 В, E_2 = 10 В, E_3 = 3 В,

R_1 =200 Ом, НЭ1, НЭ2 и НЭ3 (вольт-амперные характеристики которых приведены на рис. 6.3) определить токи в ветвях и напряжения на НЭ.

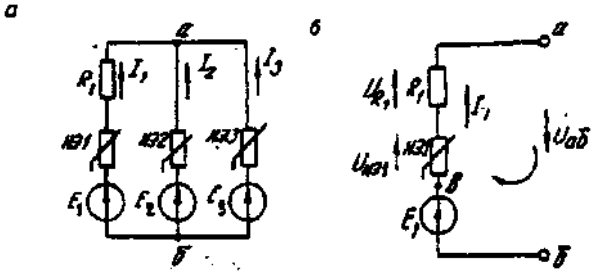


Рис. 6.2. Заданная *(а)* и расчетная (б) электрические схемы

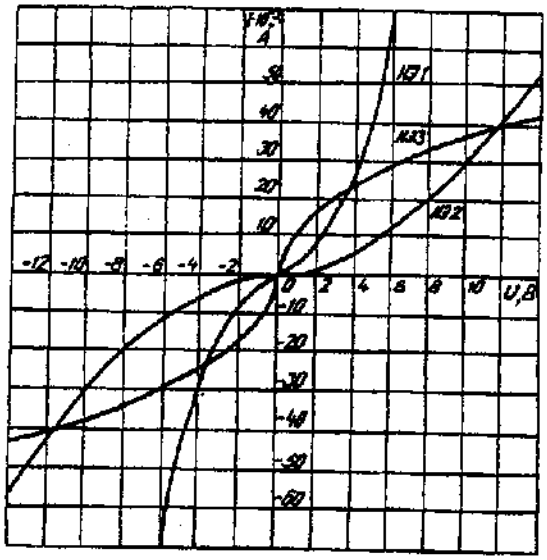


Рис. 6.3. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

1. Задаемся положительным направлением токов во всех ветвях цепи.

2. Так как каждый из токов является нелинейной функцией падения напряжения на своем НЭ, необходимо выразить его в функции одного переменного напряжения $U_{аб}$ между узлами *а* и *б.*

Рассмотрим первую ветвь, содержащую последовательно соединенные резистор R_1, НЭ1 и источник постоянной э. д. с. E_1 (рис. 6,2, *б).*

На основании второго закона Кирхгофа для контура, указанного на рис. 6.2, *б* круговой стрелкой, запишем

$$E_1=U_{аб}+U_{R1}+U_{НЭ1} \text{ или } U_{аб}=E_1-(U_{R1}+U_{НЭ1}).$$

Если э. д. с. *(E_1)* действует в направлении выбранного положительного тока, т. е. $E_1>0$, то при положительном токе она способствует прохождению тока и при $E_1< U_{аб}$ уменьшает значение.

На рис. 6.4 изображены характеристики первого нелинейного элемента $I_1=f(U_{НЭ1})$, резистора $I_1=f(U_{R1})$, суммарная

$I_1=f(U_{аб})$ и прямая, соответствующая $E_1>0$. Здесь же нанесена результирующая характеристика $I_1=f(U_{аб})$.

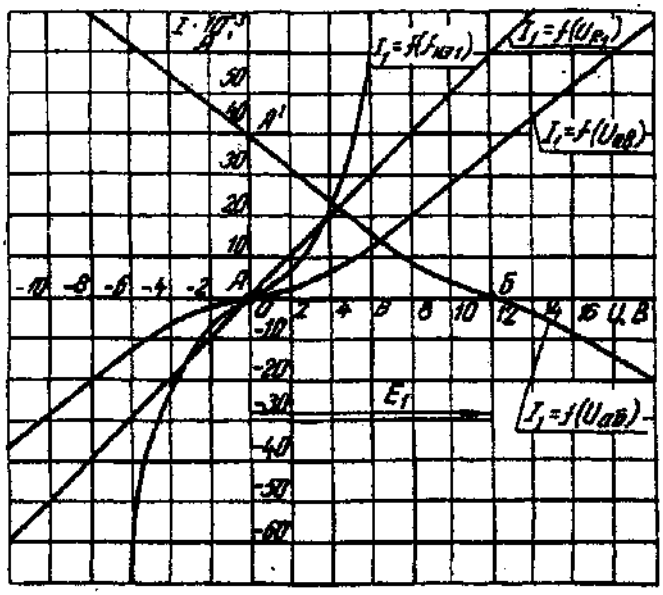


Рис. 6.4. Вольт-амперные характеристики первого нелинейного элемента

Для т. *А* кривой $I_1 = f(U_{НЭ1})$ напряжение на первом нелинейном элементе будет равно нулю ($U_{НЭ1} = 0$) при $I_1 = 0$. При этом $U_{аб} = E_1$ т. е. начало) кривой $I_1 = f(U_{аб})$ сдвинуто в точку *Б*, в которой $U_{аб} = E_1$. Росту $U_{аб}$, при $U_{аб} > 0$ соответствует уменьшение $U_{аб}$. Для точки *А*' при $U_{аб} = E_1$, $U_{аб} = 0$. Росту $U_{аб}$ при $U_{аб} < 0$ отвечает увеличение $U_{аб}$, причем $U_{аб} > E_1$.

Аналогичным образом перестраивают кривые $I_2 = f(U_{НЭ2})$ и $I_3 = f(U_{нэз})$ для других ветвей схемы (рис. 6.5 и 6.6).

3. Нанесем кривые $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ на одном рисунке и построим результирующую вольт-амперную характеристику $I = f(U_{аб})$ просуммировав ординаты кривых (рис. 6.7).

4. Точка *А* пересечения кривой $I = f(U_{аб})$ с осью абсцисс дает значение Саб, при котором удовлетворяется уравнение

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

Восстанавливаем в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения с кривыми $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ и находим токи I_1, I_2 и I_3 как по величине, так и по знаку.

Для рассматриваемого примера имеем (см. рис. 6.7), А

$$I_1 = 15 \cdot 10^{-3};$$
$$I_2 = 5 \cdot 10^{-3};$$
$$I_3 = -20 \cdot 10^{-3}.w$$

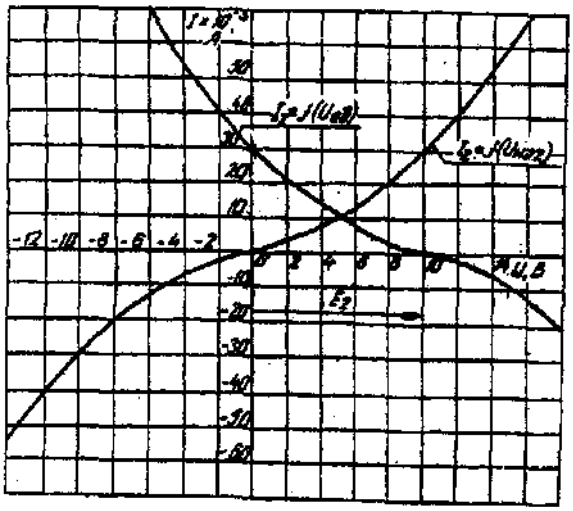


Рис. 6.5. Вольт-амперные характеристики второго нелинейного элемента

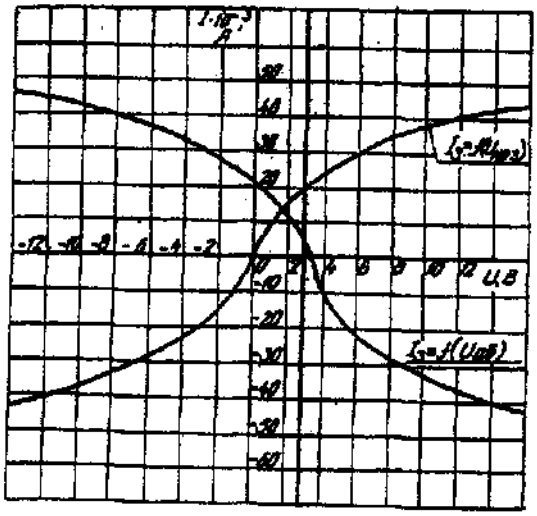


Рис 6.6. Вольт-амперные характеристики третьего нелинейного элемента

Сделаем проверку

$$I_1 + I_2 + I_3 = 15 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ A}.$$

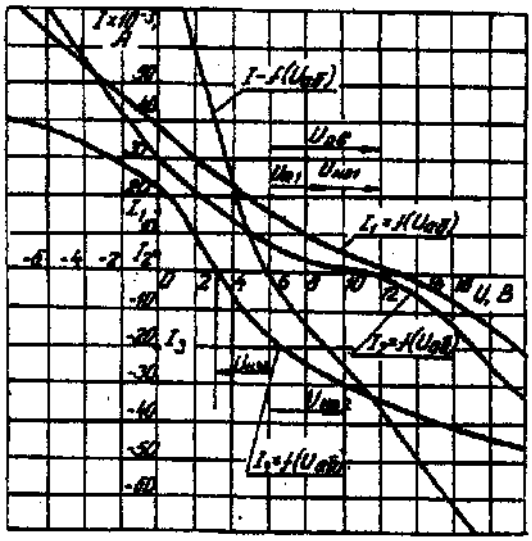


Рис. 6.7. Результирующие вольт-амперные характеристики

Располагая построенными характеристиками, легко находим напряжения на всех нелинейных элементах цепи (см. рис. 6.7):

$U_{НЭ1} = 3$; $U_{НЭ1} = 2$; $U_{НЭ1} = 3$.

ЗАДАЧА 7. РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

7.1. Неразветвленные магнитные цепи.

Методические указания.

Магнитной цепью называют совокупность магнитодвижущих сил (МДС),ферромагнитных тел или каких-либо иных тел или сред, по которым замыкается магнитный поток.

Магнитные цепи могут быть подразделены на неразветвленные (рис. 1) и разветвленные (рис. 2).

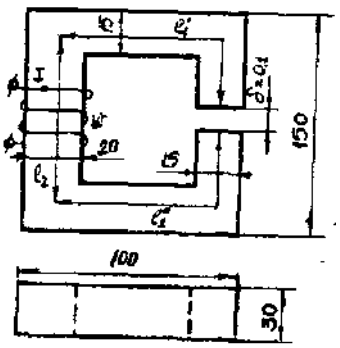


Рис. 7.1. Неразветвленная магнитная цепь

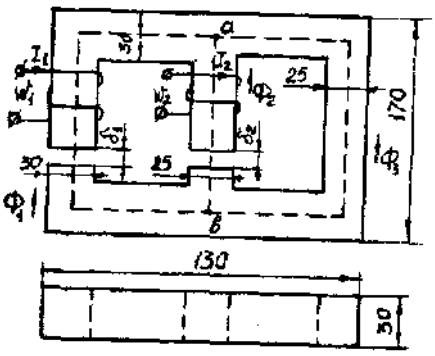


Рис. 7.2. Разветвленная магнитная цепь

Основными величинами, характеризующими магнитное поле и используемыми при расчете к анализе магнитных цепей, являются магнитная индукция B и напряженность магнитного поля H.

Эти величины связаны между собой зависимостью:

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H$$

где μ_0 — постоянная, характеризующая свойства вакуума,

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

μ — относительная магнитная проницаемость.

$$H = 0{,}8 \cdot 10^6 B$$

Магнитную индукцию B измеряют в теслах (1 Тл = 1 Вс/м^2). Единицей напряженности магнитного поля H является 1 А/м,

Магнитная индукция и напряженность магнитного поля — векторные величины.

Величиной. служащей для интегральной оценки магнитного поля, является магнитный поток Ф, представляющий собой поток вектора магнитной индукции сквозь поверхность dS

$$\Phi = \int_S B dS$$

Если магнитный поток проходит сквозь поверхность, расположенную перпендикулярно линиям магнитной индукции поля, то магнитный поток определяется по формуле

$$\Phi = BS$$

Магнитны поток измеряют в веберах (1 Вб = 1 Вс).

Магнитное поле создается электрическими тока. Напряженность магнитного поля связана с токами, возбуждающими поле, за коном полного тока, согласно которому линейный интеграл вектора напряженности магнитного поля вдоль замкнутого контура равен алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром

$$\oint Hdl = \sum I$$

где l — длина участка магнитной цепи, вдоль которого идет интегрирование. Длина участка отсчитывается по средней линии магнитопровода.

Заменив интеграл суммой интегралов по участкам и учитывая, что пределах одного участка магнитная цепь имеет одинаковое поперечное сечение и одинаковую магнитную проницаемость, получим закон полного тока в общем виде

$$\sum_K H_K l_K = \sum Iw$$

где H_K — напряженность магнитного поля на каждом участке магнитной цепи;

l_K - длина каждого участка магнитной цепи;

w - число витков катушки.

Произведение числа витков катушки w на протекающий по ней ток I называют магнитодвижущей силой катушки F.

$$\sum Iw = \sum F$$

МДС вызывает магнитный поток в магнитной цепи подобно тому, как ЭДС вызывает электрический ток в электрической цепи. Как и ЭДС, МДС величина векторная. Положительное направление МДС совпадает с движением острия правоходового винта, если его вращать по направлению тока в обмотке.

Падением магнитного напряжения U_{MAB} между точками a и b магнитной цепи, называют произведением Hl_{AB}. Здесь , - длина пути между точками a и b.

Магнитное напряжение измеряют в амперах (А).

Если участок магнитной цепи между точками a и b может быть подразделен на n отдельных частей так, что для каждой части $H=H_K$ постоянно, то

$$U_{MAB} = \sum_{K=1}^{K=n} H_K l_K$$

Отношение падения магнитного напряжения U_M к магнитному потоку Ф называют магнитным сопротивлением цепи

$$\Phi w = \Psi = Li$$

$$R_M = \frac{U_M}{\Phi} = \frac{l}{\mu_0 \mu S}$$

Величину, обратную магнитному сопротивлению называют магнитной проводимостью цепи

$$G_M = \frac{1}{R_M} = \frac{\mu_0 \mu S}{l}$$

Соотношение $\Phi = \frac{U_M}{R_M}$ - называют законом Ома для магнитной цепи.

Надо отметить, что между магнитными и электрическими величинами есть формальная аналогии. Аналогом тока в электрической цепи является поток в магнитной цепи. Аналогом ЭДС — МДС. Аналогом падения напряжения на участке электрической цепи падение магнитного напряжения. Аналогом вольтамперной характеристики нелинейного сопротивления — веберная характеристика участка магнитной цепи.

Соответствие электрических и магнитных величин можно представить в виде таблицы (табл. 7.1).

Таблица соответствия электрических и магнитных величин — Таблица 7.1

Электрические величины	Магнитные величины
I – ток, А	Ф – магнитный поток, Вб
E – ЭДС, В	F – МДС, А
U – напряжение, В	U_M – магнитное напряжение, А
R – сопротивление, Ом	R_M – магнитное сопротивление, 1/Гн
G – проводимость, 1/Ом	G_M – магнитная проводимость,

При расчете и анализе магнитных цепей используют первый и второй законы Кирхгофа.

Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма магнитных потоков в любом узле магнитной цепи равна нулю:

$$\sum \Phi = 0$$

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений магнитного напряжения вдоль любого замкнутого контура равна алгебраической сумме МДС вдоль того же контура:

$$\sum U_M = \sum Iw$$

В качестве примера составим уравнения по законам Кирхгофа для разветвленной магнитной цепи, изображенной на рис. 7.2.

Произвольно выбираем направление потоков в ветвях. Для узла “а” составим уравнение по первому закону Кирхгофа

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$$

По второму закону Кирхгофа составляем уравнение для контура, состоящего из левой и средней ветвей.

$$H_1 l_1 + H_1 \delta_2 - H_2 l_2 + H_2 \delta_2 = I_1 w_1 - I_2 w_2$$

Под вебер-амперной характеристикой понимают зависимость потока Ф по какому-либо участку магнитной цепи от падения магнитного напряжения на этом участке U_M.

$$\Phi = \int (U_M)$$

Расчет неразветвленной магнитной цепи разделяют на прямую и обратную задачи.

7.1.1. Прямая задача. Определить МДС цепи по заданному магнитному потоку.

Порядок расчета следующий:

1) магнитная цепь разбивается на участки, имеющие одинаковое сечение и одинаковую магнитную проницаемость;

2) по известным геометрическим размерам магнитного сердечника определяются длины l и площади поперечного сечения выделенных участков;

3) исходя из постоянства магнитного потока вдоль всей цепи определяются значения магнитной индукции для выделенных участков магнитной цепи по заданному магнитному потоку;

4) по заданной кривой намагничивания определяются значения напряженности магнитного поля для известных значений магнитной индукции.

Напряженность поля и воздушном зазоре определяется по формуле:

5) подсчитывается сумма падений магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи $\Sigma H_K l_K$ и на основании закона полного тока приравнивается эта сумма полному току I_W или МДС.

$$\sum H_K l_K = Iw$$

Пример. Геометрические размеры магнитной цепи даны на рис. 4. Найти какой ток должен протекать по обмотке с числом витков w=500 чтобы магнитная индукция в воздушном зазоре B_δ=1 Тл.

Решение. Магнитную цепь разбиваем на три участка:

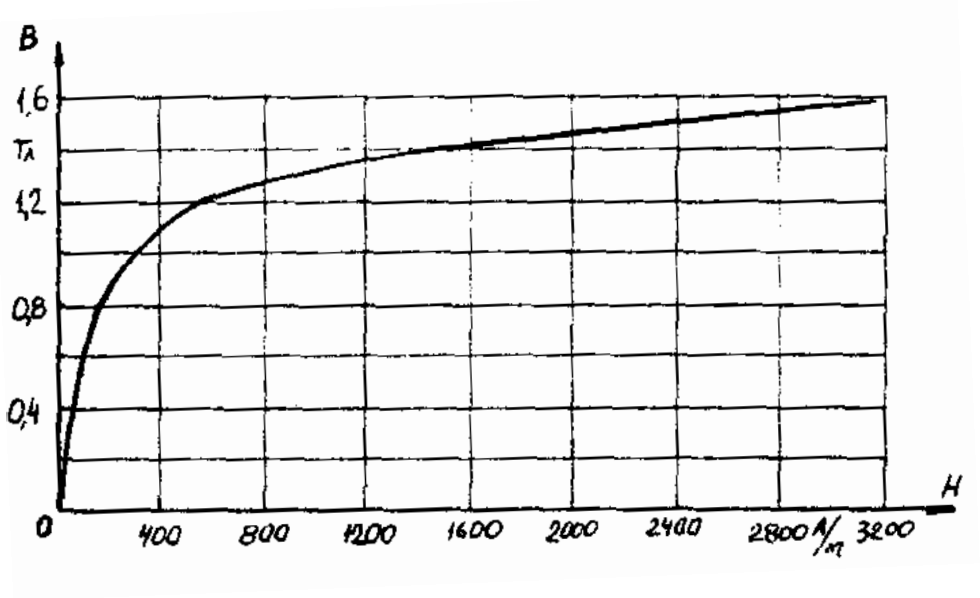


Рис. 7.4. Кривая намагничивания

$$l_1 = l`_1 + l``_1 = 30 \quad см$$

$$S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

$$l_2 = 13{,}5 \quad см$$

$$S_2 = 6 \quad см^2$$

Воздушный зазор

$$\delta = 0{,}01 \quad см$$

$$S_2 = S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

Индукция

$$B_1 = B_\delta = 1 \quad Тл$$

Индукцию на участке l_2 найдем, разделив поток $\Phi = B_\delta S_\delta$ на сечение S_2 второго участка

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{B_\delta S_\delta}{S_2} = \frac{1 \cdot 4{,}5}{6} = 0{,}75 \quad Тл$$

Напряженности поля на первом и втором участках определяем согласно кривой намагничивания (рис. 4) по известным значениям B_1 и B_2;

$$H_1 = 300 \text{ А/м}; \; H_2 = 115 \text{ А/м}$$

Напряженность поля в воздушном зазоре

$H_\delta = 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot B_\delta = 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 1 = 8 \cdot 10^5$ А/м

Определяем падение магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи:

$$\sum H_K l_K = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_\delta \delta = 300 \cdot 0{,}3 + 115 \cdot 0{,}135 +$$

$$+ 8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} = 185{,}6 \quad A$$

Ток в обмотке

$$I = \frac{\sum H_K l_K}{w} = \frac{185{,}6}{500} = 0{,}371 \quad A$$

7.1.2. Обратная задача. Определить магнитный поток в цепи по заданной МДС

Условие задачи:

Для заданной магнитной цепи (рис. 7.2.) с известными параметрами (таб. 7.2.). Найти магнитные потоки в магнитной цепи.

Примечание – геометрические размеры даны в мм, кривая намагничивания дана на рис. 7.4.

Порядок решения обратной задачи следующий:

1) магнитная цепь разбивается на участки с одинаковыми сечением и магнитной проницаемостью. Определяются длины и сечения этих участков;

2) строится вебер-амперная характеристика $\Phi = \int (U_м)$ цепи;

3) пользуясь вебер-амперной характеристикой, по заданной, МДС определяют магнитный поток Ф.

Пример. Найти магнитную индукцию в воздушном зазоре магнитной цепи (рис. 7.1), если Iw = 350 А. Кривая намагничивания представлена на рис. 7.4.

Решение. Строим вебер-амперную характеристику. Для этого задаемся значениями B_δ; равными 0,5; 1,1; 1,2 и 1,3 Тл, и для каждого из них определяем параметры, указанные в табл. 1. Так же, как и в предыдущей задаче определяем $\sum H_K l_K$

Результаты расчетов сводим в табл. 7.2.

Результаты расчетов для построения $\Phi = \int (U_м)$

Таблица 7.2

B_δ, Тл	0,5	1,1	1,2	1,3
B_1, Тл	0,5	1,1	1,2	1,3
B_2, Тл	0,375	0,825	0,9	0,975
H_1, А/м	50	460	700	1020
H_2, А/м	25	150	200	300
H_δ, А/м	$4 \cdot 10^5$	$8{,}8 \cdot 10^5$	$9{,}6 \cdot 10^5$	$10{,}4 \cdot 10^5$
$\Sigma H_K l_K$, А	58,3	246,3	333	450,5
Ф, Вб	$22{,}5 \cdot 10^{-5}$	$49{,}5 \cdot 10^{-5}$	$54 \cdot 10^{-5}$	$58{,}5 \cdot 10^{-5}$

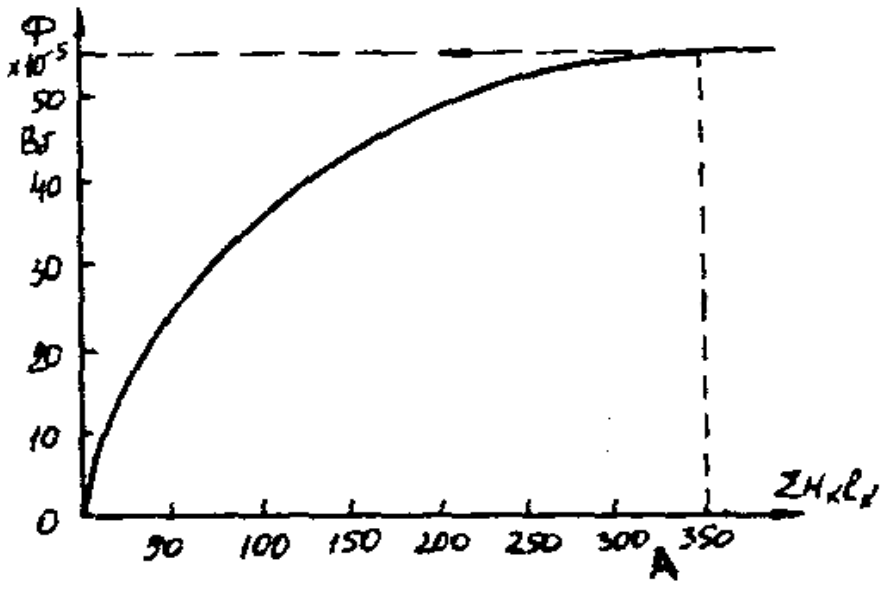


Рис. 7.5. Вебер-амперная характеристика цепи

По данным табл. 7.2 строим вебер-амперную характеристику $\Phi = \int (U_м)$ (рис. 7.5) и по ней определяем, что при Iw = 350 А

$\Phi = 55 \cdot 10^{-5}$ Вб

Следовательно,

$$B_\delta = \frac{\Phi}{S_\delta} = \frac{55 \cdot 10^{-5}}{4{,}5 \cdot 10^{-4}} = 1{,}21 \quad Тл$$

Расчет разветвленной магнитной цепи

аналогичен соответствующей электрической с сосредоточенными параметрами.

Так как, магнитные цепи являются нелинейными, то методы их расчета при этих условиях аналогичны методам расчета нелинейных электрических цепей. Все методы расчета электрических цепей с нелинейными сопротивлениями полностью применимы к расчету магнитных цепей, так как и магнитные, к электрические цепи подчиняются одним и тем же законам - законам Кирхгофа.

В качестве примера рассмотрим расчет разветвленной цепи методом двух узлов.

Найти магнитные потоки в ветвях магнитной цепи (рис. 7.2). Геометрические размеры даны в мм. Кривая намагничивания представлена на рис. 4. I_1w_1 = 80 А; I_1w_1 =300 А; зазоры δ_1 = 0,05 мм и δ_2 = 0,22 мм.

Решение. Составам электрическую схему замещения магнитной цепи (рис. 7.6). Узловые точки обозначим буквами «a» и «b».

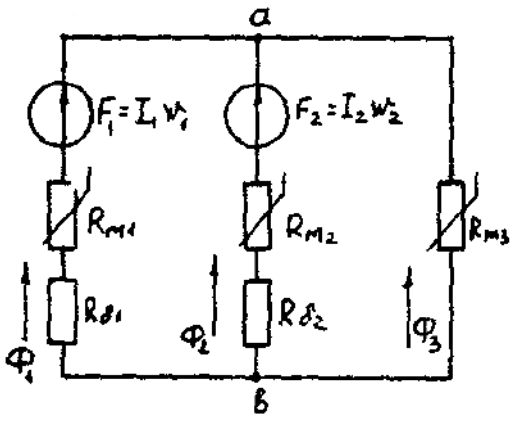


Рис. 7.6. Схема замещения магнитной цепи

Определим длины участков магнитной цепи

$l_1 = 0{,}24м;$ $l_2 = 0{,}138м;$

$l_3^{`} = 0{,}1м;$ $l_3^{``} = 0{,}14м.$

Длинам $l_3^{`}$ и $l_3^{``}$ участки третьей ветви, имеющей площади сечения 9 и 7,5 см^2.

Выберем положительные направления магнитных потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 к узлу «a».

Построим зависимость потока от падения магнитного напряжения первой ветви U_{M1}. Для этого произвольно задаемся рядом числовых значений Φ_1, для каждого значения находим индукцию B_1 и по кривой намагничивания — напряженность H_1 на пути в стали по первой ветви.

Магнитное напряжение на первом участке

$$U_{M1} = H_1 l_1 + 0{,}8 \cdot 10^5 B_1 \delta_1$$

Таким образом, для каждого значения потока Φ_1 подсчитываем U_{M1} и по точкам строим зависимость $\Phi_1 = \int (U_{M1})$ (кривая 1 рис. 7.7). Аналогично строим зависимость $\Phi_2 = \int (U_{M2})$ (кривая 2 рис. 7.7)

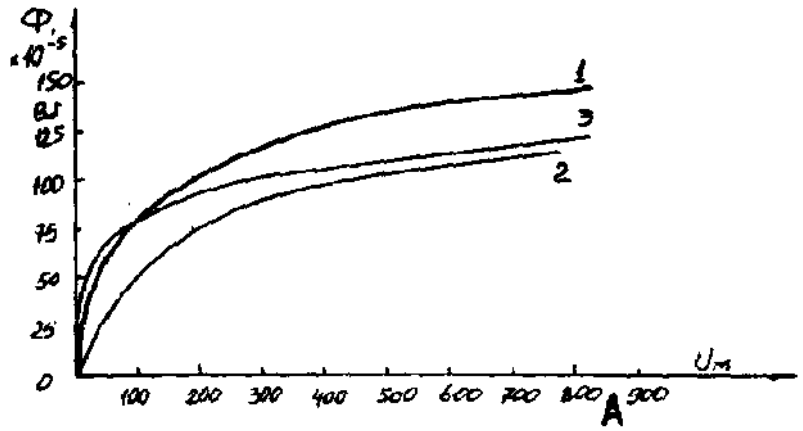


Рис. 7.7. Вебер-амперные характеристики ветвей

Кривая 3 (рис. 7.7) есть зависимость $\Phi_3 = \int (U_{M3})$

$$U_{M3} = H_3^{`} l_3^{`} + H_3^{``} l_3^{``}$$

Для определения потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 постройте зависимости этих потоков от магнитного падения напряжения U_{Mab} между узлами «a» и «b» (рис. 7.6).

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для первой ветви:

$$F_1 = I_1 w_1 = U_{M1} + U_{Mab}$$

отсюда

$$U_{Mab} = I_1 w_1 - U_{M1}$$

Согласно выражению приведенному выше строим зависимость $\Phi_1 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8). Для этого кривую 1 (рис. 7.7) при переносе на рис.7.8 смещаем вправо на величину I_1w_1 и, так как перед U_{M1} стоит знак "-", зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для второй ветви

$$I_2 w_2 = U_{M2} + U_{Mab}$$

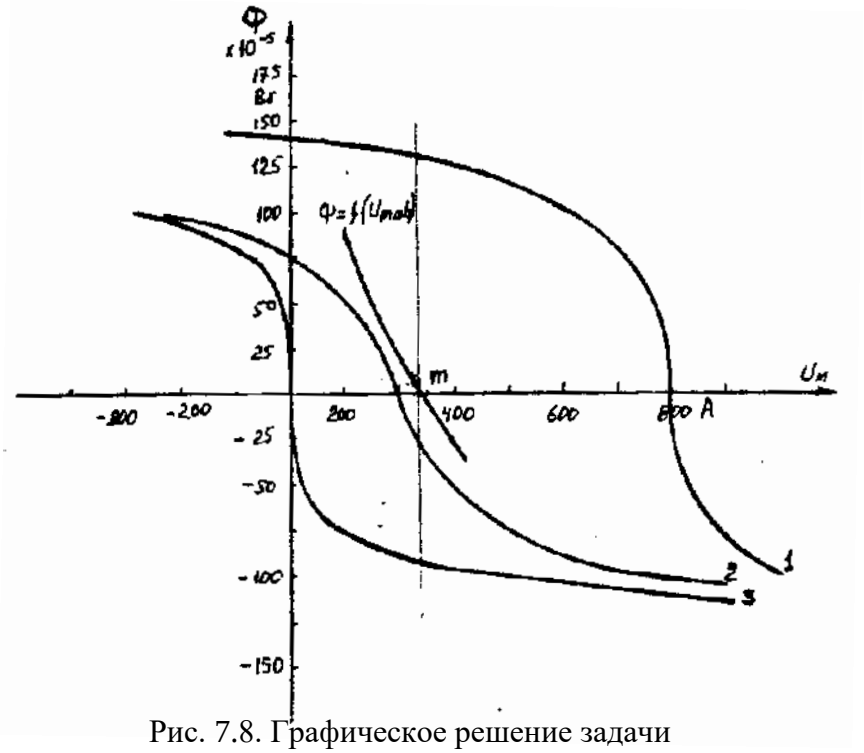


Рис. 7.8. Графическое решение задачи

отсюда

$$U_{Mab} = I_2 w_2 - U_{M2}$$

Построим зависимость $\Phi_2 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8). Для этого кривую 2 (рис. 7.7) смещаем вправо от начала координат на величину I_2w_2 и зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

В аналогичном порядке строим зависимость $\Phi_3 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8)

$$U_{Mab} = U_{M1}$$

Зависимость $\Phi_3 = \int(U_{Mab})$ так же, как и кривая 3 (рис. 7.7) проходит через начало координат.

Построим кривую $\Phi = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8)

$$\text{Где } \Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$$

Точка (m) пересечения кривой $\Phi = \int(U_{Mab})$ с осью абсцисс дает значение U_{Mab}, удовлетворяющее первому закону Кирхгофа $\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$.

Восстановим в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс. Ординаты пересечения перпендикуляра с кривыми дадут значения магнитных потоков в ветвях;

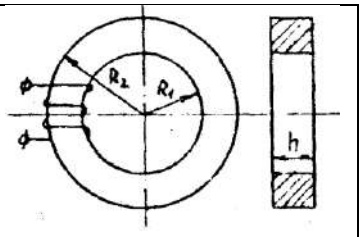
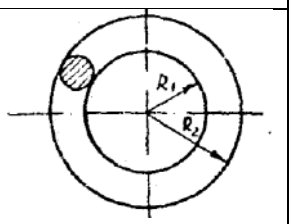
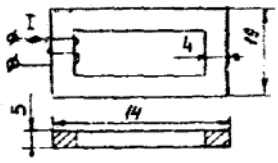
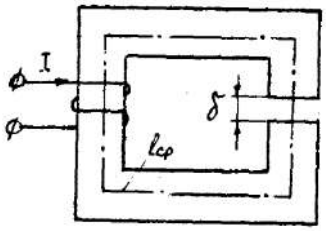
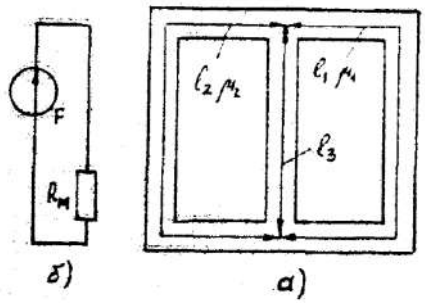
$$\Phi_1 = 126{,}2 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}; \Phi_2 = -25 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}; \Phi_3 = -101{,}2 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}.$$

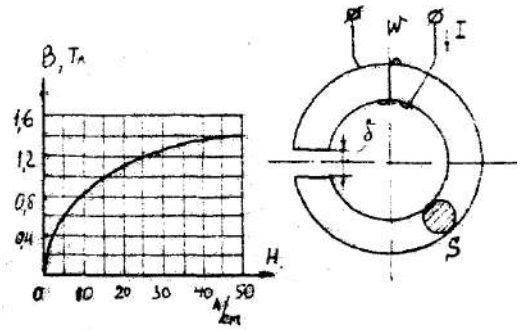
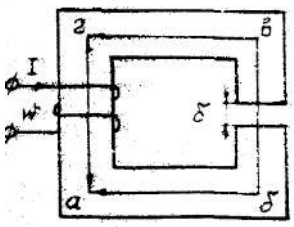
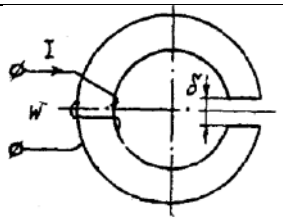
В результате расчета потоки Φ_2 и Φ_3, оказались отрицательными. Это означает, что в действительности они направлены противоположно выбранным ранее для них направлениям, показанным на рис. 7.2 и рис. 7.6.

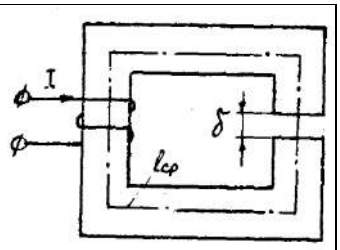
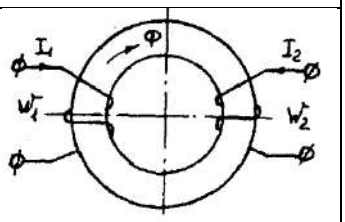
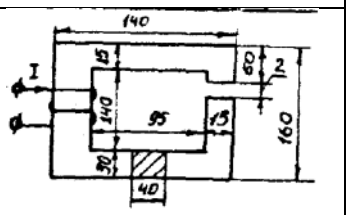
Задания к задаче 7.1.

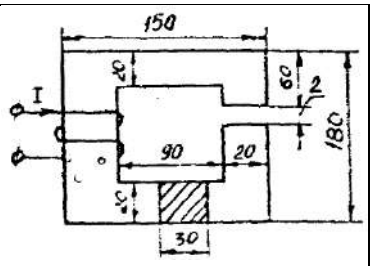
Таблица 7.3

Номер вари-анта	Содержание задания

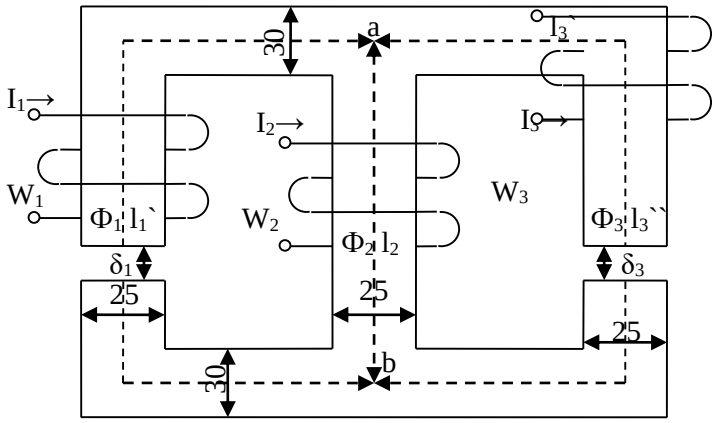
1	Катушка с количеством витков w = 1000 равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами: R_1 = 8 см; R_2 = 12 см, h = 15 см. Значение магнитного потока Ф = 0,025 Вб, магнитная проницаемость μ = 2080. Определить ток в катушке.	
2	На ферромагнитный сердечник равномерно намотана обмотка, w = 2000 витков. По обмотке протекает ток I = 0,1 А. Магнитная проницаемость μ = 1000. Определить значение магнитного потока в сердечнике.	
3	Определить ток в катушке, если значение магнитного потока в сердечнике с магнитной проницаемостью μ = 1000, Ф = 0,025 Вб. Число витков w = 1500.	
4	Катушка равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами R_1 = 8 см, R_2 = 12 см (см. рис. варианта 2). Магнитный поток в сердечнике Ф = $50 \cdot 10^{-3}$ Вб создается намагничивающей силой F = 4000 А. Определить магнитную проницаемость сердечника μ	
5	В стальном сердечнике, кривая намагничивания которого представлена на рис. варианта 10, магнитная индукция B=I,2 Тл,$l_{ср}$=30 см. Какой воздушный зазор δ нужно сделать в сердечнике, чтобы индукция уменьшилась в 1,5 раза. Ток в катушке поддерживается постоянным.	
6	Катушка равномерно намотана на сердечник (см. рис. варианта 1) с размерами:R_1 =I0 см; R_2=I4 см. Магнитная проницаемость сердечника μ=1000; число витков обмотки W=1000; сила тока в обмотке I=0,2 А. Определить значение магнитного потока в сердечнике.	
7	 Магнитопровод (рис .а) с одинаковым сечением всех ветвей S=1 $см^2$ имеет размеры: l_1=l_2=I25,2см; l_3=62,5 см; μ_1=200; μ_2=100; μ_3=100.Такой	

	магнитопровод можно заменить эквивалентной схемой (рис б), эквивалентное магнитное сопротивление $R_м$.
8	Катушка, намотанная на тороидальный сердечник круглого сечения, имеет =200 витков. Размеры сердечника (см. рис. варианта 2): R_1=10 см; R_2=20 см; μ=800. Определить максимальное значение магнитной индукции внутри сердечника, ток в катушке I = I А.
9	Определить индуктивность l катушки, если магния проницаемость сердечника μ= $I0^{-3}$ Гн/м. Число витков W= 100. Размеры сердечника указаны на рис. варианта 3 в сантиметрах.
10	Намагничивающая сила катушки f=1860 А; длина средней линии кольца $l_{ср}$=69 ,9 см; сечение S=10 $см^2$; зазор δ =0,1 см. Пользуясь характеристикой стали B=f(H), вычислить, магнитный поток в кольце. 
11	На участке *абвг* стальной сердечник имеет сечение S_1=12 $см^2$, длина средней линии на этом участке l=22 см. На участке *аг* сечение сердечника S_2=6 $см^2$. Намагничивающая сила обмоток F=450 А; магнитный поток Ф=6*10^{-4} Вб. Кривая намагничивания представлена на рис. Варианта 10. Определить длину учаска *аг*, если величина воздушного зазора δ=0,1 мм. 
12	Найти , $R_м$ воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,5 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора S=1,5 $см^2$. Магнитное напряжение на воздушном зазоре 1920 А.
13	Длина стальной части сердечника $l_{ср}$=I38 см; воздушный зазор δ=0,1 мм. Кривая намагничивания материала сердечника представлена на рис. варианта 10. Определить намагничивающую силу F обмотки, которая создала бы в воздушном зазоре индукцию B=I Тл. 

14	В стальном сердечнике, кривая намагничивания которого представлена на рис. варианта10, магнитная индукция B=I Тл,$l_{ср}$=20 см. Какой воздушный зазор δ нужно сделать в сердечнике, чтобы индукция уменьшилась в два раза. Ток в катушке поддерживается постоянным.	
15	На стальное кольцо, средняя длина которого , $l_{ср}$=120 см, намотаны две обмотки: W_4= 100 витков и W_2=500 витков. Известен ток второй обмотки I_2=2 А и кривая намагничивания сердечника (см. рис. варианта 10). Определить ток первой обмотки, который обеспечил бы в сердечнике индукцию B=1,2 Тл	
16	Определить МДС и ток обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить $B_δ$=1,4 Тл. Число витков обмотки W=1000, кривая намагничивания стали приведена на рис. варианта 10.	
17	для магнитопровода, изображенного на рис. варианта 5, задано: l_1=15 см; l_2=5 см; δ=2 мм; l_3=l_5=6 см, l_4=17 см ; l_6=32 см; H_1=H_2=H_3=H_4=H_5=H_6=8 А/см; W=100 витков. Определить ток.	
18	Пользуясь характеристикой стали B=f(H), изображенной на рис. варианта 10, вычислить магнитный поток в кольце, если намагничивающая сила катушки F=2000 А; длина средней линии кольца 75 см; S=I0 см; зазор δ=0,1 см.	
19	Определить индуктивность L катушки, если абсолютная магнитная проницаемость сердечника μ = 3*10 Гн/м. Число витков W=200. Размеры сердечника указаны на рис. варианта 3 в сантиметрах.	
20	Катушка намотана на ферромагнитный сердечник (рис. варианта 1). размеры сердечника: R_1=10 см; R_2=16 см; h=16 см. Значение магнитного потока Φ=0,040 Вб, магнитная проницаемость μ=2080. Определить число витков катушки при токе I=2 А.	
21	Длина стальной части сердечника, представленного на рис. варианта 10 $l_{ср}$=69,9 см, воздушный зазор δ=0,I мм. Кривая намагничивания материала сердечника представлена на рис. варианта 10. Определить намагничивающию силу F обмотки, которая создала бы в воздушном зазоре индукцию B=3 Тл.	

22	Определить число витков обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить B_δ= 2 ,б Тл. Ток, протекающий по обмотке, I=10 А. Кривая намагничивания стали приведена на рис. варианта 10.	
23	Найти $R_м$, воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,2 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора S_δ=1,5 см^2. Магнитное напряжение на воздушном зазоре 2400 А.	
24	Определить значение магнитного потока сердечнике, изображенном на рис. варианта 1. Размеры сердечника R_1=12 см; R_2=18 см; h=10 см. По обмотке с числом витков W=3000 протекает ток I=2 А. Магнитная проницаемость μ=1000.	

2.2. Разветвленная цепь синусоидального тока.



l_1` = 0,24 м	S_1 = 9 см^2	U_{Mab}- ?
l_2 = 0,138 м	S_2 = 7,5 см^2	Ф = ∫(U_{ab})
l_3`` = 0,14 м	S_3`` = 7,5 см^2	$Ф_1$, $Ф_2$, $Ф_3$ - ?
l_3` = 0,1 м	S_3` = 9 см^2	

Рис. 7.9.

Таблица 7.4

Варианты	I_1w_1, А	I_2w_2, А	I_3w_3, А	δ_1, мм	δ_2, мм	δ_3, мм
1	300	800	0	0	0,05	0,22
2	0	300	550	0,05	0,11	0
3	600	0	300	0,22	0	0,11
4	800	400	0	0	0,22	0,11
5	0	500	600	0,11	0	0,05
6	600	0	0	0	0,05	0,11
7	300	500	0	0,22	0	0,05
8	0	300	800	0,11	0,22	0

9	800	0	600	0,05	0	0,22
10	600	300	0	0,22	0,11	0
11	0	300	600	0	0,22	0,11
12	400	0	800	0,11	0	0,22
13	500	300	0	0,22	0,05	0
14	0	800	300	0	0,11	0,22
15	800	0	300	0,11	0,05	0
16	400	600	0	0,05	0	0,11
17	0	600	400	0	0,22	0,05
18	800	0	300	0,22	0,11	0
19	500	800	0	0,15	0	0,11
20	0	500	400	0	0,15	0,11
21	550	0	600	0,22	0,15	0
22	500	600	0	0,05	0	0,15
23	0	600	300	0	0,11	0,15
24	300	0	600	0,15	0,05	0

Задача 8. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Условие задачи.

Паспортные данные трансформатора берут из табл. 8.1, где:

m - число фаз, *m=3;*

ВН/НН-*N* - схема и группа соединения обмоток;

$S_Н$ - номинальная полная мощность;

$U_{лн}^{вн}$ - номинальное (линейное) напряжение обмотки ВН;

$U_{лн}^{нн}$ - номинальное (линейное) напряжение обмотки НН;

$P_{он}$ - потери холостого хода (мощность холостого хода при номинальном напряжении);

$P_{кн}$ - потери короткого замыкания (мощность короткого замыкания при напряжении короткого замыкания);

$u_к$ - напряжение короткого замыкания, *%*, где $u_к = [U_{кн}/U_н]\cdot 100\%$;

i_0 - ток холостого хода, %, где $i_0 = [I_{0н}/I_{1н}]\cdot 100\%$.

При всех расчетах первичной считать обмотку ВН.

Последовательность решения.

По известным паспортным данным сделать следующие расчеты и построения:

1. Начертить схему соединения обмоток трансформатора заданной группы и построить векторную диаграмму напряжений для доказательства, что начерченная схема соответствует заданной группе.

2. На схеме соединения обмоток трансформатора показать линейные и фазные напряжения и токи,

3. Определить номинальные фазные значения напряжений и токов ВН и НН: $U_{1н}$, $U_{2н}$, $I_{1н}$, $I_{2н}$.

4. Рассчитать коэффициент трансформации - *K.*

5. Определить параметры Т-образной электрической схемы замещения трансформатора: R_m, X_m, R_1, R'_2, X_1, X'_2 (при расчете полагать $R_1 = R_2$ и $X_1 = X'_2$). Начертить Т-образную схему замещения с указанием всех параметров и величин.

6. Рассчитать параметры короткого замыкания R_K, X_K, Z_K, $u_{ка}$ (%), $u_{кр}$(%).

7. Составить упрощенную электрическую схему замещения трансформатора и определить фазные значения тока I_2 и напряжения U_2 при включении во вторичную цепь обмотки нагрузки Z_H (см. табл. 8.1). При расчете определить в комплексной форме приведенные значения тока I'_2 и напряжения U_2' а затем их действующие значения I_2, U_2 .

Таблица 8.1

Исходные данные для задачи 8

Номер вари-анта	ВН/НН-N	$S_к$, кВА	$U_{ЛН}^{ВН}$, кВ	$U_{ЛН}^{НН}$, кВ	$P_{0Н}$, Вт	$P_{КН}$, Вт	$U_К$, %	I_0, %	$Z_Н$, Ом
1	Y/Δ - 11	160	35	0,4	700	2650	6,5	2,4	3+ j3
2	Y/Y_N - 0	160	35	0,69	700	2650	6,5	2,4	3+ j2,25
3	Y/Δ -11	250	35	0,4	1000	3700	6,5	2,3	3+ j2,25
4	Y/Y_N - 0	250	35	0,69	1000	3700	6,5	2,3	1,6+ j1,2
5	Y/Δ -11	400	6	0,4	2180	3700	3,5	2,1	1,2+ j0,9
6	Y/Y_N - 0	400	6	0,69	2180	3700	3,5	2,1	1,1+ j1,0
7	Y/Δ -11	630	6	0,4	1560	8500	5,5	2,0	0,8+ j0,6
8	Y/Y_N - 0	630	6	0,69	1560	8500	5,5	2,0	0,7+ j0,7
9	Y/Δ -11	320	6	0,4	1675	2630	2,5	2,2	1,6+ j1,2
10	Y/Y_N - 0	320	6	0,69	1675	2630	2,5	2,2	1,4+ j1,4
11	Y/Y_N - 0	630	35	0,69	1900	7600	6,5	2,0	0,7+ j0,7
12	Y/Δ -11	630	35	0,4	1900	7600	6,5	2,0	0,6+ j0,8
13	Y/Y_N - 0	400	35	0,69	1350	5500	6,5	2,1	1,0+ j1,0
14	Y/Δ -11	400	35	0,4	1350	5500	6,5	2,1	0,6+ j0,8
15	Y/Y_N - 0	250	6	0,23	660	3700	4,5	4	0,2+j0,15
16	Δ/Y_N - 11	250	10	0,69	660	4200	4,7	4	2+ j1,5
17	Y/Δ -11	400	10	0,23	920	5500	4,5	3,5	0,4+ j0,3
18	Δ/Y_N - 11	400	6	0,69	920	5900	4,5	3,5	1,2+ j0,9
19	Y/Y_N - 0	630	10	0,4	1310	7600	5,5	3	0,4+ j0,3
20	Δ/Y_N - 11	630	6	0,69	1310	8500	5,5	3	0,8+ j0,6
21	Y/Δ - 11	200	6	0,4	875	2535	2,8	2,5	2,4+ j1,8
22	Y/Y_N - 0	200	6	0,69	875	2535	2,8	2,5	2,4+ j1,8
23	Y/Y_N - 0	250	6	0,4	740	3350	3,4	2,3	2+ j1,5
24	Y/Y_N - 0	250	6	0,69	740	3350	3,4	2,3	2+ j1,5

8. Определить значение коэффициента нагрузки при включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$ и оптимальное значения коэффициента нагрузки трансформатора $\beta_{опт}$.

9. Рассчитать изменение вторичного напряжения при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$;

б) оптимальном коэффициенте нагрузки $\beta_{опт}$ и cos□$_{2=}$ 0,95 (созф2 устанавливает предприятию энергоснабжающая организация).

10. Определить КПД трансформатора при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$;

б) оптимальном коэффициенте нагрузки fW и coscp2 = 0,95. Сравнить полученные в пунктах *а* и *б* значения к. п. д. и сделать вывод.

Методические рекомендации.

При расчете многофазных симметричных электрических цепей переменного тока расчеты выполняют, как правило, на одну фазу, т. е. используя фазные значения напряжений и токов, а все энергетические параметры: мощности на входе и выходе, потери и т. п. обычно рассчитывают на все фазы, паспортные данные по мощности указаны также на все фазы.

Например:

$S=m\cdot I_Ф\cdot U_Ф$; $P=m\cdot I_Ф\cdot U_Ф\cdot cos$□$_Ф$; $\Delta P=m\cdot R\cdot I^2{}_Ф$ и т. д., где m – число фаз.

К пункту 7. При переходе от Т-образной электрической схемы замещения приведенного трансформатора к упрощенной пренебрегают током холостого хода ($I_0 = 0$). В этом случае приведенный трансформатор заменяется эквивалентной электрической схемой замещения, представляющей собой комплекс полного сопротивления короткого замыкания

$Z_K = R_K + jX_K$.

К пункту 8. Оптимальным называется значение коэффициента нагрузки, соответствующее максимальному к. п. д. трансформатора при заданном коэффициенте мощности.

Задача 9. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Условие задачи.

Известны следующие технические данные асинхронного двигателя с фазным ротором, предназначенного для работы в сети с частотой f= 50 Гц (табл. 9.1):

- число фаз m = 3;
- . - схема соединения фаз обмотки статора Δ/Y;
- число полюсов 2р ;
- номинальная мощность (полезная) $P_{2н}$;
- номинальное линейное напряжение обмотки статора $U_{лн}(\Delta)/U_{лн}$ (Y)= 220/380 В (для всех вариантов задачи);
- номинальный к. п. д. $\eta_н$
- номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_н$;
- номинальная частота вращения $\eta_{2н}$;
- кратность номинального момента $K_м = M_{max}/M_{ном}$;
- активное сопротивление фазы обмотки статора R_1
- активное сопротивления фазы обмотки ротора R_2;
- схема соединения фаз обмотки ротора Y;
- линейная э. д. с. неподвижного ротора $E_{2л}$
- индуктивное сопротивление рассеяния фазы обмотки неподвижного ротора X_2.

Последовательность решения.

1. Определить следующие значения, соответствующие номинальному режиму:
- номинальные полную $S_Н$, активную $P_{1н}$ и реактивную $Q_{1н}$ мощности на зажимах обмотки статора асинхронного двигателя;
- номинальные фазные напряжение $U_{1н}$ и ток $I_{1н}$ статора;
- фазную э. д. с. неподвижного ротора E_2;
- номинальное скольжение $S_Н$;
- номинальный момент на валу $M_{2н}$,

2. Начертить электрические схемы замещения фазы обмотки вращающегося и неподвижного ротора и рассчитать:

а) для вращающегося ротора:
- частоту э. д. с. и тока ротора в номинальном режиме $f_{2н}$;
- номинальную фазную э. д. с. ротора $E_{2Sн}$ индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора в номинальном режиме $X_{2Sн}$;

Таблица 9.1

Исходные данные к задаче 9

Номер вари-анта	Тип двигателя	2р	$P_{2н}$, кВт	$\eta_н$, %	$\cos\varphi_н$	$n_{2н}$, об/мин	$K_М$	R_1, Ом	$E_{2Л}$, В	R_2, Ом	X_2, Ом
0	4АК16034УЗ	4	11,0	86,5	0,86	1438	3,2	0,373	305	0,321	0,576
1	4АК160М4УЗ	4	14,0	88,0	0,87	1448	3,5	0,255	300	0,207	0,385

2	4АК180М4У3	4	18,5	89,5	0,88	1457	4,0	0,135	294	0,125	0,232
3	4АК200М4У3	4	22,0	90,0	0,87	1467	4,0	0,124	338	0,107	0,309
4	4АК2004У3	4	30,0	90,0	0,87	1462	4,0	0,099	349	0,0964	0,281
5	4АК1606У3	6	7,7	88,5	0,77	951	3,5	0,664	300	0,518	0,906
6	4АКГ60М6У3	6	10,0	84,5	0,76	959	3,8	0,401	310	0,358	0,800
7	4АК180М6У3	6	13,0	86,0	0,86	957	4,0	0,267	324	0,317	0,608
8	4АК200М6У3	6	18,5	88,5	0,81	971	3,5	0,168	360	0,190	0,387
9	4АК2006У3	6	22,0	88,0	0,80	969	3,5	0,149	330	0,143	0,308
10	4АК225М6У3	6	30,0	90,0	0,85	976	2,5	0,106	141	0,015	0,046
11	4АК1608У3	8	5,5	80,0	0,70	706	2,5	0,887	301	0,861	1,605
12	4АК160М8У3	8	7,1	82,0	0,70	712	3,0	0,622	290	0,537	1,413
13	4АК180М8У3	8	11,0	85,5	0,72	718	3,5	0,333	267	0,253	0,684
14	4АК200М8У3	8	15,0	86,0	0,73	719	3,0	0,233	356	0,322	0,625
15	4АК2008У3	8	18,5	87,0	0,73	727	3,0	0,187	301	0,1405	0,366
16	4АНК1604У3	4	14,0	85,0	0,85	1425	3,0	0,358	328	0,349	0,572
17	4АНК160М4У3	4	17,0	87,5	0,87	1441	3,5	0,229	314	0,210	0,388

18	4АНК1804УЗ	4	22,0	87,0	0,86	1423	3,2	0,163	299	0,190	0,315
19	4АНК180М4УЗ	4	30,0	90,0	0,86	1450	3,2	0,097	291	0,088	0,164
20	4АНК1806УЗ	6	13,0	83,5	0,81	940	3,0	0,363	204	0,173	0,240
21	4АНК180М6УЗ	6	18,5	85,0	0,82	941	3,0	0,241	336	0,326	0,466
22	4АНК200М6УЗ	6	22,0	89,0	0,81	967	3,0	0,1505	379	0,201	0,514
23	4АНК1808УЗ	8	11,0	85,0	0,76	711	3,2	0,417	315	0,431	0,640
24	4АНК180М8УЗ	8	14,0	86,5	0,77	722	3,5	0,303	307	0,235	0,392
25	4АНК200М8УЗ	8	18,5	86,5	0,78	721	2,5	0,242	382	0,283	0,734
26	4АНК2008УЗ	8	22,0	86,0	0,79	713	2,5	0,1905	330	0,244	0,470

- номинальный фазный ток ротора $I_{2н}$;
- приведенный номинальный фазный ток $I'_{2н}$;, б) для неподвижного ротора:
- фазный ток ротора 1_2;
- приведенные значения R'_2, X'_2, E'_2, I'_2.

Сравнить вычисленные значения фазного тока $1_{2н}$ и 1_2 (или $I'_{2н}$ и I'_2).

3. Рассчитать энергетические параметры асинхронного двигателя, работающего в номинальном режиме:

- номинальные электромагнитную мощность $P_{эм.н}$ и электромагнитный момент $M_{эм.н}$; '
- номинальную полную механическую мощность $P_{мех.н}$,
- сумму потерь $\Sigma\Delta P$;
- построить энергетическую диаграмму преобразования активной энергии при работе двигателя в номинальном режиме.

4. Вычислить значение критического скольжения $S_{кр}$ при работе асинхронного двигателя с закороченным ротором (без добавочного сопротивления в цепи ротора); определить параметры короткого замыкания R_K и $X_к$ асинхронного двигателя.

5. Начертить электрическую схему пуска асинхронного двигателя с фазным ротором.

6. В одной системе координат построить следующие механические характеристики $n_2 = f(M_{ЭМ})$.

- естественную при соединении обмотки статора в треугольник и подключении к сети с линейным напряжением 220 В и закороченной обмоткой ротора;
- искусственную при том же соединении обмотки статора и включении в цепь ротора пускового реостата R_a сопротивление которого необходимо выбрать таким образом, чтобы

начальный пусковой момент был равен максимальному ($M_П=M_{max}$). Рассчитать значение этого сопротивления.

Методические рекомендации.

К пункту 2. В связи с тем, что в асинхронном двигателе с фазным ротором число фаз обмотки статора всегда равно числу фаз обмотки ротора ($m_1 = m_2$), коэффициент приведения э. д. с. равен коэффициенту приведения токов ($K_E = K_I$). Коэффициент приведения э. д. с. можно определить из паспортных данных

$$K_E = K_{об1}\, W_1/K_{об2}\, W_2 = U_{1н}/E_2. \quad (9.1)$$

К пункту 3. Добавочные потери в асинхронном двигателе могут быть определены по формуле

$$\Delta P_Д = 0{,}005 P_{1н}(I_1/I_2)^2. \quad (9.2)$$

К пункту 4. Значение критического скольжения можно рассчитать по упрощенной формуле Клосса

$$M_{эм}/M_{max} = 2/(S/S_{кр} + S_{кр}/S) = 1/K_M. \quad (9.3)$$

При решении квадратного уравнения необходимо выбрать корень, удовлетворяющий условию $S_{кр} > S_Н$.

Также значение критического скольжения можно рассчитать по формуле

$$S_{кр} = R'_2/\sqrt{R_1^2 + X_к^2}. \quad (9.4)$$

Индуктивное сопротивление $X_к$ можно определить из

$$M_{max} = \frac{\left(\frac{m_1}{2\Omega_1}\right)\left(\frac{U_{1н}^2}{R_1+\sqrt{R_1^2+X_к^2}}\right)}{}, \quad (9.5)$$

где $\Omega_1 = \omega_1/p = 2\pi f_1/p$ - угловая скорость вращения магнитного поля в воздушном зазоре.

Задача 10. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Условие задачи.

Известны следующие технические данные двигателя постоянного тока параллельного возбуждения (табл. 10.1):

- номинальная полезная мощность *P^,*
- номинальное напряжение якоря и обмотки возбуждения £/н;
- номинальная частота вращения ин;
- номинальный к. п. д. %;
- сопротивление обмотки добавочных полюсов *Rin.;*
- сопротивление обмотки параллельного возбуждения *гв;*
- падение напряжения на щетках Д[/щ = 2 В при /„ *Ф* 0.

Исходные данные для задачи 10

Таблица 10.1

Номер вари-анта	$P_{2н}$, кВт	$U_Н$, В	$n_Н$, об/мин	$\eta_Н$, %	R_a, Ом	$R_{ДП}$, Ом	$r_В$, Ом	$R_Р$, Ом	$r_Р$, Ом
1	1,0	110	3000	71,5	0,6	0,35	365	5 R_a	$r_В$
2	0,9	110	2000	73,0	0,64	0,4	340	7 R_a	0,5 $r_В$
3	1,3	110	3150	76,0	0,36	0,36	340	9 R_a	$r_В$
4	0,55	220	3000	71,0	1,0	0,55	222	10 R_a	0,5 $r_В$
5	0,75	110	3000	78,5	0,64	0,4	720	4 R_a	$r_В$
6	1,2	220	2200	76,5	0,79	0,33	103	6 R_a	0,5 $r_В$
7	2,0	110	3000	78,5	0,2	0,14	265	8 R_a	$r_В$
8	1,1	220	1500	74,0	2,2	1,57	81	10 R_a	0,5 $r_В$
9	1,7	110	2200	77,0	0,29	0,24	295	5 R_a	$r_В$

10	2,2	220	3150	81,0	0,52	0,51	81	7 R_a	0,5 r_B
11	1,5	110	1590	70,0	0,42	0,36	181	9 R_a	r_B
12	2,5	220	2200	76,0	0,79	0,68	39,4	4 R_a	0,5 r_B
13	3,4	110	3350	79,5	0,46	0,05	96,3	6 R_a	r_B
14	5,3	220	3000	80,0	0,24	0,2	25,3	8 R_a	0,5 r_B
15	1,4	110	3000	78,5	0,2	0,13	403	10 R_a	r_B
16	1,6	110	790	68,0	0,47	0,31	134	5 R_a	0,5 r_B
17	7,0	110	2200	81,0	0,07	0,05	111	7 R_a	r_B
18	4,0	220	1500	79,0	0,56	0,34	35	9 R_a	0,5 r_B
19	10,5	440	3000	85,0	0,56	0,34	25,6	4 R_a	r_B
20	1,9	110	750	71,0	0,32	0,27	138	6 R_a	0,5 r_B
21	3,0	220	1000	75,5	0,88	0,64	37,5	8 R_a	r_B
22	5,5	110	1500	80,0	0,88	0,07	101	10 R_a	0,5 r_B
23	8,5	440	2240	84,5	0,67	0,45	25	5 R_a	r_B
24	3,7	220	2360	81,0	0,35	0,22	54,5	7 R_a	0,5 r_B

Последовательность решения.

1. Начертить электрическую схему двигателя постоянного тока параллельного возбуждения с включением добавочных регулировочных резисторов в цепь якоря R_P и в цепь обмотки возбуждения r_P.

2. Определить номинальную мощность на входе двигателя P_{1H}, номинальные токи якоря I_{AH} и возбуждения i_{BH} и номинальный момент на валу двигателя M_{2H}.

3. Рассчитать и построить в одной системе координат механические характеристики двигателя постоянного тока, включенного в сеть с номинальным напряжением U_H:

а) естественную ($R_P = 0$; $r_P = 0$);

б) искусственную при включении регулировочного реостата в цепь якоря ($R_P \neq 0$; $r_P = 0$);

в) искусственную при включении регулировочного реостата в цепь возбуждения ($R_P = 0$; $r_P \neq 0$).

4. Объяснить, что произойдет с работающим двигателем при обрыве в цепи возбуждения, если система автоматической защиты из-за неисправности не отключит вовремя двигатель от сети.

5. Рассчитать максимальные значения сопротивления пускового реостата R_{max}, включенного в цепь якоря, при реостатном способе пуска двигателя, если известно, что пусковой ток не должен превышать двойного номинального значения ($I_{AП} \leq 2I_{AH}$).

Методические рекомендации.

К пункту 2. В двигателе постоянного тока параллельного возбуждения номинальный ток $I_H = I_{AH} + i_{BH}$

К пункту 3. Для решения задачи необходимо рассчитать произведение конструктивной постоянной электрической машины на номинальный магнитный поток $c\Phi_H$, при U_n. Это значение можно определить из паспортных данных двигателя, используя выражения:

$$E_A = c\Phi_H \Omega_H$$

$$E_A = U_H - I_{AH}(R_a + R_{ДП}) - \Delta U_{Щ}$$

где E_A - э.д.с. якоря; Ω_H - угловая скорость двигателя постоянного тока; R_a - сопротивление обмотки якоря.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Ч, 1. Электрические цепи. М.: Высшая школа. 1996. 628 с.

2. Каплянский А. Е., Лысенко А. П., Полотовский Л. С. Теоретические основы электротехники / Под ред. А. Е. Каплянского. М.: Высшая школа, 1972. 447 с.

3. Нейман Л.Р., Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники. Т. 1: Ч. 1. Основные понятия и законы теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей. Ч. 2. Теория линейных электрических цепей. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. 533 с.

4. Нейман Л. Р., Демирчан К. С. Теоретические основы электротехники. Т. 2: Ч. 3. Теория нелинейных электрических и магнитных цепей. Ч. 4. Теория электромагнитного поля. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение. 1981.415 с.

5. Атабеков Г. И. Основы теории цепей: Учебник для вузов. М: Энергия, 1969. 424 с.

6. Атабеков Г. И. и др. Теоретические основы электротехники. Ч. 2. Нелинейные цепи. М.: Энергия, 1970. 232 с.

7. Нейман Л. Р., Демирчан К. С. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. В 2-х тт. Том 2. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. 416 с.

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу
Упоров С.А.

Т. И. Королюк

ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика в профессиональной деятельности»
для студентов специальности
15.02.16 Технология машиностроения

Екатеринбург
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ…….....3
ВВЕДЕНИЕ…….4
1. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ПОНЯТИЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ…….....5
2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ……6
3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ….....7
4. ПРЕДЕЛ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ……..…12
5. НЕПРЕРЫВНОСТЬ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ…….....14
6. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ……...15
6.1. Показательная функция e^z ……..…….……...15
6.2. Тригонометрические функции $\sin z$, $\cos z$ ……..……..…..16
6.3. Логарифмическая функция $Ln\ z$ ……..……..16
6.4. Общая степенная функция z^γ ……..……...17
7. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....19
7.1. Определение производной…….……..…19
7.2. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексной переменной (условия Коши-Римана)……..…….....19
7.3. Правила дифференцирования……..…….....22
7.4. Аналитические функции……..…….....22
7.5. Геометрический смысл производной функции комплексной переменной.....23
8. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ...…….....25
8.1. Интеграл от функции комплексной переменной……..25
8.2. Вычисление интеграла от функции комплексной переменной……..27
8.3. Основная теорема Коши…….……..……...29
8.4. Теорема Коши для многосвязной области…….....31
8.5. Вычисление интеграла от аналитической функции...…….....32
8.6. Особые точки – полюсы…….....34
8.7. Определение вычета…….....34
8.8. Формулы для вычисления вычетов……..…….....35
8.9. Теорема Коши о вычетах……..…….....36
9. ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСОБСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ……..…….....40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……43

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей. В пособии приведены теоретические сведения по теме « Функции комплексной переменной» в объеме курса лекций по этому разделу дисциплины «Математика в профессиональной деятельности». Теоретический материал сопровождается решением задач с подробными объяснениями, а также даны варианты заданий, которые могут быть использованы как для самостоятельной работы студентов в аудитории в присутствии преподавателя, так и в качестве домашних и аудиторных контрольных работ.

Целью работы является активация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению одного из разделов курса математики.

ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

1. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ПОНЯТИЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Число вида $z = x + iy$, где x и y – действительные числа, а i – так называемая мнимая единица $(i^2 = -1)$, называется комплексным числом. Действительные числа x и y называются соответственно действительной и мнимой частями комплексного числа z и обозначаются: $x = \mathrm{Re}\, z,\ y = Jmz,$ где Re – начальные буквы латинского слова *realis* – действительный, *Jm* – начальные буквы слова *imaginarius* – мнимый.

Два комплексных числа считаются равными, если равны одновременно их действительные и мнимые части.

Геометрически комплексное число $z = x + iy$ изображается либо точкой плоскости xOy с координатами (x, y), либо вектором, направленным из начала координат в эту точку. Если комплексное число z – действительное, т. е. $z = x$, то соответствующая ему точка лежит на оси Ox, поэтому ось абсцисс называется действительной осью. Чисто мнимые числа $z = iy$ изображаются точками оси Oy, поэтому ось ординат называется мнимой осью.

Если $z = x + iy$, то сопряженное с ним есть $\bar{z} = x - iy$.

Комплексная величина $z = x + iy$, где x и y – действительные переменные, называется комплексной переменной. Плоскость, на которой изображаются комплексные числа или комплексная переменная z, называется комплексной плоскостью C.

Введем понятие функции комплексной переменной.

Пусть дано некоторое множество D комплексных чисел. Если каждому значению переменной $z \in D$ ставится в соответствие вполне определенное значение переменной w, то переменная w называется функцией комплексной переменной z, в записи: $w = f(z)$. Если каждому значению $z \in D$ соответствует несколько значений w, то функция называется многозначной.

Множество D, состоящее из всех значений независимой переменной z, называется областью определения функции $w = f(z)$, а о функции говорят, что она определена или задана на множестве D. Геометрически область определе-

ния функции изображается некоторым множеством точек на комплексной плоскости z.

Примеры

1. Функция $w = z^2$ определена на всей плоскости z, функция однозначная.
2. Функция $w = \sqrt{z}$ определена на всей плоскости и двузначна.
3. Функция $w = \dfrac{1}{z-3}$ определена при всех значениях z, кроме $z = 3$, поэтому область ее определения есть вся комплексная плоскость z, из которой удалена точка $z = 3$. Функция однозначная.

2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть дана функция $w = f(z)$. Обозначим $z = x + iy$, $w = u + iv$. Тогда $w = f(z)$ перепишется в виде $u + iv = f(x + iy)$.

Отсюда видно, что действительная и мнимая части u, v переменной w являются функциями действительной и мнимой частей x, y переменной z:
$u = u(x, y)$, $v = v(x, y)$.

Итак, задание функции комплексной переменной $w = f(z)$ равносильно заданию двух действительных функций от двух действительных переменных.

Примеры

1. Для функции $w = z^2$, при $z = x + iy$, $w = u + iv$ имеем $w = u + iv = (x + iy)^2$ или $u + iv = x^2 - y^2 + i2xy$, откуда $u = x^2 - y^2$, $v = 2xy$.

2. $w = \dfrac{1}{z}$, $z \neq 0$.

$$z = x + iy,\ w = u + iv, \text{ тогда } u + iv = \frac{1}{x + iy}$$

или $u + iv = \dfrac{x - iy}{x^2 + y^2}$, откуда $u = \dfrac{x}{x^2 + y^2}$, $v = -\dfrac{y}{x^2 + y^2}$.

3. $w = Jmz$

$$u + iv = y, \text{ откуда } u = y, \quad v = 0.$$

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Геометрическую интерпретацию функции одной действительной переменной $y = f(x)$ можно получить с помощью ее графика в плоскости Oxy, строя для каждой пары соответствующих друг другу значений x и y точку с координатами (x, y).

В случае же комплексных переменных, поступая аналогично, нужно было бы строить точку для каждой пары соответствующих друг другу комплексных чисел $z = x + iy$ и $w = u + iv$. Такая точка (z, w) должна определяться четырьмя действительными координатами (x, y, u, v). В трехмерном пространстве построить такую точку нельзя. Поэтому поступим так.

Возьмем две плоскости: на одной – плоскости аргумента (плоскость Oxy, плоскость (z)) – будем изображать комплексные числа $z = x + iy$, $z \in D$, D – область определения функции $w = f(z)$, а на другой – плоскости функции (пл. 0, uv, плоскость (w)) – соответствующие им комплексные числа w (рис. 1). Получим, что задание функции $w = f(z)$ позволяет каждой точке $z \in D$ плоскости аргумента поставить в соответствие точку $w \in D_1$ плоскости функции,

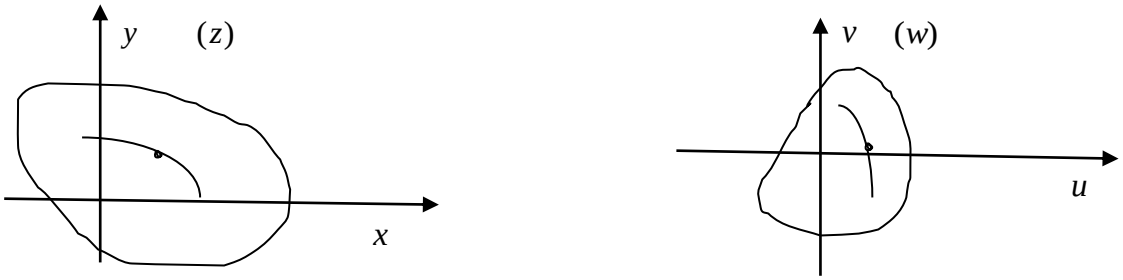


Рис. 1. Геометрическое изображение функции комплексной переменной

т. е. отображает множество D на множество D_1.

Иногда удобно плоскости Oxy и O_1uv совместить (ось O_1u с осью Ox, ось O_1v с осью Oy). Тогда значения незави симой переменной z и функции w изображаются точками одной и той же плоскости.

Пусть $w = f(z)$ – функция комплексной переменной. Если точка $z = x + iy$ описывает какую-либо кривую L в плоскости Oxy, все точки кривой принадлежат множеству D, то соответствующая точка $w = u + iv$ описывает в плоскости

O_1uv, как правило, тоже некоторую линию L_1 (рис. 1). Можно сказать, что при отображении $w = f(z)$ кривая L переходит в кривую L_1.

Но не всякая функция комплексной переменной отображает кривую в кривую, а область в область. Так функция $w = \operatorname{Re} z$ отображает всю плоскость z в действительную ось плоскости w.

Для «хороших» функций (например, аналитических, которые мы рассмотрим позже), как правило, образ кривой – кривая, образ области – область.

Поставим вопрос: как, зная кривую L, найти кривую L_1. Если кривая L задана уравнением в комплексной форме $z = g(t)$, то, заменив в равенстве $w = f(z)$ переменную z функцией $g(t)$, мы получим уравнение $w = f(g(t))$ кривой L_1 в комплексной форме. Однако чаще кривая L задается уравнением в прямоугольных координатах $\varphi(x, y) = 0$.

Для кривой L_1 обозначим текущие координаты через u и v, поскольку эта кривая описывается точкой $w = u + iv$. Уравнение кривой L_1 мы должны получить в форме $\Psi(u, v) = 0$. Возьмем на кривой L_1 некоторую точку $w = u + iv$. Она соответствует некоторой точке $z = x + iy$ кривой L. Так как z и w связаны соотношением $w = f(z)$, то $u = u(x, y)$, $v = v(x, y)$. Решая эту систему уравнений относительно x и y, получим $x = x(u, v)$, $y = y(u, v)$. Подставляя эти выражения для x и y в уравнение $\varphi(x, y) = 0$, получим уравнение $\varphi(x(u, v), y(u, v)) = 0$. Это уравнение и будет уравнением $\psi(u, v) = 0$ кривой L_1.

Если плоскости Oxy и O_1uv совмещены, то кривые L и L_1 расположены на одной плоскости. Линия L_1 называется образом линии L.

Иногда удобно выразить из уравнения $w = f(z)$ сначала z без w, а затем x и y через u и v.

Пример 1

Кривая L задана на плоскости Oxy уравнением $x^2 + y^2 = 4$. Найти ее образ при отображении $w = 2iz - 1$.

Решение

Положим $z = x + iy$, $w = u + iv$. Тогда равенство $w = 2iz - 1$ перепишется в виде $u + iv = 2i(x + iy) - 1$, откуда $u = -2y - 1$, $v = 2x$. Выражаем x и y через u и v: $x = \frac{v}{2}$, $y = -\frac{u+1}{2}$. Подставляем найденные выражения для x и y в уравнение

$x^2+y^2=4$ кривой $L:\ \left(\frac{v}{2}\right)^2+\frac{(u+1)^2}{4}=4$. После упрощения получаем уравнение кривой L_1 в виде $(u+1)^2+v^2=16$.

Итак, кривая L – окружность с центром в начале координат радиуса 2 – преобразуется с помощью заданной функции $w=2\,i\,z-1$ в кривую L_1 – окружность с центром $(-1;\,0)$ радиуса 4.

Пример 2

При отображении $w=\frac{1}{z}$ найти образ прямой линии $y=x+1$.

Решение

Из уравнения $w=\frac{1}{z}$ находим $z=\frac{1}{w}$. Подставим $z=x+iy$,

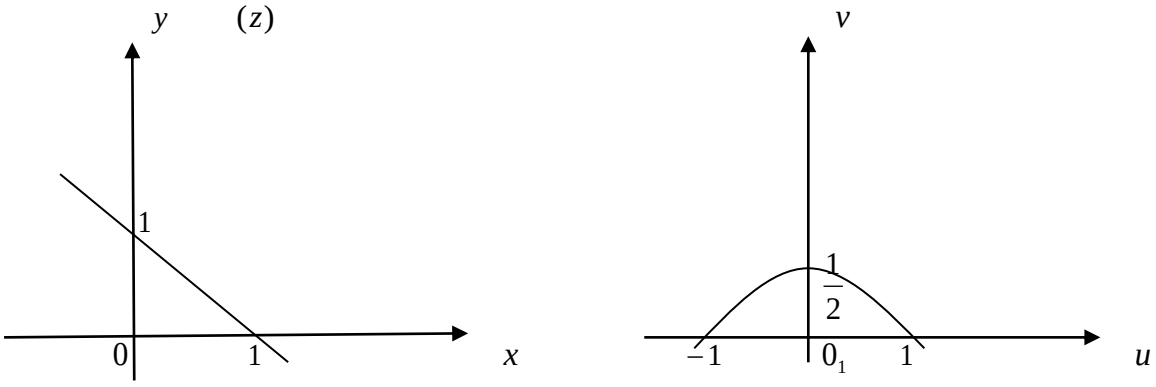
$w=u+iv:\ x+iy=\frac{1}{u+iv}$, $x+iy=\frac{u-iv}{u^2+v^2}$, откуда $x=\frac{u}{u^2+v^2}$, $y=-\frac{v}{u^2+v^2}$.

Найденные выражения для x и y подставим в уравнение линии $L\quad y=x+1$: $\quad -\frac{v}{u^2+v^2}=\frac{u}{u^2+v^2}+1$, после преобразования имеем $u^2+v^2+u+v=0$ или $\left(u+\frac{1}{2}\right)^2+\left(v+\frac{1}{2}\right)^2=\frac{1}{2}$. Это уравнение в плоскости O_1uv определяет линию L_1 - окружность с центром $\left(-\frac{1}{2};-\frac{1}{2}\right)$ радиуса $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

Пример 3

Пусть $w=z^2$. Найти образ прямой $x+y=1$.

Выделяя действительную и мнимую части функции $w=z^2$, получим $u=x^2-y^2,\ \ v=2xy$. Далее из трех уравнений $u=x^2-y^2,\ \ v=2xy,\ \ x+y=1$ исключаем x и y: $\quad u=(x-y)(x+y)\quad$ или $\quad u=(x-y)$, так как $x+y=1$, тогда $u^2+2v=x^2-2xy+y^2+4xy=(x+y)^2=1$. Получили уравнение образа $u^2+2v=1$ – это уравнение параболы в плоскости O_1uv, вершина которой – точка $\left(0;\,\frac{1}{2}\right)$.



Пример 4

Построить на комплексной плоскости множество точек z, удовлетворяющих условиям:

а) $|z-3+2i|=1$; б) $-1<\operatorname{Re} z<1$; в) $Jmz=-2$; г) $|z-1|+|z+1|<3$;

д) $1<|z+2i|<2$; е) $\frac{\pi}{4}<\arg z<\pi$; ж) $|z|<1$; $-\frac{\pi}{4}<\arg z<\frac{\pi}{4}$.

Решение

а) $|z-3+2i|=|z-(3-2i)|$ есть расстояние от точки z до точки $3-2i$.

Значит, уравнению *а*) удовлетворяют все точки z, лежащие на окружности радиуса 1 с центром $(3;-2)$.

б) Полагая $z=x+iy$, имеем $\operatorname{Re} z=\operatorname{Re}(x+iy)=x$.

Значит, условие *б*) можно записать так: $-1<x<1$. Очевидно, этому условию удовлетворяют точки z, лежащие в полосе между прямыми $x=-1$ и $x=1$, параллельными оси Oy.

в) Полагая $z=x+iy$, имеем $Jmz=Jm(x+iy)=y$.

Значит, условие *в*) можно записать так: $y=-2$. Этому условию удовлетворяют точки прямой $y=-2$, параллельной оси Oy.

г) Равенство $|z-1|+|z+1|<3$ выражает, что сумма расстояний от точки z до точек $+1$ и -1 равна 3. Множество таких точек есть эллипс с фокусами в точках $+1$ и -1 $(c=1)$ и с большой осью $2a=3$. Значит, неравенству *г*) удовлетворяют точки, лежащие внутри этого эллипса с полуосями $a=\frac{3}{2}$, $b=\frac{\sqrt{5}}{2}$.

д) Неравенству *д*) удовлетворяют все точки кольца, ограниченного концентрическими окружностями радиусов 1 и 2 с центром в точке $(0, -2)$.

е) Неравенство *е*) определяет множество точек z, лежащих внутри угла, вершина которого находится в начале координат, а сторонами являются лучи, наклоненные к положительному направлению оси Ox под углами $\frac{\pi}{4}$ и π.

ж) Система неравенств *ж*) определяет сектор, ограниченный окружностью с центром в начале координат радиуса 1 и радиусами, образующими с осью Ox углы $-\frac{\pi}{4}$ и $\frac{\pi}{4}$.

Для проверки усвоения пройденного материала на практических занятиях студентам можно предложить выполнить самостоятельные работы.

Самостоятельная работа № 1

Вариант 1

1) Найти модули и аргументы комплексных чисел:

$$z_1 = -2; \quad z_2 = 1 - i; \quad z_3 = -1 - \sqrt{3}\, i; \quad z_4 = 5.$$

2) Построить на комплексной плоскости (z) кривые, заданные уравнениями:

а) $|z| = 3$; б) $|z + 1 - 2i| = 2$; в) $Jmz = 4$; г) $\arg z = \frac{\pi}{6}$.

Вариант 2

1) Найти модули и аргументы комплексных чисел:

$z_1 = -2i$; $z_2 = -\sqrt{3} + i$; $z_3 = -2 - 2i$; $z_4 = -4$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) кривые, заданные уравнениями:

а) $|z - 3 + 2i| = 1$; б) $|z| = 2$; в) $\operatorname{Re} z = 4$; г) $\arg z = \frac{2\pi}{3}$.

Самостоятельная работа № 2

Вариант 1

1) Найти образ линии $x^2 + y^2 = 1$ при отображении $w = \frac{1}{z}$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) множества точек z, удовлетворяющих неравенствам:

а) $2 < |z + 2i| < 4$; б) $\mathrm{Re}\, z < -1$; в) $\frac{\pi}{2} < \arg z < \frac{3\pi}{4}$; г) $|z + 1| < 1$ и $Jmz < 0$.

Вариант 2

1) Найти образ линии $y = x^2$ при отображении $w = i\,z + 1$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) множества точек z, удовлетворяющих неравенствам:

а) $-1 < Jmz < 2$; б) $|z + 3 + i| > 1$; в) $\arg z > \frac{\pi}{3}$; г) $|z + 1| < 1$ и $\mathrm{Re}\, z < -1$.

4. ПРЕДЕЛ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть $w = f(z)$ – однозначная функция, определенная для любого $z \in D$ за исключением, может быть, точки z_0.

Говорят, что функция $f(z)$ стремится к пределу $A (A \neq \infty)$, когда $z \to z_0$ (конечному), и пишут $\lim_{z \to z_0} f(z) = A$, если для любого сколь угодно малого положительного числа ξ можно найти положительное число $\delta = \delta(\xi)$ такое, что для всех z, отличных от z_0 и удовлетворяющих неравенству $|z - z_0| < \delta$, выполняется неравенство $|f(z) - A| < \xi$. Геометрически это означает, что как только z попадет в δ – окрестность точки z_0, то $w = f(z)$ попадет в ξ- окрестность точки A.

Полагая $A = B + iC$, $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$, $z_0 = x_0 + i\,y_0$, докажем теорему, устанавливающую связь между пределом функции и пределами ее действительной и мнимой частей.

Теорема

Если существует $\lim_{z\to z_0} f(z) = A = B + iC$, то существуют

$\lim_{\substack{x\to x_0 \\ y\to y_0}} u(x, y) = B$ и $\lim_{\substack{x\to x_0 \\ y\to y_0}} v(x, y) = C$.

Доказательство

$$f(z) - A = u(x, y) - B + i(v(x, y) - C).$$

Тогда $|f(z) - A| = \sqrt{(u(x, y) - B)^2 + (v(x, y) - C)^2} < \xi$

при $|z - z_0| = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} < \delta$ по определению предела.

Отсюда следует, что $|u(x, y) - B| < \xi$ и $|v(x, y) - C| < \xi$

при $|x - x_0| < \delta$ и $|y - y_0| < \delta$.

А это означает, что $\lim_{\substack{x\to x_0 \\ y\to y_0}} u(x, y) = B$ и $\lim_{\substack{x\to x_0 \\ y\to y_0}} v(x, y) = C$.

Справедливо и обратное утверждение.

Из доказанной теоремы следует: если $f(z) \to A$, то $|f(z)| \to |A|$, $\arg f(z) \to \arg A$ при условии $A \neq 0, \infty$.

Действительно,

$$|f(z)| = \sqrt{u^2 + v^2} \to \sqrt{B^2 + C^2} = |A|;\ \arg f(z) = arc\,tg\frac{v}{u} \to arc\,tg\frac{C}{B} = \arg A.$$

Поэтому основные теоремы о пределах функций действительных переменных распространяются без изменения на пределы функций комплексной переменной.

Например, если функции $f(z)$ и $g(z)$ определены в некоторой области D и для них $\lim_{z\to z_0} f(z) = A_1$; $\lim_{z\to z_0} q(z) = A_2$, то $\lim_{z\to z_0} (f(z) \pm q(z)) = A_1 \pm A_2$; $\lim_{z\to z_0} f(z)\,q(z) = A_1 A_2$; $\lim_{z\to z_0} \frac{f(z)}{q(z)} = \frac{A_1}{A_2}$, если $A_2 \neq 0$.

Говорят, что $\lim_{z\to z_0} f(z) = A$, $A \neq \infty$, если для любого $\xi > 0$ существует $N(\xi)$ такое, что при $|z| > N(\xi)$ выполняется неравенство $|f(z) - A| < \xi$.

Говорят, что $\lim_{z \to z_0} f(z) = \infty$, если для любого $N > 0$ можно указать такую окрестность точки z_0, что если $z \in D$ и $z \neq z_0$ принадлежит этой окрестности, то $|f(z)| > N$.

Часто применяется понятие о пределе функции по кривой. Говорят, что $f(z) \to A$ при $z \to z_0$ по кривой L, если выполнение условия $|f(z) - A| < \xi$ при $|z - z_0| < \delta$ рассматривается только для точек z, лежащих на кривой L.

Очевидно, если $f(z) \to A$ при $z \to z_0$, то $f(z) \to A$ и по любой кривой. Если же по двум кривым функция имеет разные пределы или по какой-нибудь кривой предела вовсе нет, то $\lim_{z \to z_0} f(z)$ не существует.

5. НЕПРЕРЫВНОСТЬ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть функция $w = f(z)$ определена в точке z_0 и в некоторой ее окрестности.

Функция $f(z)$ называется непрерывной в точке z_0, если $\lim_{z \to z_0} f(z) = f(z_0)$.

Как и в анализе функций действительных переменных, назовем $z - z_0 = \Delta z$ приращением аргумента, а $f(z) - f(z_0) = \Delta w$ – приращением функции. Тогда функция $f(z)$ будет непрерывной в точке z_0, если $\lim_{\Delta z \to 0} \Delta w = 0$. Условие непрерывности функции $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ в точке $z_0 = x_0 + iy_0$ эквивалентно двум следующим: $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} u(x, y) = u(x_0, y_0)$ и $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} v(x, y) = v(x_0, y_0)$, выражающим непрерывность двух действительных функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ в той же точке (x_0, y_0). Справедливо и обратное утверждение. Отсюда следует, что теоремы о непрерывности суммы, произведения и частного непрерывных функций действительных переменных будут справедливы и для непрерывных функций комплексной переменной.

Если функция $f(z)$ непрерывна в каждой точке множества D, то она называется непрерывной на этом множестве.

Точками разрыва функции $f(z)$ называются точки, в которых нарушается непрерывность функции.

Функция $w = \dfrac{z}{z-i}$ непрерывна на всей комплексной плоскости, кроме точки $z = i$, а функция $w = \dfrac{2z+1}{|z-2|-3}$ непрерывна на всей комплексной плоскости, кроме точек окружности $|z-2| = 3$.

6. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

6.1. Показательная функция e^z

Показательная функция e^z, где $z = x + iy$, определяется так:

$$e^z = e^{x+iy} = e^x (\cos y + i \sin y).$$

Функция $e^z \neq 0$ на всей комплексной плоскости. Для e^z сохраняются правила действий с показателями:

$$(e^z)^m = e^{nz}; \quad e^{z_1+z_2} = e^{z_1} e^{z_2}.$$

Показательная функция e^z имеет основной период $2\pi i$, т. е. любой другой ее период равен $2\pi k i$, где k – целое число.

Действительно, $e^{z+2\pi i} = e^z e^{2\pi i} = e^z(\cos 2\pi + i \sin 2\pi) = e^z$.

Пример

Вычислить значение $e^{-1+\frac{\pi}{4}i}$, записать его модуль, действительную и мнимую части.

Решение

$$e^{-1+\frac{\pi}{4}i} = e^{-1}\left(\cos\frac{\pi}{4} + i \sin\frac{\pi}{4}\right) = \frac{1}{e}\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + i\,\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e}(1+i), \quad \operatorname{Re}\left(e^{-1+\frac{\pi}{4}i}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e};$$

$$Jm\left(e^{-1+\frac{\pi}{4}i}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e}, \quad \left|e^{-1}e^{\frac{\pi}{4}i}\right| e^{-1} = \frac{1}{e}.$$

6.2. Тригогометрические функции $\sin z,\ \cos z$

Тригонометрические функции $z = \sin z,\ \ z = \cos z$ определяются так:

$$\sin z = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i},\quad \cos z = \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2},\quad z \in C.$$

$\sin z$ и $\cos z$ сохраняют многие свойства тригонометрических функций действительной переменной.

Например, $\sin^2 z + \cos^2 z = 1,\ \ \sin(z_1 + z_2) = \sin z_1 \cos z_2 + \sin z_2 \cos z_1,$
$\cos(z_1 + z_2) = \cos z_1 \cos z_2 - \sin z_1 \sin z_2.$

Так как показательная функция e^z имеет основной период $2\pi i$, то показательная функция e^{iz} имеет основной период 2π, тогда $\sin z$ и $\cos z$ тоже имеют основной период 2π.

Пример

Вычислить $\cos(2 + 3i)$.

Решение

$\cos z = \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}$. Подставляя $z = 2 + 3i,$ получим

$$\cos(2 + 3i) = \frac{e^{i(2+3i)} + e^{-i(2+3i)}}{2} = \frac{e^{2i-3} + e^{2i+3}}{2} = \frac{1}{2}(e^{-3}(\cos 2 + i \sin 2) + e^{3}(\cos 2 - i \sin 2)) =$$
$$= \frac{1}{2}(e^{3} + e^{-3}) \cos 2 - i \frac{1}{2}(e^{3} - e^{-3}) \sin 2 = ch\,3 \cdot \cos 2 - i\, sh3 \cdot \sin 2.$$

6.3. Логарифмическая функция $Ln\ z$

Если $e^w = z$, где $z \neq 0,\ \ z \neq \infty$, то число w называется логарифмом комплексного числа z (по основанию e) и обозначается $w = Ln\ z$.

Чтобы получить формулу для вычисления логарифма комплексного числа в равенстве $e^w = z$, положим $w = u + iv$, а $z = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$, тогда $e^{u+iv} = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$ или $e^u = r(\cos v + i \sin v) = r(\cos v + i \sin v) = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$. По определению, два комплексных числа равны тогда и только тогда, когда равны их модули, а аргументы отличаются на число, кратное 2π. Следовательно, $e^u = r$, а $v = \varphi + 2\pi k$, где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, откуда $u = \ln r = \ln|z|$.

Итак,

$$Ln\ z = w = u + iv = \ln r + i(\varphi + 2\pi k).$$

Окончательно

$$Ln\ z = \ln \left| z \right| + i \arg z + 2\pi ki, \qquad k = 0, \pm 1, \pm 2,...$$

Значение логарифма при $k = 0$ называется главным, его обозначают $\ln z$, оно равно $\ln z = \ln \left| z \right| + i \arg z.$

Из изложенного следует, что логарифмы можно находить не только для положительных чисел, но и для произвольных комплексных чисел. При этом обнаружилось, что логарифмическая функция не однозначная, а многозначная, то есть каждое комплексное число имеет бесконечное множество логарифмов. В частности, имеют логарифмы и отрицательные числа, но при этом все значения логарифма комплексные.

Если $z = x-$ действительное положительное число, то $\left| z \right| = x$, а $\arg z = 0$. Поэтому главное значение логарифма действительного положительного числа совпадает со значением $\ln z$, приводимым обычно в таблицах натуральных логарифмов. Но, кроме этих действительных значений, логарифмы положительных чисел имеют еще и бесконечное множество комплексных значений.

Все значения логарифма комплексного числа имеют одну и ту же действительную часть $\ln \left| z \right|$, поэтому геометрически значения логарифма изображаются на плоскости (w) точками вертикальной прямой $u = \ln \left| z \right|$.

Пример

Найти $Ln(-1+i)$ и $\ln(-1+i)$.

Решение

$\left|-1+i\right| = \sqrt{2}$, $\arg(-1+i) = \dfrac{3\pi}{4}$.

Поэтому $Ln(-1+i) = \ln\sqrt{2} + i\dfrac{3\pi}{4} + 2\pi ki, k = 0,\pm1,\pm2,...;\ \ln(-1+i) = \ln\sqrt{2} + \dfrac{3\pi}{4}i$.

6.4. Общая степенная функция z^γ

Если $w = z^\gamma$, где z – произвольное, отличное от 0 и ∞ комплексное число, а γ – любое комплексное число, то полагают по определению

$$w = z^\gamma = e^{\gamma Lnz}.$$

Пусть $z = re^{i\varphi}, \gamma = a + bi$ тогда

$$w = z^\gamma = e^{\gamma Lnz} = e^{(a+bi)(\ln r + i\varphi + 2\pi ki)} = e^{a\ln r - b\varphi - 2\pi kb} \cdot e^{i(b\ln r + a\varphi + 2\pi ka)},\ k = 0, \pm 1, \pm 2,...$$

Так как логарифм комплексного числа имеет бесконечное множество значений, то и выражение z^γ имеет бесконечное множество значений, но в частных случаях они могут все совпадать (если γ – целое число) или среди них может быть только конечное число различных значений (если γ – дробное число).

Пример

Вычислить: а) 2^{3+5i}; б) i^i.

Решение

а)

$$2^{3+5i} = e^{(3+5i)Ln2} = e^{(3+5i)(\ln 2+2\pi ki)} = e^{(3\ln 2-10\pi k)+i(5\ln 2+6\pi k)}$$

$$= e^{3\ln 2-10\pi k} \cdot e^{i5\ln 2} = = e^{3\ln 2-10\pi k}(\cos(5\ln 2) + i\sin(5\ln 2)); k = 0,\pm 1,\pm 2,...$$

б) $i^i = e^{iLni} = e^{i(\ln 1+i\frac{\pi}{2}+2\pi ki)} = e^{-(\frac{\pi}{2}+2\pi k)}, k = 0,\pm 1,\pm 2,...$

Видно, что все полученные значения i^i – действительные числа.

Например, при $k = 0$ имеем $i^i = e^{-\frac{\pi}{2}} \approx 0{,}2079$.

Самостоятельная работа № 3

Вариант 1

1) Выделить действительную и мнимую части функции $w = ie^{\pi - i}$.
2) Вычислить:

а) $\sin(4-i)$; б) $Ln(-\sqrt{3}-i)$; в) $(1-i)^{2+i}$.

Вариант 2

1) Выделить действительную и мнимую части функции $w = \sin z$.
2) Вычислить:

а) $\cos(2+5i)$; б) $\ln(-\sqrt{3}-i)$; в) $(1+i)^{3-i}$.

7. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

7.1. Определение производной

Пусть $w = f(z)$ есть однозначная функция, определенная в области D плоскости комплексной переменной (z).

1. $z \in D, z + \Delta z \in D, w = f(z), w + \Delta w = f(z + \Delta z).$

2. $\Delta w = f(z + \Delta z) - f(z)$ есть приращение функции $f(z)$ при переходе от точки z к точке $z + \Delta z$.

3. $\frac{\Delta w}{\Delta z} = \frac{f(z + \Delta z) - f(z)}{\Delta z}$.

4. Если существует конечный предел отношения $\frac{\Delta w}{\Delta z}$ при произвольном стремлении $\Delta z \to 0$, то этот предел называется *производной функции* $f(z)$ в точке z и обозначается $w' = f'(z) = \lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$, а функция $f(z)$ называется *дифференцируемой в точке* z.

Из дифференцируемости $f(z)$ в точке z следует ее непрерывность в этой точке: $\frac{\Delta w}{\Delta z} = f'(z) + \alpha$, где $\alpha \to 0$ при $\Delta z \to 0$.

Тогда $\Delta w = f'(z)\Delta z + \alpha \Delta z$, откуда $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \Delta w = 0$, что означает непрерывность $f(z)$ в точке z.

Из непрерывности $f(z)$ в точке z дифференцируемость $f(z)$ не следует.

Если функция $f(z)$ имеет производную в каждой точке области D, то она называется *дифференцируемой в этой области.*

7.2. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексной переменной (условия Коши-Римана)

Пусть $w = f(z)$ – однозначная функция, определенная в области D плоскости комплексной переменной (z). Точки $z = x + iy$ и $z + \Delta z = (x + \Delta x) + i(y + \Delta y)$ принадлежат области D.

Тогда

$$\Delta z = \Delta x + i\Delta y; \Delta w = f(z + \Delta z) - f(z) =$$

$$= (u(x + \Delta x, y + \Delta y) + iv(x + \Delta x, y + \Delta y)) - (u(x, y) + iv(x, y)) = \Delta u + i\Delta v,$$

где $\Delta u = u(x+\Delta x, y+\Delta y) - u(x,y)$ и $\Delta v = v(x+\Delta x, y+\Delta y) - v(x,y)$ есть полные приращения функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$.

Теорема

Для того, чтобы однозначная функция $w = f(z) = u(x,y) + iv(x,y)$ была дифференцируема в точке $z = x + iy$, необходимо и достаточно, чтобы в точке (x,y) существовали частные производные функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$, причем эти производные удовлетворяли условиям:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Эти условия называют условиями Коши - Римана.

Так как эти условия значительно раньше были найдены Даламбером и Эйлером, то их называют также условиями Даламбера - Эйлера.

Доказательство

Необходимость

Функция $w = f(z)$ дифференцируема в точке z, поэтому существует конечный предел $\lim\limits_{\substack{\Delta x \to 0 \\ \Delta y \to 0}} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim\limits_{\substack{\Delta x \to 0 \\ \Delta y \to 0}} \frac{\Delta u + i\Delta v}{\Delta x + i\Delta y} = f'(z)$, предел не зависит от того, как точка $z + \Delta z \to z$.

Предположим, что точка $z + \Delta z$ приближается к точке z, например, по прямой, параллельной оси $0x$, тогда $\Delta y = 0, \Delta z = \Delta x$ и

$$f'(z) = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta u + i\Delta v}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \left(\frac{\Delta u}{\Delta x} + i\frac{\Delta v}{\Delta x}\right) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} + i \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Если точка $z + \Delta z \to z$ по прямой, параллельной оси $0y$, то $\Delta x = 0, \Delta z = i\Delta y$, поэтому

$$f'(z) = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta y \to 0} \frac{\Delta u + i\Delta v}{i\Delta y} = \lim_{\Delta y \to 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta y} - i\frac{\Delta u}{\Delta y}\right) = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y}.$$

Так как $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$ не зависит от способа стремления $\Delta z \to 0$, то, приравнивая полученные выражения для $f'(z)$, находим $f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y}$ откуда по определению равенства двух комплексных чисел получаем условия Коши-Римана: $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$.

Необходимость доказана.

Достаточность

Так как функции $u(x,y)$ и $v(x,y)$ дифференцируемы в точке (x,y), то их полные приращения в этой точке можно представить в виде

$$\Delta u = \frac{\partial u}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial u}{\partial y}\Delta y + \alpha_1; \Delta v = \frac{\partial v}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial v}{\partial y}\Delta y + \alpha_2,$$

где α_1 и $\alpha_2 \to 0$ при $|\Delta z| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \to 0$, причем $\frac{\alpha_1}{\Delta z} \to 0$ и $\frac{\alpha_2}{\Delta z} \to 0$.

Тогда при условии, что частные производные функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$ в точке (x,y) удовлетворяют условиям Коши-Римана, приращение функции $w = f(z)$ запишется в виде

$$\Delta w = f(z+\Delta z) - f(z) = \Delta u + i\Delta v =$$

$$= \frac{\partial u}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial u}{\partial y}\Delta y + \alpha_1 + i(\frac{\partial v}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial v}{\partial y}\Delta y + \alpha_2) =$$

$$= (\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x})\Delta x + i\Delta y(\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}) + \alpha = (\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x})\Delta z + \alpha = A\Delta z + \alpha,$$

где $A = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}$ - некоторое постоянное комплексное число, не зависящее от Δz, а $\alpha = \alpha_1 + i\alpha_2$ – бесконечно малая более высокого порядка, чем $|\Delta z|$, т. е. $\to 0$ при $|\Delta z| \to 0$.

Найдем $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{A\Delta z + \alpha}{\Delta z} = \lim\limits_{\Delta z \to 0} (A + \frac{\alpha}{\Delta z}) = A$.

Следовательно, $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$ существует, конечен и не зависит от способа стремления $\Delta z \to 0$, а значит, существует производная функции $w = f(z)$ в точке $z = x + iy$.

Если функция $w = f(z)$ в некоторой точке удовлетворяет условиям Коши-Римана, то производная в этой точке может быть вычислена по одной из формул:

$$f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial x} - i\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial y} + i\frac{\partial v}{\partial x}.$$

7.3. Правила дифференцирования

Из определения производной, правил алгебраических действий и теорем о пределах функций комплексной переменной следует, что основные правила дифференцирования функций действительного аргумента остаются справедливыми и для функций комплексной переменной.

7.4. Аналитические функции

Определение 1

Если однозначная функция $w = f(z)$ дифференцируема в области D, то она называется аналитической в этой области.

Определение 2

Однозначная функция $w = f(z)$ называется аналитической в точке z, если она дифференцируема как в самой точке z, так и в некоторой ее окрестности.

Пример

Является ли аналитической а) $w = e^z$; б) $w = (\bar{z})^2$?

Решение

а) $w = u + iv, z = x + iy$

$$w = e^z = e^x(\cos y + i\sin y), \text{ тогда } u = e^x \cos y, v = e^x \sin y$$

Найдем частные производные этих функций

$$\frac{\partial u}{\partial x} = e^x \cos y; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -e^x \sin y; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = e^x \sin y; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = e^x \cos y..$$

Условия Коши-Римана $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$ выполняются в любой (x, y), следовательно, функция $w = e^z$ дифференцируема на всей комплексной плоскости (z), а значит и аналитическая на всей комплексной плоскости.

б) $w = u + iv, z = x + iy; u + iv = (x - iy)^2; u + iv = x^2 - 2xyi - y^2;$

тогда $u = x^2 - y^2; v = -2xy; \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 2x; \frac{\partial u}{\partial y} = -2y; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = -2y; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = -2x.$

Условия Коши-Римана выполняются только в точке $z = 0$, так как равенства $2x = -2x$ и $-2y = 2y$ имеют место лишь при $x = y = 0$.

Следовательно, функция $w = (\bar{z})^2$ дифференцируема лишь в точке $z = 0$. Но, так как в окрестности точки $z = 0$ заданная функция не дифференцируема, она не будет аналитической в точке $z = 0$.

7.5. Геометрический смысл производной функции комплексной переменной

Пусть функция $w = f(z)$, аналитическая в области D плоскости (z), отображает эту область в область G плоскости (W). Пусть, далее, точка $z_0 \in D$,

а соответствующая ей при отображении точка $w_0 \in G$ и $f'(z_0) \neq 0$. Тогда величина $k = |f'(z_0)| = \lim\limits_{z \to z_0} \dfrac{|w - w_0|}{|z - z_0|}$ есть коэффициент искажения или масштаб в точке z_0 при отображении $w = f(z)$.

Если $k > 1$, то дуги при отображении растягиваются, если $k < 1$, то дуги сжимаются, если $k = 1$, то масштаб при отображении не меняется. Так как производная в точке z_0 не зависит от того, по какой кривой $z \to z_0$, то все бесконечно малые дуги, проходящие через точку z_0, при отображении будут подвергаться одинаковому искажению.

$\arg f'(z_0) = \lim\limits_{z \to z_0} (\arg(w - w_0) - \arg(z - z_0))$ - это угол, на который нужно повернуть касательную к некоторой линии L в точке z_0 для того, чтобы получить направление касательной к преобразованной кривой L_1 в точке $w_0 = f(z_0)$.

При отображении с помощью аналитической функции углы между кривыми сохраняются не только по величине, но и по направлению, во всех точках, где $f'(z_0) \neq 0$.

Определение

Всякое отображение, обладающее в некоторой точке свойством постоянства углов и свойством постоянства растяжений, называется конформным в этой точке.

Отображение с помощью аналитической функции $w = f(z)$ в точке z_0, для которой $f'(z_0) \neq 0$, является конформным отображением.

Самостоятельная работа № 4

Вариант 1

1) Найти область дифференцируемости функции $w = z^2 + (3 - i)z + i$ и ее производную.
2) Вычислить:

   а) $\cos(1 - 3i)$; б) $Ln(\sqrt{3} + i)$; в) $(2i)^{5+i}$.

Вариант 2

1) Найти область дифференцируемости функции $w = \cos z$ и её производную.
2) Вычислить:

а) $(i-\sqrt{3})^{2i+1}$; б) $\ln(-3-\sqrt{3}i)$; в) $\sin(i-2)$

Самостоятельная работа № 5

Вариант 1

1) Сформулируйте достаточные условия дифференцируемости функции $f(z)$.
2) Дифференцируема ли функция $w=\overline{z}$?
3) Вычислить:

а) $\ln(-4-4i)$; б) 5^{4-3i}; в) $\sin 3i$.

Вариант 2

1) Какая функция называется аналитической в точке и в области?
2) Установить, дифференцируема ли функция $w=e^{\overline{z}}$.
3) Вычислить:

а) 2^{1+5i}; б) $Ln(-5i)$; в) $\cos(4+i)$.

Самостоятельная работа № 6

Вариант 1

1) Найти область аналитичности функции $w=e^{2z}+iz$.
2) Найти образ линии $x^2+y^2=4$ при отображении $w=iz+2$.

Вариант 2

1) Найти образ линии $x^2+(y-1)^2=1$ при отображении $w=\overline{\frac{2}{z}}$.
2) Проверить условия Коши-Римана для функции $w=e^{\overline{z}^2}$.

8. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

8.1. Интеграл от функции комплексной переменной

Пусть в некоторой области D плоскости комплексной переменной (z) задана однозначная и непрерывная функция $w = f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$, и пусть γ – произвольная гладкая или кусочно-гладкая кривая, целиком лежащая в области D.

Выберем на дуге γ направление обхода от точки a к точке b.

1) Разобьем дугу γ произвольно на n частичных дуг точками $z_0 = a, z_1, z_2, ..., z_{n-1}, z_n = b;$; обозначим $z_k - z_{k-1} = \Delta z_k = \Delta x_k + i\,\Delta y_k$.
2) Выберем на каждом участке (z_{k-1}, z_k) дуги γ по точке $\varsigma_k = \xi_k + i\eta_k$.
3) Образуем сумму

$$\sigma_n = \sum_{k=1}^{n} f(\varsigma_k)\Delta z_k = \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k, \eta_k) + iv(\xi_k, \eta_k)) \cdot (\Delta x_k + i\Delta y_k) = \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k, \eta_k)\Delta x_k - v(\xi_k, \eta_k)\Delta y_k) +$$

$$+ i\sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k, \eta_k)\Delta y_k + v(\xi_k, \eta_k)\Delta x_k),$$

которую назовем интегральной суммой функции $f(z)$.

Предел интегральной суммы σ_n, вычисленный при стремлении к нулю длины наибольшей из частичных дуг (при $n \to \infty$), не зависящий ни от способа разбиения дуги γ на частичные дуги (z_{k-1}, z_k), ни от выбора точек ς_k, называется интегралом от функции $f(z)$ по дуге γ и обозначается

$$\int_{\gamma} f(z)dz = \lim_{\max|\Delta z_k| \to 0} \sum_{k=1}^{n} f(\varsigma_k)\Delta z_k \ .$$

При указанных выше требованиях к функции $f(z)$ и контуру γ этот предел всегда существует.

Действительно,

$$\int_{\gamma} f(z)dz = \lim_{n\to\infty} \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\ \eta_k)\Delta x_k - v(\xi_k, \eta_k)\Delta y_k) + i \lim_{n\to\infty} \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k, \eta_k)\Delta y_k + v(\xi_k, \eta_k)\Delta x_k).$$

По условию $f(z)$ непрерывна в области D, значит, в этой области непрерывны и функции $u(x, y)$ и $v(x, y)$, а γ – гладкая или кусочно-гладкая кривая. Поэтому пределы сумм, стоящих в правой части последнего равенства, существуют и являются криволинейными интегралами по координатам от функций действительных переменных.

Таким образом,

$$\int_{\gamma} f(z)dz = \int_{\gamma} u(x,y)dx - v(x,y)dy + i\int_{\gamma} v(x,y)dx + u(x,y)dy .$$

Эта формула дает выражение интеграла от функции комплексной переменной через два криволинейных интеграла от действительных функций. Отсюда же следует, что основные свойства криволинейных интегралов по координатам распространяются и на интегралы от функций комплексной переменной.

Некоторые из этих свойств есть:

1) $\int_{AB} f(z)dz = -\int_{BA} f(z)dz$;
2) $\int_{\gamma} af(z)dz = a\int_{\gamma} f(z)dz$;
3) $\int_{\gamma} (f_1(z) \pm f_2(z))dz = \int_{\gamma} f_1(z)dz + \int_{\gamma} f_2(z)dz$;
4) $\int_{\gamma_1+\gamma_2} f(z)dz = \int_{\gamma_1} f(z)dz + \int_{\gamma_2} f(z)dz$.

8.2. Вычисление интеграла от функции комплексной переменной

1. Пусть дуга γ задана параметрическими уравнениями: $\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}$, $\alpha \le t \le \beta$.

Тогда криволинейные интегралы сводим к определенным и получим

$$\int_{\gamma} f(z)\,dz = \int_{\alpha}^{\beta} u\,(x\,(t),\,y\,(t))\,x'(t)\,dt - v\,(x\,(t),y\,(t))\,y'(t)\,dt +$$

$$+ i\int_{\alpha}^{\beta} v\,(x\,(t),\,y\,(t))\,x'(t)\,dt + u\,(x\,(t),\,y\,(t))\,y'(t)\,dt =$$

$$= \int_{\alpha}^{\beta} (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),\,y\,(t)))\,x'(t)\,dt +$$

$$+ \int_{\alpha}^{\beta} (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),\,y\,(t)))\,iy'(t)\,dt = \int_{\alpha}^{\beta} (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),$$

$$y\,(t)))\,(x'(t) + iy'(t))\,dt = \int_{\alpha}^{\beta} f\,(z\,(t))\,z'(t)\,dt = \int_{\alpha}^{\beta} f\,(z\,(t))\,dz\,(t),$$

то есть $\int\limits_{\gamma} f(z)\,dz = \int\limits_{\alpha}^{\beta} f\,(z\,(t))\,dz\,(t)$, где $z\,(t) = x\,(t) + iy\,(t)$.

2. Если дуга γ задана уравнением $y = g\,(x)$, где $a \le x \le b$, то, принимая за параметр x и записывая $z = x + ig(x)$, задачу сводим к случаю 1.

3. Если дуга γ задана уравнением $x = \varphi\,(y)$, где $x = \varphi\,(y)$, где $c \le y \le d$, то за параметр принимаем y и записываем $z = \varphi\,(y) + iy$. Задачу сводим к случаю 1.

Пример 1

Вычислить $\int\limits_{\gamma} (\bar{z})^2\,dz$ по отрезку, соединяющему точки $z = 0$ и $z = 1 + i$.

Решение

На прямой, соединяющей точки $z = 0$ и $z = 1 + i$, контур γ задается уравнением $z = x + ix = x\,(1 + i)$, где $0 \le x \le 1$. Тогда $\bar{z} = x\,(1 - i),\ dz = (1 + i)\,dx$ и

$$\int\limits_{\gamma} (\bar{z})^2\,dz = \int\limits_{0}^{1} x^2 (1-i)^2 (1+i)\,dx = 2\,(1-i) \int\limits_{0}^{1} x^2 dx = 2\,(1-i)\,\frac{x^3}{3}\Bigg|_0^1 = \frac{2}{3}\,(1-i)..$$

Пример 2

По ломаной γ с вершинами в точках $O\,(0, 0),\ A\,(1, 1),\ B\,(2, 1)$ вычислить интегралы:

а) $\int\limits_{\gamma} z^2 dz$; б) $\int\limits_{\gamma} \mathrm{Re}\, z dz$; в) $\int\limits_{\gamma} Jmz dz$; г) $\int\limits_{\gamma} |z| dz$.

Решение

а) Уравнение стороны $OA: y = x$, тогда $z = x + ix$ или $z = x\,(1 + i)$, где $0 \le x \le 1$, $dz = (1 + i)\,dx$, а

$$\int\limits_{OA} z^2 dz = \int\limits_{0}^{1} x^2 (1+i)^2 (1+i) dx = (1+i)^3 \int\limits_{0}^{1} x^2 dx = (1+i)^3\,\frac{x^3}{3}\Bigg|_0^1 = \frac{1}{3}(1 + 3i - 3 - i) = \frac{1}{3}(2i - 2) = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3}i\,.$$

Уравнение стороны $AB: y = 1$, тогда $z = x + i,\quad dz = dx,\ \ 1 \le x \le 2$, а

$$\int_{AB} z^2 dz = \int_1^2 (x+i)^2 dx = \frac{(x+i)^3}{3}\Big|_1^2 = \frac{1}{3}((2+i)^3 - (1+i)^3) =$$

$$= \frac{1}{3}(2+i-1-i)((2+i)^2 + (2+i)(1+i) + (1+i)^2) = \frac{1}{3}(4+9i) = \frac{4}{3} + \frac{9}{3}i = \frac{4}{3} + 3i.$$

Окончательно, интеграл по всей ломаной равен

$$\int_\gamma z^2 dz = \int_{OA} z^2 dz + \int_{AB} z^2 dz = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3}i + \frac{4}{3} + 3i = \frac{2}{3} + \frac{11}{3}i.$$

б) $\operatorname{Re} z dz$. Для стороны OA: $z = x(1+i)$, $0 \le x \le 1$, $dz = (1+i)\,dx$. Тогда

$$\int_{OA} \operatorname{Re}\, z\, dz = \int_0^1 x\,(1+i)\,dx = (1+i)\,\frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i.$$

Для стороны

$$AB:\ z = x+i,\quad 1 \le x \le 2,\quad dz = dx, \text{ а } \int_{AB} \operatorname{Re}\, z\, dz = \int_1^2 x\, dx = \frac{x^2}{2}\Big|_1^0 = 2 - \frac{1}{2} = \frac{3}{2}.$$

Тогда

$$\int_\gamma \operatorname{Re} z dz = \int_{OA} \operatorname{Re} z dz + \int_{AB} \operatorname{Re} z dz = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i + \frac{3}{2} = 2 + \frac{1}{2}i.$$

в) $J\ m\ z\ dz$.

$$\int_\gamma Jmzdz = \int_{OA} Jmzdz + \int_{AB} Jmzdz = \int_0^1 x\,(1+i)\,dx + \int_1^2 dx = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i + 1 = \frac{3}{2} + \frac{1}{2}i.$$

г) $|\,z\,| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Для стороны OA: $y = x$, $z = x(1+i)$, $dz = (1+i)dx$, $0 \le x \le 1$

$$\int_{OA} |\,z\,|\, dz = \int_0^1 x\sqrt{2}\,(1+i)\,dx = \sqrt{2}\,(1+i)\,\frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}i.$$

Для стороны AB: $y = 1$, $z = x+i, dz = dx$, $1 \le x \le 2$,

$$\int\limits_{AB} |\, z \,|\, dz = \int\limits_{1}^{2} \sqrt{x^2+1}\, dx = \frac{1}{2} x\sqrt{x^2+1}\,\Big|_1^2 + \frac{1}{2}\ln(x+\sqrt{x^2+1})\,\Big|_1^2 =$$

$$= \sqrt{5} - \frac{1}{2}\sqrt{2} + \frac{1}{2}\ln(2+\sqrt{5}) - \frac{1}{2}\ln(1+\sqrt{2}).$$

Тогда

$$\int\limits_{\gamma} |\, z \,|\, dz = \int\limits_{OA} |\, z \,|\, dz + \int\limits_{AB} |\, z \,|\, dz = \sqrt{5} + \frac{1}{2}\ln(2+\sqrt{5}) - \frac{1}{2}\ln(1+\sqrt{2}) + \frac{\sqrt{2}}{2} i \approx 2{,}518 + 0{,}707i.$$

8.3. Основная теорема Коши

Теорема

Если $f(z)$ есть аналитическая функция односвязной области $\overline{D}$, то интеграл от $f(z)$ по любому замкнутому кусочно-гладкому контуру, целиком лежащему в области $\overline{D}$, равен нулю, т. е.

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = 0.$$

Доказательство

Известно, что $\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = \oint\limits_{\gamma} u(x,y)\, dx - v(x,y)\, dy + i \oint\limits_{\gamma} v(x,y)\, dx + u(x,y)\, dy.$

Из аналитичности $f(z)$ в области D следует, что частные производные функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$ существуют, удовлетворяют условиям Коши-Римана, $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$; $\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$, а из предположения о непрерывности $f'(z)$ в области D следует непрерывность частных производных. Поэтому, применяя к криволинейным интегралам формулу Грина, получим

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = \iint\limits_{D_1} \left(-\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) dx\, dy + i \iint\limits_{D_1} \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y}\right) dx\, dy.$$

Из условий Коши-Римана подынтегральное выражение в каждом двойном интеграле равно нулю, поэтому

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = 0..$$

Теорема доказана.

Следствие

Если функция $f(z)$ аналитична в односвязной области $\overline{D}$, то $\int\limits_{AB} f(z)\,dz$ не зависит от пути, соединяющего точки A и B, если дуга AB целиком лежит внутри области $\overline{D}$.

Пример 1

Вычислить по ломаной OAB (см. пример 2 раздела 8) и по отрезку OB интегралы:

а) $\int\limits_{\gamma} z^2 dz$; б) $\int\limits_{\gamma} \operatorname{Re} z dz$;

Решение

а) $\int\limits_{OAB} z^2 dz = \frac{2}{3} + \frac{11}{3} i$ (см. пример 2 раздела 8)

$$\int\limits_{OB} z^2 dz = \int\limits_0^2 x^2 (1+\frac{i}{2})^2 (1+\frac{i}{2}) dx = (1+\frac{i}{2})^3 \int\limits_0^2 x^2 dx =$$

$$= (1+\frac{i}{2})^3 \left.\frac{x^3}{3}\right|_9^2 = \frac{8}{3}(1+\frac{i}{2})^3 = \frac{8}{3}(1+\frac{3i}{2}-\frac{3}{4}-\frac{i}{8}) = \frac{2}{3}+\frac{11}{3}i.$$

Получили, что $\int\limits_{OAB} z^2 dz = \int\limits_{OB} z^2 dz$, т. е. интеграл не зависит от пути, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$, так как $f(z)=z^2$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости.

б) $w = \operatorname{Re} z$, $u+iv = x$, тогда $u = x$, $v = 0$; $\frac{\partial u}{\partial x} = 1$; $\frac{\partial u}{\partial y} = 0$; $\frac{\partial v}{\partial x} = 0$; $\frac{\partial v}{\partial y} = 0$.

Условие Коши-Римана $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$ не выполняется ни в одной точке на комплексной плоскости, так как $1 \neq 0$, поэтому $w = \operatorname{Re} z$ не является аналитической на всей комплексной плоскости.

$$\int\limits_{OAB} \operatorname{Re} z dz = 2 + \frac{1}{2} i \qquad \text{(см. пример 2 раздела 8),}$$

$$\int\limits_{OB} \operatorname{Re} z \; dz = \int\limits_0^2 x\,(1+\frac{i}{2})\,dx = (1+\frac{i}{2}) \int\limits_0^2 x\,dx = (1+\frac{i}{2}) \left.\frac{x^2}{2}\right|_0^2 = 2+i.$$

Так как функция $w = \operatorname{Re} z$ не является аналитической, интеграл $\int\limits_{\gamma} \operatorname{Re} z dz$ зависит от пути, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$.

8.4. Теорема Коши для многосвязной области

Сначала рассмотрим двусвязную область (рис. 2), ограниченную простыми замкнутыми кривыми γ_1 и γ_2, которые не пересекаются, а γ_2 целиком лежит внутри γ_1. Допустим, что $f(z)$ является аналитической в области между контурами и на самих контурах γ_1 и γ_2. Проведём в заданной области разрез по линии AB. Предполагая, что разрез имеет как бы два берега, мы превратим эту область в односвязную. Положительное направление обхода по контуру указано на рисунке. Применим теорему Коши к полученной односвязной области, ограниченной контуром $\Gamma\{AEA + AB + BFB + BA\}$.

$$\int_{\Gamma} f(z)\,dz = 0 \quad \text{или} \quad \oint_{AEA} f(z)\,dz + \int_{AB} f(z)\,dz + \oint_{BFB} f(z)\,dz + \int_{BA} f(z)\,dz = 0.$$

Так как $\int_{AB} f(z)\,dz + \int_{BA} f(z)\,dz = 0$, то $\oint_{\gamma_1} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz.$

Из полученной формулы видно, что интегралы от $f(z)$ по внешнему контуру γ_1 и по внутреннему контуру γ_2, обходимым в одном и том же направлении, равны по величине, но, вообще говоря, не равны нулю, так как $f(z)$ может быть неаналитической внутри области, ограниченной контуром γ_2.

Теперь рассмотрим теорему Коши для $(n+1)$- связной области, которая с помощью системы разрезов может быть сделан односвязной.

Если $f(z)$- аналитическая функция в замкнутой многосвязной области, ограниченной внешним замкнутым контуром γ и замкнутыми контурами γ_1, γ_2,...., γ_n,, лежащими внутри γ, то интеграл от этой функции по внешнему контуру γ равен сумме интегралов по внутренним контурам, причём интегрирование по всем контурам выполняется в одном и том же направлении, то есть

$$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_1} f(z)\,dz + \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz + ... + \oint_{\gamma_n} f(z)\,dz.$$

8.5. Вычисление интеграла от аналитической функции

Если функция $f(z)$, аналитическая в односвязной области D, содержащей внутри себя точки z_0 и z, то величина $\int\limits_{z_0}^{z} f(z)\,dz$ не зависит от пути интегрирования, а зависит, лишь от вида подынтегральной функции и точек z_0 и z.

Если точка z_0 зафиксирована, то интеграл $F(z)=\int\limits_{z_0}^{z} f(z)\,dz$ определяет функцию $F(z)$ для каждой выбранной точки $z \in D$. Функция $F(z)$ является аналитической в D и $F'(z)=f(z)$.

Назовём функцию $\Phi(z)$ первообразной для $f(z)$ в области D, если $\Phi(z)$ аналитическая в D и $\Phi'(z)=f(z)$. Тогда $\Phi(z)-F(z)=C$, где C постоянное комплексное число. При $z=z_0$ имеем $\Phi(z_0)-F(z_0)=C$, отсюда $C=\Phi(z_0)$, так как $F(z_0)=0$.

Следовательно, $\int\limits_{z_0}^{z} f(z)dz=\Phi(z)-\Phi(z_0).$

Полученная формула показывает, что значение интеграла от аналитической функции равно приращению какой-либо первообразной для подынтегральной функции на пути интегрирования.

Таким образом, определение первообразной и формула Ньютона-Лейбница для функций действительной переменной и аналитических функций комплексной переменной полностью совпадают. Поэтому интегралы от элементарных функций комплексной переменной вычисляются с помощью тех же формул и правил, что и в обычном анализе.

Пример 1

Вычислить: а) $\int\limits_{\gamma} z^2 dz$ вдоль контура γ, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$; б) $\int\limits_{\gamma} e^z dz$ по отрезку, соединяющему точки $z=0$ и $z=i$.

Решение

а) Так как $f(z)=z^2$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости, а первообразной для неё является функция. $F(z)=\frac{z^3}{3}$, то

$$\int_{\gamma} z^2 dz = \int_{z=0}^{z=2+i} z^2 dz = \frac{z^3}{3}\Big|_0^{2+i} = \frac{(2+i)^3}{3} = \frac{1}{3}(8+12i-6-i) = \frac{2}{3}+\frac{11}{3}i.$$

Получили тот же результат, что и в примере 8.3.1

б) Так как $f(z)=e^z$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости, а первообразной для неё является функция $F(z)=e^z$, то

$$\int_{\gamma} e^z dz = \int_{z=0}^{z=i} e^z dz = e^z\Big|_0^i = e^i - e^0 = e^i - 1 = \cos 1 + i\sin 1 - 1 = (\cos 1 - 1) + i\sin 1.$$

8.6. Особые точки - полюсы

Точка z_0 называется особой точкой для $f(z)$, если в этой точке нарушается аналитичность функции. Точка z_0 называется изолированной особой точкой, если можно указать такую окрестность точки $z_0 : |z - z_0| < r$, в которой, кроме z_0, других особых точек функции $f(z)$ нет.

Если $\lim\limits_{z \to z_0} f(z) = \infty$, то точка $z = z_0$ называется полюсом функции $f(z)$.

Функция $f(z) = \dfrac{\varphi(z)}{z - z_0}$ имеет в z_0 простой полюс или полюс первого порядка, а функция $g(z) = \dfrac{\varphi(z)}{(z - z_0)^m}$ имеет в z_0 полюс m-го порядка, если $\varphi(z)$ аналитическая функция в точке z_0 и $\varphi(z_0) \neq 0$.

Так для функции $f(z) = \dfrac{z^2 - 1}{z(z-3)(z+1)^4} = \dfrac{z-1}{z(z-3)(z+1)^3}$ точки $z = 0$ и $z = 3$ - простые полюсы, а точка $z = -1$ - полюс третьего порядка.

8.7. Определение вычета

Понятие вычета является одним из важнейших понятий теории функций комплексной переменной в силу большой практической ценности основной теоремы о вычетах, которую мы рассмотрим ниже.

Если $f(z)$ - аналитическая функция в односвязной области D, то $\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz = 0$, где γ - любой замкнутый контур, лежащий целиком в области D. Если же внутри контура γ есть единственная изолированная особая точка функции $f(z)$, то $\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz$, вообще говоря, не равен нулю. Значение этого интеграла, как известно, не зависит от формы контура γ.

Условились величину этого интеграла, делённую на $2\pi i$, называть вычетом функции $f(z)$ относительно особой точки z_0 и обозначать символом

$$res[f(z);z_0]=\frac{1}{2\pi i}\oint_{\gamma} f(z)dz.$$

Здесь при интегрировании обход контура γ идёт против движения часовой стрелки.

8.8. Формулы для вычисления вычетов

1. Если z_0 есть простой полюс функции $f(z)$, то вычет $f(z)$ относительно z_0 равен

$$res[f(z);z_0]=\lim_{z\to z_0}(z-z_0)f(z).$$

2. Если z_0 - простой полюс функции $f(z)$, которая может быть представлена в виде $f(z)=\frac{f_1(z)}{f_2(z)}$, где $f_1(z)$ и $f_2(z)$ - аналитические функции в точке $z=z_0$, причём $z=z_0$ - простой полюс $f_2(z)$, а $f_1(z_0)\neq 0$. Тогда при $f_2'(z_0)\neq 0$

$$res[f(z);z_0]=\frac{f_1(z_0)}{f_2'(z_0)}.$$

3. Если точка $z=z_0$ - полюс порядка n функции $f(z)$, то

здесь вычисляется предел производной $(n-1)$ порядка.

Пример 1

Вычислить вычеты функции $f(z)=\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2}$ относительно всех её особых точек.

Решение

Для заданной функции точка $z=-1$ является простым полюсом, а $z=1$ - полюсом второго порядка.

$$res[f(z);-1]=\lim_{z\to -1}(z+1)\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2}=\lim_{z\to -1}\frac{z+2}{(z-1)^2}=\frac{1}{4};$$

$$res[f(z);1]=\frac{1}{1!}\lim_{z\to 1}((z-1)^2\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2})'=\lim_{z\to 1}(\frac{z+2}{z+1})'=\lim_{z\to 1}\frac{z+1-(z+2)}{(z+1)^2}=-\frac{1}{4}.$$

Пример 2

Найти вычеты в каждой из особых точек функций:

а) $f(z)=\frac{\cos z}{z^3}$; б) $f(z)=\frac{z^2-2}{z^2+z}$; в) $f(z)=\frac{e^z}{z^2+1}$.

Решение

а) Для $f(z)=\frac{\cos z}{z^3}$ точка $z=0$ является полюсом третьего порядка.

$$res[f(z);0]=\frac{1}{(3-1)!}\lim_{z\to 0}(z^3\frac{\cos z}{z^3})''=\frac{1}{2!}\lim_{z\to 0}(\cos z)''=\frac{1}{2}\lim_{z\to 0}(-\sin z)'=\frac{1}{2}\lim_{z\to 0}(-\cos z)=-\frac{1}{2};$$

б) Для функции $f(z)=\frac{z^2-2}{z^2+z}=\frac{z^2-2}{z(z+1)}$ точка $z=0$ является простым полюсом, а $z=-1$ - тоже простым полюсом

$$res[f(z);0]=\lim_{z\to 0}z\frac{(z^2-2)}{z(z+1)}=\lim_{z\to 0}\frac{z^2-2}{z+1}=-\frac{2}{1}=-2;$$

$$res[f(z);-1]=\lim_{z\to -1}(z+1)\frac{(z^2-2)}{z(z+1)}=\lim_{z\to -1}\frac{z^2-2}{z}=\frac{1-2}{-1}=1;$$

в) $z^2+1=0$ при $z=\pm i$. Поэтому точки $z=i$ и $z=-i$ являются простыми полюсами $f(z)=\frac{e^z}{z^2+1}$

$$res[f(z);i]=\lim_{z\to i}(z-i)\frac{e^z}{(z-i)(z+i)}=\lim_{z\to i}\frac{e^z}{z+i}=\frac{e^i}{2i}$$
$$=\frac{(\cos 1+i\sin 1)(-i)}{2i\,(-i)}=\frac{\sin 1-i\cos 1}{2}=\frac{\sin 1}{2}-i\frac{\cos 1}{2};$$

$$res[f(z);-i]=\lim_{z\to -i}(z+i)\frac{e^z}{(z-i)(z+i)}=\lim_{z\to -i}\frac{e^z}{z-i}=\frac{e^{-i}}{-2i}$$
$$=\frac{(\cos 1-i\sin 1)\,i}{2i\,(-i)}=\frac{\sin 1+i\cos 1}{2}=\frac{\sin 1}{2}+i\frac{\cos 1}{2}.$$

8.9. Теорема Коши о вычетах

Теорема

Если функция $f(z)$, аналитическая в односвязной области D, ограниченной контуром γ, всюду, кроме конечного числа особых точек $z_1, z_2, ..., z_n$, лежащих внутри области D (но не на кривой γ), то интеграл от функции $f(z)$ по кривой γ равен произведению $2\pi i$ на сумму вычетов $f(z)$ относительно всех особых точек, лежащих внутри γ, т. е.

$$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = 2\pi\, i \sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k]\,.$$

Доказательство

Для простоты окружим точки $z_1, z_2, ..., z_n$ окружностями $\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_n$ с центрами в этих точках и радиусами такими малыми, чтобы окружности не пересекались и лежали в области D, ограниченной контуром γ. Тогда функция $f(z)$ будет аналитической в многосвязной области, ограниченной контурами $\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_n$.

По теореме Коши для многосвязной области имеем

$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_1} f(z)\,dz + \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz + ... + \oint_{\gamma_n} f(z)\,dz$, но $\oint_{\gamma_k} f(z)\,dz = 2\pi\, i\, res\,[f(z); z_k]\,.$

Тогда

$$\oint_{\gamma_k} f(z)\,dz = 2\pi\, i \sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k]\,.$$

Теорема доказана.

Пример 1

Найти значение $\int_{\gamma} \frac{(z+1)}{(z-2)^2}\,dz$, где

а) γ - окружность $|z| = 3$; б) γ - окружность $|z+2-i| = 1$.

Решение

Подынтегральная функция имеет единственную особую точку $z = 2$ - полюс второго порядка, которая находится внутри окружности $|z| = 3$ (центр вначале координат, радиус равен 3).

Тогда

$$\oint\limits_{|z|=3} \frac{(z+1)\,dz}{(z-2)^2} = 2\pi\, i\, res[\,f(z);\,2] = 2\pi\, i \frac{1}{1!} \lim_{z\to 2} ((z-2)^2 \frac{(z+1)}{(z-2)^2})' = 2\pi\, i \lim_{z\to 2} (z+i)' = 2\pi\, i\,.$$

б) Окружность $|\,z+2-i\,|=1$ имеет центр в точке $z_0 = -2+i$, радиус 1, а полюс $z=2$ лежит вне этой окружности. Поэтому в области, ограниченной этим контуром γ, функция аналитическая. Тогда по основной теореме Коши

$$\oint\limits_{\gamma} \frac{(z+1)}{(z-2)^2}\,dz = 0\,.$$

Пример 2

Вычислить $\oint\limits_{\gamma} \frac{dz}{(z-i)(z-1)}$, где γ - окружность $x^2+y^2 = 2x+2y$.

Решение

Преобразуем уравнение окружности $x^2+y^2 = 2x+2y$, выделяя полный квадрат по x и по y:

$$(x^2-2x+1)+(y^2-2y+1) = 2 \text{ или } (x-1)^2+(y-1)^2 = 2\,.$$

Точка $(-1;\ 1)$ - центр окружности, радиус - $\sqrt{2}$.

Для подынтегральной функции $f(z) = \frac{1}{(z-i)(z-1)}$ точки $z=i$ и $z=1$ являются простыми полюсами и находятся внутри окружности γ.

Тогда по теореме Коши о вычетах имеем:

$$\oint\limits_{\gamma} \frac{dz}{(z-i)(z-1)} = 2\pi\, i\,(res[\,f(z);\,i] + res[\,f(z);\,1]\,);$$

$$res[\,f(z);\,i] = \lim_{z\to i} (z-i)\,\frac{1}{(z-i)(z-1)} = \lim_{z\to i} \frac{1}{z-1} = \frac{e^i}{2i} = \frac{1}{i-1} = \frac{-i-1}{(i-1)(-i-1)} = \frac{-1-i}{2} = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}i;$$

$$res[\,f(z);\,1] = \lim_{z\to 1} (z-1)\,\frac{1}{(z-i)(z-1)} = \lim_{z\to 1} \frac{1}{z-i} = \frac{1}{1-i} = \frac{1+i}{(1-i)(1+i)} = \frac{1+i}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i.$$

Тогда

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz = 2\pi\, i(-\frac{1}{2} - \frac{1}{2}i + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i) = 0.$$

Пример 3

Вычислить $\oint\limits_{\gamma} \frac{e^{-2z}}{z^2}$, где γ: $\frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{4} = 1$.

Решение

Для подынтегральной функции $f(z)=\dfrac{e^{-2z}}{z^2}$ точка $z=0$ является полюсом второго порядка и находится внутри эллипса с полуосями 3 и 2.
По теореме Коши о вычетах

$$\oint_\gamma \frac{e^{-2z}}{z^2}dz = 2\pi\, i res[f(z);0] = 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(z^2\frac{e^{-2z}}{z^2})' = 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(e^{-2z})' =$$

$$= 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(-2)e^{-2z} = 2\pi\, i \quad (-2)\, e^0 = -4\pi\, i.$$

Самостоятельная работа № 7

Вариант 1

1) Вычислить $\int_\gamma \cos z dz$ по отрезку прямой, соединяющему точки $z=i$ и $z=-2+i$.

2) Вычислить $\int_\gamma (4i+3\operatorname{Re} z)dz$, где $\gamma:\ 2x^2-y+3=0$ от $z=3i$ до $z=1+5i$.

Вариант 2

1) Вычислить $\int_\gamma \sin z dz$, где $\gamma:\ x-3y+1=0$ от $z=-1$ до $z=2+i$.

2) Вычислить $\int_\gamma (2i\ Jmz+3)\, dz$, где $\gamma:\ y=2-x^2$ от $z=2i$ до $z=1+i$.

Самостоятельная работа № 8

Вариант 1

1) Вычислить $\int_\gamma (2iz-z^2)dz$, где $\gamma:\ x^2+y^2-x=0$.

2) Найти вычеты в особых точках функции $f(z)=\dfrac{4z}{(z-1)^3(z+2)^2}$.

Вариант 2

1) Вычислить $\int_\gamma e^{z-2i}dz$, где $\gamma:\ |z-2|=2.$

2) Найти вычеты в особых точках функции $f(z)=\dfrac{\sin z}{(z+1)^2(z-i)}$.

Самостоятельная работа № 9

Вариант 1

С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint_{\gamma} \frac{e^z}{(z^2-1)^2} dz$, γ: $x^2+4y^2=4$.

Вариант 2

С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint_{\gamma} \frac{(3z^2+1)}{(z+2)^2(z-2i)} dz$, $\gamma: \left| z+1-i \right| = 3$.

Самостоятельная работа № 10

1) Вычислить: $(-1-i)^{2i}, \sin(3i+2)$.

2) Найти образ линии $x^2+y^2+x=0$ при отображении $w=3\bar{z}-i$.

3) Является ли аналитической функция $w=z+e^{\bar{z}}$?

4) На комплексной плоскости (z) построить множество точек z, удовлетворяющих условиям:

$$\begin{cases} \left| z+i \right| \le 2, \\ \operatorname{Re} z > -1. \end{cases}$$

5) Вычислить $\int_{\gamma} e^{\bar{z}} dz$ по отрезку прямой, соединяющему точки $z=0$ и $z=2-2i$.

4) С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint_{\gamma} \frac{(z^2+3)\,dz}{z^3-1}; \gamma: x^2+y^2=9$.

Самостоятельная работа № 10 содержит набор основных типовых задач по теме изучаемого раздела математики и может быть использована для подготовки к контрольной работе.

С помощью вычетов удается вычислять некоторые определённые интегралы от функций действительной переменной, для чего эти интегралы предварительно преобразуются в интегралы по замкнутому контуру.

9. ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСОБСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ

С помощью вычетов вычисляют некоторые несобственные интегралы от функции действительной переменной вида $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx$.

Пусть $f(z)$- рациональная функция $f(z)=\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$, а разность степеней знаменателя и числителя $m-n>1, \quad Q_m(x) \neq 0, \quad x \in R$.

Пусть функция $f(z)$, аналитическая на действительной оси, имеет выше действительной оси (в верхней полуплоскости $Jmz > 0$) конечное число особых точек $z_1, z_2, ..., z_n$. Тогда существует несобственный интеграл от функции $f(z)$ по промежутку $(-\infty, \infty)$ и

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx = 2\pi\, i \sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k].$$

Пример

Вычислить $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3}$.

Функция $f(x) = \frac{x^2}{(1+x^2)^3}$.

Решение

Введём функцию комплексной переменной z

$$f(z) = \frac{z^2}{(1+z^2)^3}.$$

Она имеет в верхней полуплоскости $Jmz > 0$ единственную особую точку $z = i$-полюс третьего порядка. Тогда $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3} = 2\pi\, i\, res\,[f(z); i].$

Найдем

$$res\,[f(z); i] = \frac{1}{2!} \lim_{z\to i} ((z-i)^3 \frac{z^2}{(z-i)^3(z+i)^3})'' = \frac{1}{2} \lim_{z\to i} (\frac{z^2}{(z+i)^3})'' =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z\to i} (\frac{2z(z+i)^3 - z^2 3(z+i)^2}{(z+i)^6})' = = \frac{1}{2} \lim_{z\to i} (\frac{2z^2 + 2zi - 3z^2}{(z+i)^4})' = \frac{1}{2} \lim_{z\to i} (\frac{2zi - z^2}{(z+i)^4})' =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z\to i} \frac{(2i-2z)(z+i)^4 - (2zi - z^2)4(z+i)^3}{(z+i)^8} =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z\to i} \frac{2z^2 - 2 - 8zi}{(z+i)^5} = \frac{1}{2} \frac{(-2-2+8)}{(2i)^5} = \frac{4}{2\cdot 32i} = \frac{1}{16i} = \frac{-i}{16i\,(-i)} = -\frac{i}{16}.$$

Окончательно получим

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3} = 2\pi\, i\, (-\frac{i}{16}) = \frac{\pi}{8}.$$

Если функция $f(z)$ удовлетворяет условиям:

1) $f(z) = e^{imz} \cdot F(z)$, где $m > 0$ и $F(z) \to 0$ при $|z| \to \infty$ равномерно по φ для $Jmz \geq 0$;

2) $f(z)$ на действительной оси имеет конечное число простых полюсов $x_1, x_2, ..., x_p$;

3) $f(z)$ аналитична в верхней полуплоскости всюду, за исключением конечного числа особых точек $z_1, z_2, ..., z_n$, то

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx = 2\pi\, i\,(\sum_{k=1}^{n} res[\,f(z); z_k\,] + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{p} res[\,f(z); x_k\,]).$$

Пример

Вычислить интеграл Дирихле $\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx$.

Решение

Рассмотрим $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix}}{x}\,dx$. Введём функцию $f(z) = \frac{e^{iz}}{z}$. Здесь $m = 1, \quad F(z) = \frac{1}{z} \to 0$ при $|\,z\,| \to \infty$. Для $f(z)$ точка $z = 0$ - простой полюс, расположенный на действительной оси. Других особых точек нет.

Тогда

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix}}{x}\,dx = 2\pi\, i\,\frac{1}{2}\, res[\,f(z); 0] = \pi\, i \lim_{z\to 0} z\,\frac{e^{iz}}{z} = \pi\, i \lim_{z\to 0} e^{iz} = \pi\, i.$$

Но $e^{ix} = \cos x + i \sin x$, поэтому

$$\int_{-\infty}^{\infty} (\frac{\cos x}{x} + i\frac{\sin x}{x})\,dx = \pi i.$$

В силу определения равенства двух комплексных чисел имеем:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos x}{x}\,dx = 0, \quad \text{а} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx = \pi.$$

Так как $\frac{\sin x}{x}$ - чётная функция, то $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx = 2\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx = \pi$, откуда

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x}\,dx = \frac{\pi}{2}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Араманович, И. Г. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости / И. Г. Араманович, Г. Л. Лунц, Л. Э. Эльсгольц. - М.: Наука, 1970. – 380 с.

Волковысский, Л. И. Сборник задач по теории функций комплексного переменного / Л. И. Волковысский, Г. Л. Лунц, И. Г. Араманович. - М.: Наука, 1975. – 220 с.

Евграфов, М. А. Аналитические функции / М. А. Евграфов. - М.: Наука, 1968. – 620 с.

Лаврентьев, М. А. Методы теории функций комплексного переменного / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. - М.: Наука, 1979. – 410 с.

Маркушевич, А. И. Краткий курс теории аналитических функций / А. И. Маркушевич. - М.: Наука, 1978. – 360 с.

Привалов, И. И. Введение в теорию функций комплексного переменного / И. И. Привалов. - М.: Наука, 1984. – 480 с.

Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. - М.: Наука, 1979. – 720 с.

Титчмарш, Е. Теория функций / Е. Титчмарш. - М.: Наука, 1980. – 510 с.

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

Проректор по учебно-методическому комплексу
Уторов С.А.

Г. М. ПЛОТНИКОВА

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика в профессиональной деятельности»
для студентов специальности
15.02.16 Технология машиностроения

Екатеринбург
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……... 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ …… 5
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ……..… 25
ОТВЕТЫ ….…… 71
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……....83

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей очного обучения.

Пособие содержит 30 вариантов заданий по теме «Теория вероятностей». В начале пособия даны методические указания с подробными решениями аналогичных задач. В конце пособия указаны ответы.

Целью работы является активизация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению разделов курса математики и её приложений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

В данном разделе приведены подробные решения задач, подобных указанным в вариантах.

Задача 1

При массовом производстве полупроводниковых диодов вероятность брака при формовке 0,2. Какова вероятность того, что из 400 наугад взятых диодов ровно 84 будут бракованными?

Решение

Так как $n = 400$ представляет собой достаточно большое число и $p = 0{,}2$, то можно считать, согласно локальной теореме Лапласа, что случайная величина $X = k$ распределена по нормальному закону. Тогда вероятность того, что в n независимых испытаниях событие наступит ровно k раз, приближённо равна

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}}\varphi(x),$$

где

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}, \quad x = \frac{k-np}{\sqrt{npq}}.$$

По условиям задачи $k = 84$; $q = 0{,}8$, $p = 0{,}2$, $n = 400$, тогда

$$P(X = 84) \approx \frac{1}{\sqrt{400 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}8}} \varphi\left(\frac{84 - 400 \cdot 0{,}2}{\sqrt{400 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}8}}\right) =$$

$$= \frac{1}{8}\varphi(0{,}5) = \frac{1}{8} 0{,}3521 \approx 0{,}044.$$

Таблица функции $\varphi(x)$ для положительных значений x приводится в приложениях к учебникам (см., например [4], прил. 1. В. Е. Гмурман. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике). Для отрицательных значений x пользуются той же таблицей, так как функция $\varphi(x)$ – чётная.

Задача 2

Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах соответственно равны:

$$p_1 = 0{,}4;\ \ p_2 = 0{,}5;\ \ p_3 = 0{,}7.$$

Найти вероятности того, что в результате этих трёх выстрелов по мишени будет:

а) ровно одно попадание;

б) хотя бы одно попадание;

в) ровно два попадания.

Решение

а) Пусть событие A – одно попадание в мишень. Обозначим $A_1 - A_3 -$ события, означающие попадания в мишень соответственно при первом, втором и третьем выстрелах. Событие A выражается так

$$A = A_1\overline{A}_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1\overline{A}_2A_3,$$

где $\overline{A}_1 - \overline{A}_3 -$ события, противоположные соответственно событиям $A_1 - A_3$.

Применяя теорему сложения вероятностей для несовместных событий и теорему умножения для независимых событий, получим

$$P(A) = P(A_1\overline{A}_2\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1A_2\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1\overline{A}_2A_3) =$$

$$= P(A_1)\cdot P(\overline{A}_2)\cdot P(\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1)\cdot P(A_2)\cdot P(\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1)\cdot P(\overline{A}_2)\cdot P(A_3) =$$

$$= 0{,}4\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}7 = 0{,}36.$$

б) Пусть событие B – хотя бы одно попадание в мишень, тогда

$$B = A_1A_2A_3 + A_1A_2\overline{A}_3 + A_1\overline{A}_2A_3 + A_1\overline{A}_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1\overline{A}_2A_3.$$

Но легче подсчитать вероятность противоположного события $\overline{B}$ – ни одного попадания при трёх выстрелах:

$$\overline{B} = \overline{A}_1\overline{A}_2\overline{A}_3.$$

Тогда $P(B) = 1 - P(\overline{B}) = 1 - 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}3 = 1 - 0{,}09 = 0{,}91.$

в) Пусть событие C равно двум попаданиям, тогда

$$C = A_1A_2\overline{A}_3 + A_1\overline{A}_2A_3 + \overline{A}_1A_2A_3,$$

$$P(C) = 0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}3 + 0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7 + 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7 = 0{,}41.$$

Задача 3

По каналу связи передаётся один из двух возможных сигналов x_1 или x_2. Сигнал x_2 передаётся в среднем в два раза чаще, чем сигнал x_1. Из-за наличия помех возможны искажения: вместо сигнала x_1 на приёме может быть получен сигнал x_2 и наоборот. Свойства канала связи таковы, что сигнал x_1 подвергается искажениям в 10 %, а сигнал x_2 – в 20 % случаев. Предположим, что получен сигнал x_1. Какова вероятность, что передан этот же сигнал?

Решение

Введём обозначения:

событие A – передан сигнал x_1;

событие B – получен сигнал x_1.

Тогда событие $\overline{A}$ – передан сигнал x_2. Событие B может наступить лишь при появлении одного из несовместных событий (гипотез) A и $\overline{A}$.

По условиям задачи:

$$P(A) = \frac{1}{3}; \quad P(\overline{A}) = \frac{2}{3}.$$

Вероятность того, что получен сигнал x_1, при условии, если передали этот же сигнал:

$$P(B/A)=0{,}9.$$

Вероятность того, что получен сигнал x_1, если передали сигнал x_2:

$$P(B/\overline{A})=0{,}2.$$

Искомую вероятность $P(A/B)$ находим по формуле Бейеса

$$P(A/B)=\frac{P(A)\cdot P(B/A)}{P(A)\cdot P(B/A)+P(\overline{A})\cdot P(B/\overline{A})}=\frac{\frac{1}{3}\cdot 0{,}9}{\frac{1}{3}\cdot 0{,}9+\frac{2}{3}\cdot 0{,}2}\approx 0{,}692.$$

Задача 4

"n" стрелков независимо друг от друга стреляют по одной и той же цели. Вероятность попадания для каждого стрелка равна $p=0{,}004.$ Определить количество стрелков, которое потребуется для поражения цели с вероятностью не меньшей, чем $P=0{,}98.$

Решение

Пусть событие A – поражение цели стрелками, тогда $\overline{A}-$ промахи всех стрелков. Так как выстрелы производятся независимо друг от друга, то по теореме умножения вероятностей

$$P(\overline{A})=(1-p)^n,$$

а вероятность наступления события A

$$P(A)=1-P(\overline{A})=1-(1-p)^n.$$

По условию задачи необходимо, чтобы

$$1-(1-p)^n\geq P$$

или

$$1 - P \geq (1 - p)^n.$$

Отсюда

$$\lg(1 - P) \geq n \cdot \lg(1 - p)$$

и, с учетом того, что $\lg(1 - p) < 0$:

$$n \geq \frac{\lg(1 - P)}{\lg(1 - p)}.$$

При p = 0,004 и P = 0,98 получим

$$n \geq \frac{\lg 0{,}02}{\lg 0{,}996} \approx 976.$$

Ответ

Для поражения цели требуется не менее 976 стрелков.

Задача 5

Из партии, состоящей из 50 изделий, среди которых имеется 5 бракованных, выбраны случайным образом четыре изделия для проверки их качества. Построить ряд распределения случайного числа X бракованных изделий, содержащихся в выборке, и найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение случайной величины X. Найти функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

Решение

Возможными значениями случайной величины X будут

$x_1 = 0$ (в выборке нет бракованных изделий);

$x_2 = 1$ (в выборке одно бракованное изделие);

$x_3 = 2; x_4 = 3; x_5 = 4$ (все четыре выбранных изделия бракованные).

Найдем вероятность того, что случайная величина X примет эти значения.

а) $x_1 = 0.$

Согласно классическому определению вероятности, вероятностью события A называется отношение числа благоприятных случаев m к общему числу случаев n:

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

Общее число состоит из возможных комбинаций, которые можно образовать из 50 изделий по четыре, т. е.

$$n = C_{50}^4,$$

где число сочетаний вычисляется по формуле

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Из этого числа случаев благоприятными являются только те выборки, которые не содержат бракованных изделий. Так как имеется 45 небракованных изделий, то число благоприятных случаев – это число способов, которыми можно выбрать 4 изделия из 45, т. е.

$$m = C_{45}^4,$$

тогда для $x_1 = 0$

$$p_1 = \frac{C_{45}^4}{C_{50}^4} = \frac{\frac{45!}{4!\cdot 41!}}{\frac{50!}{4!\cdot 46!}} = \frac{42\cdot 43\cdot 44\cdot 45}{47\cdot 48\cdot 49\cdot 50} = 0{,}64696.$$

б) $x_2 = 1.$

Общее число случаев $n = C_{50}^4.$

Благоприятными случаями являются те выборки, которые содержат одно бракованное изделие и три небракованных.

Число способов, которыми можно выбрать одного бракованное изделие из пяти, равно числу сочетаний из 5 по 1, т. е. $C_5^1.$

Кроме того, число способов, которыми можно выбрать остальные три небракованных изделия из 45, равно $C_{45}^3.$ А так как каждое выбранное бракованное изделие может оказаться в одной выборке с каждой из троек небракованных

изделий, то число всех выборок по 4 изделия, в которых одно бракованное, а три небракованных, равно: $C_5^1 \cdot C_{45}^3$, тогда

$$p_2 = \frac{C_5^1 \cdot C_{45}^3}{C_{50}^4} = 0{,}30807.$$

в) Вероятность того, что случайная величина X примет значение, равное 2, равна $(x_3 = 2)$

$$p_3 = \frac{C_5^2 \cdot C_{45}^2}{C_{50}^4} = 0{,}043.$$

г) $x_4 = 3.$

$$p_4 = \frac{C_5^3 \cdot C_{45}^1}{C_{50}^4} = 0{,}00195.$$

д) $x_5 = 4.$

$$p_5 = \frac{C_5^4 \cdot C_{45}^0}{C_{50}^4} = 0{,}00002.$$

Получим следующий ряд распределения:

X	0	1	2	3	4
P	0,64696	0,30807	0,043	0,00195	0,00002

Определяем математическое ожидание (округлим до 0,001).

$$M(X) = \sum_{i=1}^{5} x_i p_i = 0 \cdot 0{,}647 + 1 \cdot 0{,}308 + 2 \cdot 0{,}043 + 3 \cdot 0{,}002 + 4 \cdot 0 = 0{,}398 \approx 0{,}4.$$

Дисперсию вычислим по формуле

$$D(X) = \sum_{i=1}^{5} x_i^2 p_i - \left(M(X)\right)^2.$$

Для нахождения дисперсии составим ряд распределения для величины x^2 (вероятности округлены до 0,001)

X^2	0	1	4	9	16
P	0,647	0,308	0,043	0,002	0

тогда

$$D(X) = 0 \cdot 0{,}647 + 1 \cdot 0{,}308 + 4 \cdot 0{,}043 + 9 \cdot 0{,}002 + 16 \cdot 0 - (0{,}4)^2 \approx 0{,}338 \approx 0{,}34.$$

Среднее квадратическое отклонение $\sigma(x)$ рассчитывается по формуле

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)} = \sqrt{0{,}34} \approx 0{,}58.$$

Найдём функцию распределения $F(x)$. Согласно определению, функцией распределения случайной величины X называется вероятность того, что она примет значение меньшее, чем заданное x:

$$F(x) = P\{X < x\}.$$

1. Пусть $x \le 0$; так как число изделий отрицательным быть не может, то для любого $x \le 0$ (включая 0) $F(x) = 0.$
2. Пусть $0 < x \le 1$ (например, $x = 1/2$):

$$F(x) = P\{X = 0\} = 0{,}64696.$$

3. Пусть $1 < x \le 2$ (например, 1,75):

$$F(x) = P\{X < 2\} = P\{X = 0\} + P\{X = 1\} = 0{,}64696 + 0{,}30807 = 0{,}95503.$$

Очевидно, что и $F(2) = 0{,}95503.$

4. Пусть $2 < x \le 3$, тогда

$$F(x) = P\{X < 3\} = P\{x = 0\} + P\{x = 1\} + P\{x = 2\}$$

$$= 0{,}95503 + 0{,}043 = 0{,}99803.$$

5. Пусть $3 < x \le 4$: $F(x) = P\{X < 4\} = 0{,}99803 + 0{,}00195 = 0{,}999.$

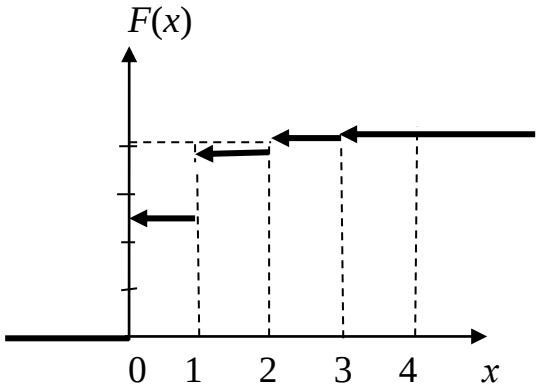
Тогда и $F(4) = 0{,}99998.$

6. Пусть $x > 4$: $F(x) = 0{,}99998 + 0{,}00002 = 1.$

Итого:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \le 0, \\ 0{,}64696, & 0 < x \le 1, \\ 0{,}95503, & 1 < x \le 2, \\ 0{,}99803, & 2 < x \le 3, \\ 0{,}99998, & 3 < x \le 4, \\ 1, & x > 4 \end{cases}.$$

Изобразим графические функции $F(x)$:



Задача 6

Дискретная случайная величина X может принимать только два значения: x_1 и x_2, причем $x_1 < x_2$. Известны вероятность p_1 возможного значения x_1, математическое ожидание $M(X)$ и $D(X)$. Найти закон распределения этой случайной величины, если $p_1 = 0{,}3; \quad M(X) = 3{,}4; \quad D(X) = 0{,}84.$

Решение

Сумма вероятностей всех возможных значений дискретной случайной величины равна единице, поэтому вероятность того, что X примет x_2, равна 1 – 0,3 = 0,7.

Напишем закон распределения X:

X	x_1	x_2
P	0,3	0,7

Для отыскания x_1 и x_2 надо составить два уравнения, связывающие эти числа. С этой целью выразим известные математическое ожидание и дисперсию через x_1 и x_2

Найдем $M(X)$

$$M(X) = 0{,}3x_1 + 0{,}7x_2.$$

По условию: $M(X) = 3{,}4,$ следовательно,

$$0{,}3x_1 + 0{,}7x_2 = 3{,}4 \qquad (1)$$

Напишем закон распределения X^2

X^2	x_1^2	x_2^2
P	0,3	0,7

Найдём $M(X^2)$

$$M(X^2) = 0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2.$$

Формула для нахождения дисперсии имеет вид

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2.$$

Подставляя, $D(X) = 0{,}84,$ получим

$$0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 - (3{,}4)^2 = 0{,}84$$

или

$$0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 = 12{,}4. \qquad (2)$$

Объединяя уравнения (1) и (2), получим систему уравнений

$$\begin{cases} 0{,}3x_1 + 0{,}7x_2 = 3{,}4 \\ 0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 = 12{,}4 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} 3x_1 + 7x_2 = 34 \\ 3x_1^2 + 7x_2^2 = 124. \end{cases}$$

Из первого уравнения находим

$$x_1 = \frac{34 - 7x_2}{3}.$$

Подставляя это значение x_1 во второе уравнение, получим после упрощения

$$5x_2^2 - 34x_2 + 56 = 0.$$

Корнями этого квадратного уравнения будут числа $x_2' = 2{,}8$ и $x_2'' = 4.$
Для $x_2' = 2{,}8$ находим

$$x_1' = \frac{34 - 7 \cdot 28}{3} = 4{,}8.$$

Для $x_2'' = 4$ находим

$$x_1'' = \frac{34 - 7 \cdot 4}{3} = 2.$$

Но по условию задачи $x_1 < x_2$, поэтому остаётся принять, что $x_1 = 2$ и $x_2 = 4.$

Таким образом, закон распределения случайной величины X имеет вид

X	2	4
P	0,3	0,7

Задача 7

Случайная величина X задана интегральной функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(x)$, дисперсию $D(x)$. Построить график функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина X примет значение, заключенное в интервале $\left(\frac{\pi}{16};\frac{\pi}{12}\right)$, если

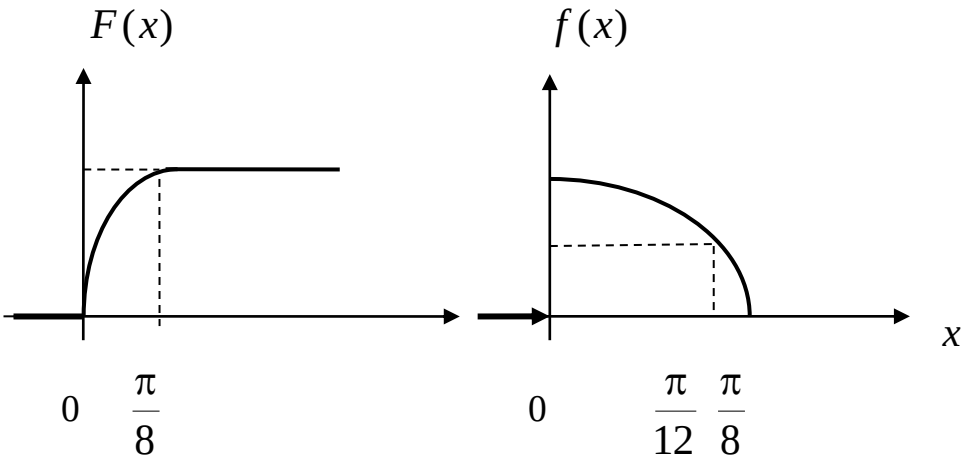
$$F(x)=\begin{cases}0, & \text{при} \quad x<0\\ \sin 4x, & \text{при} \quad 0\le x\le \frac{\pi}{8}\\ 1, & \text{при} \quad x>\frac{\pi}{8}\end{cases}$$

Решение

Для нахождения плотности вероятности $f(x)$ воспользуемся формулой $f(x)=F'(x)$. Тогда

$$f(x)=\begin{cases}0, & \text{при} \quad x<0\\ 4\cos 4x, & \text{при} \quad 0<x\le \frac{\pi}{8}\\ 0, & \text{при} \quad x>\frac{\pi}{8}.\end{cases}$$

Графики $F(x)$ и $f(x)$ таковы:



Для нахождения математического ожидания используем формулу

$$M(X)=\int_a^b x\cdot f(x)\,dx,$$

где a и b – границы интервала, которому принадлежат все возможные значения X.

Подставив $a=0;\quad b=\dfrac{\pi}{8};\quad f(x)=4\cos 4x$, получим

$$M(X)=\int_0^{\pi/8} x\cdot 4\cos 4x\,dx=4\int_0^{\pi/8} x\cdot\cos 4x\,dx=$$

$$=\left|\begin{array}{ll} u=x; & dv=\cos 4x\,dx \\ du=dx; & v=\dfrac{1}{4}\sin 4x \end{array}\right|=$$

$$=4x\frac{1}{4}\sin 4x\Big|_0^{\pi/8}-4\int_0^{\pi/8}\frac{1}{4}\sin 4x=$$

$$=x\sin 4x\Big|_0^{\pi/8}-4\int_0^{\pi/8}\sin 4x\,dx=$$

$$=\frac{\pi}{8}\cdot\sin\frac{4\pi}{8}+\frac{1}{4}\cos 4x\Big|_0^{\pi/8}=\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}.$$

Для нахождения дисперсии воспользуемся формулой

$$D(X) = \int_a^b x^2 f(x)dx - M^2(X),$$

тогда

$$D(X) = 4\int_a^b x^2 \cos 4xdx - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \left| \begin{array}{ll} u = x^2, & \cos 4xdx = dv \\ du = 2xdx, & v = \frac{1}{4}\sin 4x \end{array} \right| =$$

$$= 4\frac{1}{4}\sin 4x \cdot x^2 \Big|_0^{\pi/8} - 4\frac{1}{4}\int_0^{\pi/8} 2x \sin 4x - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= x^2 \sin 4x \Big|_0^{\pi/8} - 2\int_0^{\pi/8} x \sin 4xdx - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \left| \begin{array}{ll} x = u, & \sin 4xdx = dv \\ dx = du, & v = -\frac{1}{4}\cos x \end{array} \right| =$$

$$\frac{\pi^2}{64} - 2(-\frac{1}{4}x\cos 4x\Big|_0^{\pi/8} + \frac{1}{4}\int_0^{\pi/8}\cos 4xdx) - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \frac{\pi^2}{64} - 2\frac{1}{16}\sin 4x\Big|_0^{\pi/8} - -\left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 =$$

$$= \frac{\pi^2}{64} - \frac{1}{8} - \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{4}\right)^2 = \frac{\pi - 3}{16}.$$

Вероятность того, что заданная величина X примет значения, заключённые в интервале $\left(\frac{\pi}{16};\frac{\pi}{12}\right)$, находится по формуле

$$P(a<X<b)=\int_a^b f(x)dx=F(b)-F(a),$$

тогда

$$P\left(\frac{\pi}{16}<X<\frac{\pi}{12}\right)=\sin 4x\Big|_{\pi/16}^{\pi/12}=\sin\frac{\pi}{3}-\sin\frac{\pi}{4}=$$

$$=\frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{2}\approx 0{,}159.$$

Задача 8

Найти вероятность того, что в четырёх независимых испытаниях событие A повторится:

а) ровно два раза;

б) не менее двух раз;

в) не более двух раз;

г) хотя бы один раз,

если в каждом испытании вероятность появления события A равна 0,4.

Решение

Для решения задачи воспользуемся формулой Бернулли: вероятность того, что в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события $p(0<p<1)$, событие наступит ровно k раз (безразлично, в какой последовательности), равна

$$P_n(k)=C_n^k p^k q^{n-k},$$

где $q=1-p$; тогда вероятность того, что в четырёх испытаниях событие A наступит:

а) ровно два раза, равна

$$P_4(2)=C_4^2\cdot 0{,}4^2\cdot 0{,}6^2=\frac{4!}{2!\cdot 2!}0{,}16\cdot 0{,}36=0{,}3456;$$

б) не менее двух раз:

$$P_4(2)+P_4(3)+P_4(4)=0{,}3456+0{,}1536+0{,}0256=0{,}5248;$$

в) не более двух раз:

$$P_4(0)+P_4(1)+P_4(2)=1-P_4(3)-P_4(4)=$$

$$=1-0{,}1536-0{,}0256=0{,}8208;$$

г) хотя бы один раз:

$$P_4(1)+P_4(2)+P_4(3)+P_4(4)=1-P_4(0)=$$

$$=1-C_4^0\cdot 0{,}4^0\cdot 0{,}6^4=1-0{,}1296=0{,}8704.$$

Задача 9

Известны математическое ожидание $a=7$ и среднее квадратическое отклонение σ нормально распределённой величины X. Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал (4, 13).

Решение

Вероятность того, что нормально распределённая величина X примет значение, принадлежащее интервалу (α,β), равна:

$$P(\alpha<X<\beta)=\Phi\left(\frac{\beta-a}{\sigma}\right)-\Phi\left(\frac{\alpha-a}{\sigma}\right),$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа.

Подставив $\alpha=4,\quad \beta=13,\quad a=7$ и $\sigma=3$, получим

$$P(4<X<13)=\Phi\left(\frac{13-7}{3}\right)-\Phi\left(\frac{4-7}{3}\right)=\Phi(2)-\Phi(-1)=\Phi(2)+\Phi(1).$$

По таблице значений функций Лапласа (смотреть, например [4]. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике, прил. 2) находим:

$$\Phi(2) = 0{,}4772; \quad \Phi(1) = 0{,}3413,$$

тогда

$$P(4 < X < 13) = 0{,}4772 + 0{,}3413 = 0{,}8185.$$

Задача 10

В лифт семиэтажного дома на первом этаже вошли три человека. Каждый из них с одинаковой вероятностью выходит на любом из этажей, начиная со второго. Найти вероятности следующих событий:

A – все пассажиры выйдут на четвёртом этаже;

B – все пассажиры выйдут одновременно (на одном и том же этаже);

C – все пассажиры выйдут на разных этажах.

Решение

Общее число случаев $n = 6^3 = 216, \quad P(A) = \frac{1}{216}$. Вероятность события B вшестеро больше вероятности события A (так как этажей, на которых можно выйти, 6); $m = 6$ и $\mathrm{P(B)} = \frac{6}{216} = \frac{1}{36}$. Для события C число способов, которыми можно распределить трёх пассажиров по шести этажам: $m = C_6^3 = 20;$ $P(C) = \frac{20}{216} = \frac{5}{54.}$

Задача 11

Двое поочередно бросают монету. Выигрывает тот, у которого раньше появится герб. Определить вероятность выигрыша для каждого из игроков.

Решение

Вероятность выигрыша для игроков обозначим p_1 и p_2.

$$p_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^5} + \cdots = \frac{2}{3}.$$

Имеем сумму бесконечно убывающей геометрической прогрессии, где $b_1 = \frac{1}{2}, \quad q = \frac{1}{4}, S = \frac{b_1}{1-q} = \frac{2}{3}.$

$$p_2 = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^6} + \cdots = \frac{1}{3},$$

где $b_1 = \frac{1}{4}, \quad q = \frac{1}{4}.$

Другое решение:

$$p_1 + p_2 = 1,\ p_2 = \frac{1}{2} p_1, \quad \text{т. е.} \quad p_1 = \frac{2}{3},\ p_2 = \frac{1}{3}.$$

Задача 12

Плотность распределения вероятностей случайной величины X имеет вид $f(x) = \gamma e^{-x^2+2x+3}$. Найти γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $-\frac{1}{3} < X < \frac{4}{3}.$

Решение

Используем формулы для нормального распределения. Плотность нормального распределения: $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}}$. Преобразуем заданную функцию:

$$f(x) = \gamma e^{-((x^2-2x+1)-1-3)} = \gamma e^{-(x-1)^2+4} = \gamma e^4 e^{-(x-1)^2}.$$

Отсюда имеем:

$$2\sigma^2 = 1, \quad D(X) = \sigma^2 = \frac{1}{2}, \quad \sigma = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

$$\gamma e^4 = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{2\pi}}; \quad \gamma = \frac{1}{e^4\sqrt{\pi}};$$

$$F(x)=\frac{1}{2}+\Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)=\frac{1}{2}+\Phi\left(\frac{x-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)=\frac{1}{2}+\Phi(\sqrt{2}(x-1));$$

$$P(\alpha<X<\beta)=\Phi\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right)-\Phi\left(\frac{\alpha-m}{\sigma}\right);$$

$$P\left(-\frac{1}{3}<X<\frac{4}{3}\right)=\Phi\left(\frac{\frac{4}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)-\Phi\left(\frac{-\frac{1}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)=\Phi\left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right)+\Phi\left(\frac{4\sqrt{2}}{3}\right)=$$

$$=\Phi(0{,}4714)+\Phi(1{,}8856)=0{,}1808+0{,}4706=0{,}6514.$$

Задача 13

Дана плотность распределения случайной величины X:

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x\in[a,b],\\ 0, & x\bar{\in}[a,b].\end{cases}$$

Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины Y, которая представляет собой площадь квадрата со стороной x, если a = 4, b = 6.

Решение

$$Y = \varphi(x) = x^2, \qquad M(Y) = \int_a^b \varphi(x) f(x) dx,$$

$$M(Y) = \int_4^6 x^2 \frac{(x-4)}{2} dx = \frac{86}{3};$$

$$D(Y) = \int_a^b \varphi^2(x) f(x) dx - M^2(Y);$$

$$D(Y) = \int_4^6 x^4 \frac{(x-4)}{2} dx - \left(\frac{86}{3}\right)^2 = \frac{1084}{45} \approx 24{,}1.$$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант № 1

1. Два брата входят в состав двух различных спортивных команд, состоящих из 12 человек каждая. В двух урнах имеется по 12 билетов с номерами от 1 до 12. Члены каждой команды вынимают наудачу по одному билету из определенной урны (без возвращения). Найти вероятность того, что оба брата вытащат номер 6.

2. Радиолампа может принадлежать к одной из трёх партий с вероятностями 0,25; 0,5; 0,25. Вероятности того, что лампа проработает заданное число часов, равны для этих партий, соответственно, 0,1; 0,2; 0,5. Определить вероятность того, что радиолампа проработает заданное число часов.

3. Чему равна вероятность того, что при бросании трёх игральных костей 6 очков появится хотя бы один раз?

4. Вероятность выхода из строя за время T одного конденсатора равна 0,2. Определить вероятность того, что за время T из 100 конденсаторов выйдут из строя:

а) не менее 20 конденсаторов;

б) менее 28 конденсаторов;

в) от 14 до 26 конденсаторов.

5. Опыт состоит из трёх бросаний монеты, из которых герб выпадает с вероятностью p = 0,5. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

Вариант № 2

1. Студент знает 45 из 60 вопросов программы. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) все три вопроса; б) только два; в) только один вопрос.

2. Устройство содержит 2 независимо работающих элемента. Вероятности отказа элементов соответственно равны 0,05 и 0,08. Найти вероятность отказа устройства, если для этого достаточно, чтобы отказал хотя бы один элемент.

3. При передаче сообщения сигналами «точка» и «тире» эти сигналы встречаются в соотношении 5/3. Статистические свойства помех таковы, что искажаются в среднем 2/5 сообщений «точка» и 1/3 сообщений «тире». Найти вероятность того, что произвольный из принятых сигналов не искажён.

4. Вероятность поражения мишени стрелком при одном выстреле равна 0,75. Найти вероятность того, что при 10 выстрелах, стрелок поразит мишень 8 раз. Результат, полученный применением локальной теоремы Лапласа, сравнить с результатом, полученным по формуле Бернулли.

5. Опыт состоит из четырех независимых бросаний монеты, в каждом из которых герб выпадает с вероятностью $p = 0{,}5$. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

Вариант № 3

1. В каждой из двух урн находится 5 белых и 10 черных шаров. Из первой урны переложили во вторую наудачу один шар, а затем из второй вынули наугад один шар. Найти вероятность того, что вынутый шар окажется чёрным.

2. Отдел технического контроля проверяет изделия на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,8. Найти вероятность того, что из двух проверенных изделий только одно стандартное.

3. В лотерее 1000 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 500 рублей, на 10 билетов – по 100 рублей, на 50 билетов – по 20 рублей, на 100 билетов – по 5 рублей, остальные билеты невыигрышные. Некто покупает 1 билет. Найти вероятность выигрыша не менее 20 рублей.

4. Для определения содержания полезных компонентов на металлургическом комбинате проводится опробование вагонов с товарной рудой. Найти вероятность того, что из 400 вагонов опробование пройдут ровно 80 вагонов, если из 5 вагонов опробуется только один.

5. Производится 4 выстрела по мишени. Вероятность попадания при каждом выстреле равна 0,3. Для случайного числа попаданий построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения, г) найти математическое ожидание.

Вариант № 4

1. Три стрелка в одинаковых и независимых условиях производят по одному выстрелу по одной и той же цели. Вероятность поражения цели первым стрелком равна 0,9, вторым – 0,8, третьим – 0,7. Найти вероятность того, что: а) только один из стрелков попадает в цель; б) только два стрелка попадут в цель; в) все три стрелка попадут в цель.

2. Наборщик пользуется двумя кассами. В первой кассе – 90 %, а во второй – 80 % отличного шрифта. Найти вероятность того, что любая извлечённая литера из наудачу взятой кассы будет отличного качества.

3. Студент знает 70 из 90 вопросов программы. Найти вероятность того, что студент знает предложенные ему экзаменатором 3 вопроса.

4. Имеются 100 станков одинаковой мощности, работающих независимо друг от друга в одинаковом режиме, при котором их привод оказывается включённым в течение $p = 0{,}8$ всего рабочего времени. Какова вероятность того, что в произвольно взятый момент времени окажутся включенными от 70 до 80 станков?

5. Производится взрывание пяти скважин. Вероятность высокой эффективности объёма взорванной массы одной скважины равна 0,7. Построить ряд распределения эффективности объёма взорванной массы и найти её математическое ожидание.

Вариант № 5

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 1600 испытаниях событие наступит 1200 раз.

2. Автомат штампует детали. Вероятность того, что за один час не будет выпущено ни одной нестандартной детали, равна 0,9. Найти вероятность того, что будут стандартными все детали, выпущенные за 3 часа.

3. Число грузовых автомашин, проезжающих по шоссе, на котором стоит бензоколонка, относится к числу легковых автомашин как 3/2. Вероятность того, что будет заправляться грузовая машина, равна 0,1, для легковой машины эта вероятность равна 0,2. К бензоколонке подъехала для заправки машина. Найти вероятность того, что эта машина грузовая.

4. Из цифр 1 – 5 выбирается наудачу одна, затем из оставшихся также наудачу выбирается вторая. Найти вероятности следующих событий:

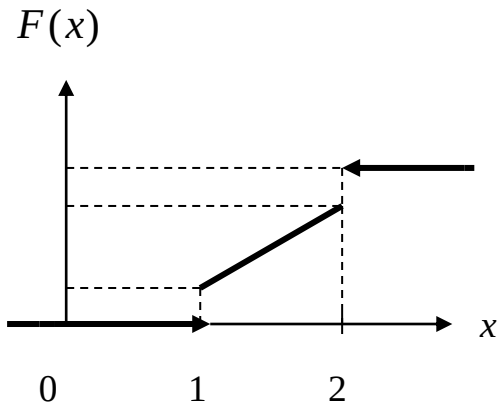
событие A – первая цифра чётная;

событие $Б$ – вторая цифра чётная;

событие B – обе цифры чётные;

событие D – хотя бы одна цифра чётная.

5. Случайная величина X имеет функцию распределения, заданную графически.



Значения $x=1$ и $x=2$ имеют отличные от нуля вероятности:

$$P\{x=1\}=0{,}25,$$

$$P\{x=2\}=0{,}75,$$

при $x<1$ $F(x)=0,$ при $x>2$ $F(x)=1.$

На участке $1\le x\le 2$ $F(x)$ изменяется по линейному закону. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

Вариант № 6

1. Для сигнализации об аварии установили три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии сработает первое устройство, равна 0,9; второе – 0,95 и третье – 0,85. Найти вероятность того, что при аварии сработает: а) только одно устройство; б) только два устройства; в) все три устройства.

2. Рабочий обслуживает три станка, на которых обрабатываются однотипные детали. Вероятность брака для первого станка равна 0,02; для второго – 0,03; для третьего – 0,04. Обработанные детали складываются в один ящик. Производительность первого станка в три раза больше, чем второго, а третьего – в два раза меньше, чем второго. Определить вероятность того, что взятая наудачу деталь будет бракованной.

3. Какова вероятность того, что квадрат выбранного наудачу целого числа будет оканчиваться цифрой 1.

4. В ОТК поступила партия изделий. Вероятность того, что наудачу взятое изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что из 100 проверенных изделий окажется стандартных не менее 84.

5. Производятся последовательные испытания приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9.

Вариант № 7

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,07. Найти вероятность того, что в 1400 испытаниях событие наступит ровно 28 раз.

2. Два автомата производят детали, которые поступают на общий конвейер. Вероятность получения нестандартной детали на первом автомате равна 0,06, а на втором – 0,09. Производительность второго автомата вдвое больше, чем первого. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь нестандартна.

3. Из колоды в 52 карты вынимается наудачу три карты. Найти вероятность того, что это тройка, семёрка и туз.

4. Монета подбрасывается 5 раз. Найти вероятность следующих событий:
событие A – все пять раз появится герб;
событие $Б$ – хотя бы один раз появится герб;
событие B – герб появится ровно два раза.

5. В денежной лотерее выпущено 100 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 50 руб.; четыре выигрыша по 25 руб.; десять – по 10 руб.; остальные невыигрышные. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина X – стоимость возможного выигрыша) и найти математическое ожидание.

Вариант № 8

1. В партии из 100 деталей имеются 10 дефектных. Найти вероятность того, что среди 5 изделий, наудачу взятых из этой партии, только 2 окажутся дефектными.

2. В двух ящиках содержится по 20 деталей, причём из них в первом ящике 17, а во втором – 15 нестандартных деталей. Из второго ящика наудачу извлечена одна деталь и переложена в первый ящик. Найти вероятность того, что наудачу извлеченная деталь из первого ящика будет стандартной.

3. Данное предприятие в среднем даёт 21 % продукции высшего сорта и 70 % продукции первого сорта. Найти вероятность того, что случайно взятое изделие окажется первого или высшего сорта.

4. Вероятность того, что в результате четырёх независимых опытов событие A произойдёт хотя бы один раз, равна 0,5. Определить вероятность появления события A при одном опыте, если она во всех опытах остаётся неизменной.

5. Игральная кость брошена 2 раза. Написать ряд распределения числа появлений «тройки» и найти математическое ожидание.

Вариант № 9

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 125 испытаниях событие наступит не менее 75 и не более 90 раз.

2. Две перфораторщицы набили по одинаковому комплекту перфокарт, вероятность того, что первая перфораторщица допустит ошибку, равна 0,05, для второй эта вероятность равна 0,1. При сверке перфокарт была обнаружена ошибка. Найти вероятность того, что ошиблась первая перфораторщица.

3. Два студента ищут нужную им книгу в букинистических магазинах. Вероятность того, что книга будет найдена первым студентом, равна 0,6, а вторым – 0,7. Какова вероятность того, что только один из студентов найдет книгу?

4. С помощью карточек, на которых написано по одной букве, составлено слово «карета». Карточки перемешиваются, а затем наугад извлекаются по одной. Какова вероятность, что в порядке поступления букв образуется слово «ракета»?

5. На пути движения автомашины 4 светофора. Каждый из них с вероятностью 0,5 либо разрешает, либо запрещает автомашине дальнейшее движение. Построить ряд и многоугольник распределения вероятностей числа светофоров, пройденных автомашиной без остановки.

Вариант № 10

1. На трёх станках при одинаковых и независимых условиях изготовляются детали одного наименования. На первом станке изготовляется 10 %, на втором – 30 %, на третьем – 60 % всех деталей. Для каждой детали вероятность быть бездефектной равна 0,7, если она изготовлена на первом станке; 0,8 – если она изготовлена на втором станке; 0,9 – на третьем станке. Найти вероятность того, что наугад взятая деталь окажется бездефектной.

2. Для поражения цели достаточно попадания хотя бы одного снаряда. Произведено 2 залпа из двух орудий. Найти вероятность поражения цели, если вероятность попадания в цель при одном выстреле из 1-го орудия равна 0,3, а из второго – 0,4.

3. На столе лежат 36 экзаменационных билетов с номерами 1, 2, …, 36. Преподаватель берёт три любых билета. Какова вероятность того, что они из первых четырёх?

4. Вероятность для данного спортсмена улучшить свой предыдущий результат с одной попытки равна 0,6. Определить вероятность того, что на соревнованиях спортсмен улучшит свой результат, если разрешается делать две попытки.

5. Энергосистема состоит из четырёх блоков, работающих независимо. Вероятность исправного состояния блоков в течение времени T равна 0,6. Рассматривается случайная величина X – число блоков, находящихся в исправном состоянии в течение времени T. Построить ряд распределения, функцию распределения величины X. Найти её математическое ожидание.

Вариант № 11

1. Из трёх орудий произведены залпы по цели. Вероятность попадания в цель при одном выстреле из первого орудия равна 0,9, для второго и третьего орудий эти вероятности соответственно равны 0,8 и 0,6. Найти вероятность того, что только одно орудие попадает в цель.

2. На сборку поступают детали с двух автоматов. Первый автомат даёт 0,2 % брака, а второй – 0,3 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступило 3000, а со второго 2000 деталей.

3. На экзамене студенту предлагается 20 билетов. В каждом билете 3 вопроса. Из 60 вопросов, вошедших в билеты, студент знает 50. Какова вероятность того, что взятый студентом билет будет состоять из известных ему вопросов?

4. Аппаратура содержит 2000 одинаково надёжных элементов, вероятность отказа от каждого из которых равна $p = 0{,}0005$. Какова вероятность отказа: а) одного элемента; б) хотя бы одного элемента.

5. В техническом устройстве работают независимо 2 блока. Вероятность безотказной работы первого блока 0,4; второго – 0,7. Случайная величина X – число работающих блоков. Построить ряд распределения, многоугольник распределения случайной величины X. Найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение.

Вариант № 12

1. Из 50 проб химического состава рудной массы в 35 пробах обнаружено наличие тяжелых металлов. Найти вероятность того, что тяжёлые металлы содержатся в двух взятых наудачу пробах.

2. Детали проходят три операции обработки. Вероятность получения брака на первой операции равна 0,02; на второй – 0,03; на третьей – 0,02. Найти вероятность получения небракованной детали после трёх операций, предполагая, что получение брака на отдельных операциях являются событиями независимыми.

3. При разрыве снаряда образуются крупные, средние и мелкие осколки в отношении 1 : 3 : 6. При попадании в танк крупный осколок пробивает броню с вероятностью 0,9; средний – 0,3; мелкий – 0,1. Какова вероятность того, что попавший в броню осколок пробьёт её?

4. Случайная величина X задана рядом распределения:

X	2	3	10
P	0,1	0,4	0,5

Найти $M(X); D(X); \sigma(X)$. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность любому абоненту позвонить на коммутатор в течение часа равна 0,01. Телефонная станция обслуживает 300 абонентов. Какова вероятность, что в течение часа позвонят 4 абонента?

Вариант № 13

1. В каждой из двух урн содержатся 3 чёрных и 7 белых шаров. Из второй урны наудачу извлечен один шар и переложен в первую урну, после чего из первой урны наудачу извлечён один шар. Найти вероятность того, что шар, извлеченный из первой урны, окажется белым.

2. Охотники Александр, Виктор и Павел попадают в летящую утку с вероятностями, соответственно равными: 2/3, 3/4 и 1/4. Все одновременно стреляют по пролетающей утке. Какова вероятность того, что утка будет убита?

3. Детали могут быть изготовлены с применением двух технологий: в первом случае деталь проходит 3 технологических операции, вероятность получения брака при каждой из которых равны, соответственно 0,1; 0,2 и 0,3. Во втором случае имеются 2 операции, вероятности получения брака при которых одинаковы и равны 0,3. Определить, какая технология обеспечивает большую вероятность получения первосортной продукции, если в первом случае вероятность получения продукции первого сорта для небракованной детали равна 0,9, а во втором – 0,8.

4. В течение часа коммутатор получает в среднем 60 вызовов. Какова вероятность того, что в течение 1 минуты не будет ни одного вызова?

5. В денежной лотерее выпущено 1000 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 100 руб., четыре – по 50 руб., 5 – по 40 руб. и десять по 10 руб. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина X – стоимость возможного выигрыша). Найти $M(X), D(X),$ составить функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

Вариант № 14

1. Три автомата изготовляют детали, которые поступают на общий контейнер. Производительность первого, второго и третьего автоматов относится как 2/3/5. Вероятность того, что деталь, изготовленная первым автоматом, отличного качества, равна 0,9, для второго и третьего автоматов эти вероятности, соответственно, равны 0,8 и 0,7. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь окажется отличного качества.

2. В записанном номере телефона оказалась стёртой последняя цифра. Какова вероятность того, что, наудачу набирая последнюю цифру телефонного номера, Вы сразу позвоните нужному лицу? Вычислить эту вероятность, предлагая, что Вы вспомнили, что последняя цифра: а) нечётная; б) не больше 5.

3. Производится выстрел по трём складам боеприпасов. Вероятность попадания в первый склад 0,01, во второй – 0,008, в третий – 0,025. При попадании в один из складов взрываются все три. Найти вероятность того, что склады будут взорваны.

4. Случайная величина X задана законом распределения

X	2	4	8
p	0,1	0,5	0,4

Найти среднее квадратическое отклонение этой величины. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность рождения мальчика равна 0,515. Найти вероятность того, что из 200 родившихся детей мальчиков и девочек будет поровну.

Вариант № 15

1. Для сигнализации об аварии установлены три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии первое устройство сработает, равна 0,8, для второго и третьего устройства эти вероятности, соответственно, равны 0,9 и 0,8. Найти вероятность того, что при аварии сработают: а) только одно устройство, б) только два устройства; в) все три устройства.

2. На сборку поступают детали с трёх автоматов. Первый автомат даёт 0,3 % брака, второй – 0,2 % брака, третий – 0,4 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступает 1000 деталей, со второго – 2000, а с третьего – 2500.

3. Цифровой замок содержит на общей оси 4 диска, каждый из которых разделён на 6 секторов, отмеченных определёнными цифрами. Замок может быть открыт только в том случае, когда цифры образуют определённую комбинацию. Какова вероятность открыть замок, установив определённую комбинацию цифр?

4. Игральная кость брошена 3 раза. Написать ряд распределения числа появлений шестёрки. Найти $M(X), D(X),$ составить функцию распределения $F(x)$.

5. Вероятность изделия некоторого производства оказаться бракованным равна 0,005. Чему равна вероятность того, что из 10000 наудачу взятых изделий бракованных окажется ровно 40?

Вариант № 16

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при двух выстрелах равна 0,96. Найти вероятность двух попаданий при трёх выстрелах.

2. На сборку поступают детали с четырёх автоматов. Первый даёт 40 %, второй – 30 %, третий – 20 %, а четвёртый 10 % всех деталей данного типа, которые поступают на сборку. Первый автомат даёт 0,1 % брака, второй – 0,2 %, третий – 0,25 %, четвёртый – 0,5 %. Найти вероятность поступления на сборку бракованной детали.

3. Каждая из букв Т, М, Р, О, Ш написана на одной из пяти карточек. Карточки перемешиваются и раскладываются наугад. Какова вероятность того, что образуется слово «ШТОРМ»?

4. Случайная величина X принимает только два значения $+C$ и $-C$, каждые с вероятностью 0,5. Найти дисперсию этой случайной величины.

5. На склад магазина поступают изделия, из которых 80 % оказывается высшего сорта. Найти вероятность того, что из 100 взятых наугад изделий не менее 85 изделий окажутся высшего сорта.

Вариант № 17

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при трёх выстрелах равна 0,992. Найти вероятность четырёх попаданий при пяти выстрелах.

2. Однотипные детали поступают на сборку с двух автоматов. Первый автомат даёт 80 % необходимых для сборки деталей, а второй – 20 %. Вероятность детали быть бракованной, если она изготовлена на первом автомате, равна 1 %, если на втором – 4 %. Поступившая на сборку деталь оказалась бракованной. Какова вероятность того, что эта деталь изготовлена: а) на первом автомате; б) на втором автомате?

3. Телефонный номер состоит из 5 цифр. Определить вероятность того, что все цифры различны.

4. При ведении горных работ происходит загрязнение атмосферы послегазовыми выбросами в 9 из 10 случаев. Найти вероятность того, что при 50 массивных взрывах загрязнение атмосферы наступит не более, чем в 40 случаях.

5. В урне находится 15 белых, 10 чёрных и 3 синих шара. Каждое испытание состоит в том, что наудачу извлекают один шар, не возвращая его в урну. Найти вероятность того, что: а) при первом испытании появится белый шар (событие A), при втором – чёрный (событие B) и при третьем – синий (событие C); б) при первом испытании появится белый шар, а при втором и третьем – чёрные шары.

Вариант № 18

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что событие наступит 120 раз в 144 испытаниях.

2. Рабочий обслуживает 4 станка. Вероятность того, что в течение часа первый станок не потребует внимания рабочего, равна 0,3; второй – 0,4; третий – 0,7; четвёртый – 0,4. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего.

3. Литьё в болванках поступает с двух заготовительных цехов – 70 % из первого и 30 % из второго. При этом материал первого цеха имеет 10 % брака, а второго – 20 %. Найти вероятность того, что одна наудачу взятая болванка без дефектов.

4. Случайная величина принимает только два значения – +10 и -10, каждое с вероятностью 0,5. Найти среднее квадратическое отклонение этой величины.

5. В урне 15 белых и 20 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что: 1) оба шара будут чёрными; 2) оба шара будут разного цвета.

Вариант № 19

1. Партия деталей изготовлена двумя рабочими. Первый рабочий изготовил 2/3 партии, второй – 1/3 партии. Вероятность брака для первого рабочего 1 %, для второго – 10 %. На контроль взяли одну деталь. Какова вероятность того, что она бракованная?

2. Из зенитного орудия производится три выстрела по снижающемуся самолёту. Вероятность попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,1; 0,2; 0,4. Определить вероятность не менее двух попаданий в самолёт.

3. Найти функции распределения $F(x)$, математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, если известен ряд распределения случайной величины X:

X	2	3	5
P	0,3	0,1	0,6

4. На восьми одинаковых карточках написаны, соответственно, числа 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13. Наугад берутся две карточки. Определить вероятность того, что образованная из двух полученных чисел дробь сократится.

5. Имеется три одинаковых урны, из которых в первой находится два белых и два чёрных шара, во второй и третьей – по три белых и четыре черных шара. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Найти вероятность того, что шар извлечён: а) из второй урны; б) из первой урны.

Вариант № 20

1. Сборщик получил 3 ящика деталей. В первом ящике 40 деталей, из них 20 окрашенных; во втором – 50, из них 10 окрашенных; в третьем – 30, из них 15 окрашенных. Найти вероятность того, что наудачу извлечённая деталь из наудачу взятого ящика окажется окрашенной.

2. Вероятность того, что студент сдаст первый экзамен, равна 0,9; второй – 0,9; третий – 0,8. Вычислить вероятность того, что хотя бы два экзамена будут сданы.

3. Производится два выстрела с вероятностями попадания в цель, равными $p_1 = 0{,}4;\ p_2 = 0{,}3$. а) записать ряд распределения случайной величины X – общего числа попаданий при двух выстрелах; б) найти математическое ожидание общего числа попаданий при двух выстрелах; в) найти дисперсию и построить многоугольник распределения.

4. Из колоды карт (36) наудачу вынимается две карты. Найти вероятность того, что среди них одна «дама» и один «король».

5. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,6. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,7. На обоих станках изготовлено по две детали. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

Вариант № 21

1. Ящик содержит 90 годных и 10 дефектных изделий. Найти вероятность того, что среди трёх наугад вынутых из ящика деталей нет дефектных.

2. Три электрические лампочки последовательно включены в цепь. Вероятность того, что одна (любая) лампочка перегорит, равна 0,6. Найти вероятность того, что тока в цепи не будет.

3. Имеется 5 урн: в двух урнах – по 2 белых и 1 чёрному шару; в одной 10 чёрных и ещё в двух – по 3 белых и 1 чёрному шару. Найти вероятность того, что вынутый из наудачу взятой урны шар окажется белым.

4. Из колоды в 36 карт вынимается наудачу две карты. Найти вероятность того, что это шестёрка и семёрка.

5. В лотерее 100 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 25 руб.; на 5 билетов – 20 руб.; на 10 билетов – 5 руб.; на 20 билетов – 1 руб.; остальные билеты невыигрышные. Найти вероятность выигрыша не менее 5 руб. на 1 билет. Составить ряд распределения случайной величины X – стоимости выигрыша на 1 билет. Найти математическое ожидание и дисперсию.

Билет № 22

1. Чему равна вероятность того, что дни рождения трёх человек придутся на разные месяцы: июнь, июль и август? Вероятности попадания дня рождения на данный месяц считаются равными для всех месяцев года.

2. Студент знает 40 вопросов из 50. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает:

а) все три вопроса; б) только два вопроса.

3. Имеются три одинаковые урны: первая содержит 1 белый и 6 чёрных шаров; вторая – 3 белых и 2 чёрных шара; третья – 7 белых и 8 чёрных шаров. Из одной урны, наудачу выбранной, вынут шар. Он оказался белым. Чему равна вероятность того, что шар вынут из первой урны?

4. Прибор, обладающий надёжностью (вероятностью безотказной работы за время t), равной $p = 0{,}8$, представляется недостаточно надёжным. Для повышения надёжности он дублируется ещё одним точно таким же работающим прибором. Если первый прибор за время t отказал, происходит автоматическое переключение на дублирующий. Приборы отказывают независимо друг от друга. Найти вероятность того, что система из двух приборов прорабатывает безотказно время t.

5. Электронная аппаратура имеет три дублирующих линии. Вероятность выхода из строя каждой линии за время гарантированного срока работы аппаратуры равна 0,1. Найти закон распределения случайного числа вышедших из строя линий за время гарантийного срока, если выход из строя одной линии не зависит от рабочего состояния других линий. Найти $M(X), \sigma(X)$.

Вариант № 23

1. При разведке медноколчеданных месторождений в 7 из 10 случаев опознавательным признаком может служить присутствие ярозита или барита. Найти вероятность присутствия минералов хотя бы в одном из трёх месторождений.

2. Студент знает 25 вопросов из 30. Каждый экзаменационный билет содержит два вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) оба вопроса; б) хотя бы один вопрос.

3. В урне A белых, B чёрных и C красных шаров. Наугад вынимаются 3 шара. Найти вероятность того, что все вынутые шары будут разных цветов.

4. Имеется десять одинаковых урн, из которых в девяти находятся по 2 чёрных и по 2 белых шара, а в одной – 5 белых и 1 чёрный шар. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Какова вероятность того, что шар извлечён из урны, содержащей 5 белых шаров?

5. Противник стремится сорвать связь, создавая помехи в двухчастотных диапазонах со средними частотами f_1 и f_2. С этой целью мешающий передатчик настраивается попеременно на частоты f_1 и f_2 через равные промежутки времени. Вероятность сбоя от помехи на частоте f_1 составляет 0,3, а на частоте f_2 – 0,6. Какова вероятность того, что связь будет сорвана?

Вариант № 24

1. При установке одного пылеуловителя вероятность выброса в атмосферу вредных веществ составляет 0,8. Сколько пылеуловителей нужно поставить последовательно, чтобы сократить вероятность выбросов в 1,5 раза?

2. В круг радиуса R вписан равносторонний треугольник. Какова вероятность того, что две наугад поставленные в данном круге точки окажутся внутри треугольника?

3. Из урны, содержащей 3 белых и 2 чёрных шара, переложили 1 шар в урну, содержащую 4 белых и 4 чёрных шара. Вычислить вероятность вынуть белый шар из второй урны.

4. Вероятность изделия некоторого производства оказаться доброкачественным равна 0,996. Чему равна вероятность того, что из 1000 наудачу взятых изделий бракованных окажется ровно 5?

5. Стрелок производит три выстрела по мишени. Вероятность попадания в мишень при каждом выстреле равна 0,6. За каждое попадание стрелку засчитывается 3 очка. Построить ряд распределения числа выбитых очков и многоугольник распределения. Найти математическое ожидание.

Вариант № 25

1. Для некоторой местности среднее число дождливых дней в августе равно 11. Чему равна вероятность того, что первые два дня августа будут дождливыми?

2. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,7. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,8. На первом станке изготовлено две детали, на втором – три. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

3. Два стрелка независимо один от другого стреляют по одной мишени, причём каждый из них делает по одному выстрелу. Вероятность попадания в мишень для первого стрелка – 0,8, для второго – 0,4. После стрельбы в мишени обнаружена одна пробоина. Найти вероятность того, что она принадлежит первому стрелку.

4. Найти вероятность того, что из 500 посеянных семян не взойдёт 120, если всхожесть семян оценивается вероятностью 0,8.

5. Производятся последовательные испытания четырёх приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9. Найти математическое ожидание $M(X)$.

Вариант № 26

1. Сборщик получил 2 коробки одинаковых деталей, изготовленных заводом № 1, и три коробки деталей, изготовленных заводом № 2. Вероятность того, что деталь завода № 1 стандартна, равна 0,9, а завода № 2 – 0,7. Из наудачу взятой коробки сборщик наудачу извлёк деталь. Найти вероятность того, что извлечена стандартная деталь.

2. Брошены две игральные кости. Предполагается, что все комбинации выпавших очков равновероятны. Найти условную вероятность того, что выпали две пятёрки, если известно, что сумма выпавших очков делится на 5.

3. Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,4; 0,5; 0,7. Найти вероятность того, что в результате этих трёх выстрелов в мишени будет одна пробоина.

4. ОТК проверяет детали на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что: 1) три первых проверенных изделия стандартны; 2) нестандартным окажется третье по порядку проверки изделие; 3) из трёх проверенных изделий только одно стандартно.

5. Дискретная случайная величина X задана следующим рядом распределения:

X	0	1	3	4
P	0,1	0,2	0,6	0,1

Найти функцию распределения и построить её график. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

Вариант № 27

1. В урне A белых и B черных шаров. Из урны вынимается шар, отмечается его цвет, и шар возвращается в урну. После этого из урны берётся ещё один шар. Найти вероятность того, что оба вынутые шары – белые.

2. Вероятность попасть в цель равна 0,01. Сколько нужно сделать выстрелов, чтобы иметь хотя бы одно попадание: а) с вероятностью, не меньшей 0,5; б) с вероятностью, не меньшей 0,9?

3. Вероятность рождения мальчика равна 0,51. Найти вероятность того, что из 300 родившихся детей будут 160 мальчиков.

4. Для участия в студенческих отборочных спортивных соревнованиях выделено из первой группы курса – 4, из второй – 6, из третьей – 5 студентов. Вероятности того, что студент первой, второй и третьей группы попадает в сборную института, соответственно, равны 0,5; 0,7; 0,8. Наудачу выбранный студент в итоге соревнования попал в сборную. Найти вероятность того, что он принадлежит второй группе.

5. Вероятность появления случайного события A в одном испытании равна 0,6. Проведено два независимых испытания. Составить ряд распределения случайной величины X – числа появлений события A в двух независимых испытаниях и найти математическое ожидание и дисперсию.

Вариант № 28

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 100 испытаниях событие появится 76 раз.

2. На обувной фабрике в отдельных цехах производятся подмётки, каблуки и верхи ботинок. Дефектными оказываются 1 % каблуков, 4 % подмёток и 5 % верхов. Произведённые каблуки, подмётки и верхи случайным образом комбинируются в цехе, где и шьются ботинки. Найти вероятность не быть испорченным одному ботинку. Какой процент ботинок будет испорченным, т. е. будет содержать дефекты?

3. По танку производятся два одиночных выстрела. Вероятность попадания при первом – 0,5, при втором – 0,8. Для вывода танка из строя достаточно двух попаданий. При одном попадании танк выходит из строя с вероятностью 0,4. Найти вероятность того, что в результате двух выстрелов танк будет выведен из строя.

4. В двух ящиках находятся детали: в первом – 10 (из них три стандартные); во втором – 15 (из них 6 стандартные). Из каждого ящика наудачу вынимают по одной детали. Найти вероятность того, что: 1) обе детали окажутся стандартными; 2) только одна из двух деталей стандартная; 3) хотя бы одна из двух деталей стандартная.

5. Случайная величина задана законом распределения:

X	2	4	8
P	0,1	0,5	0,4

Найти среднее квадратическое отклонение этой величины.

Вариант № 29

1. Сколько нужно передать одинаковых сообщений, чтобы с вероятностью 0,9 можно было утверждать, что сообщение принято не менее одного раза правильно, если вероятность правильного приёма сообщения составляет 0,5?

2. Вероятность для изделий некоторого производства удовлетворять стандарту равна 0,96. Предполагается упрощённая схема испытаний, дающая положительный результат с вероятностью 0,98 для изделий, удовлетворяющих стандарту, и 0,05 для изделий, которые ему не удовлетворяют. Какова вероятность того, что изделие, выдержавшее испытание, удовлетворяет стандарту?

3. В студии телевидения имеется 3 телевизионные камеры. Для каждой камеры вероятность того, что она включена в данный момент, равна 0,6. Найти вероятность того, что в данный момент: а) включена хотя бы одна камера; б) включена только одна камера; в) включены все три камеры; г) выключены все камеры.

4. Имеются две партии изделий по 12 и 10 штук, причём в каждой партии по два изделия бракованных. Изделие, взятое наудачу из первой партии, переложено во вторую, после чего выбирается наудачу изделие из второй партии. Определить вероятность бракованного изделия из второй партии.

5. Найти математическое ожидание числа очков, которые могут выпасть при одном бросании игральной кости. Записать закон распределения в виде таблицы. Найти $D(X)$.

Вариант № 30

1. Вероятность появления события A в каждом из независимых испытаний равна 0,64. Произведено144 испытания. Найти вероятность того, что событие A появится не менее 100 раз.

2. Вероятность попадания в первую мишень для данного стрелка равна 2/3. Если при первом выстреле зафиксировано попадание, то стрелок получает право на второй выстрел по другой мишени. Вероятность поражения обеих мишеней при двух выстрелах равна 0,5. Определить вероятность поражения второй мишени.

3. В урне 5 белых и 7 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что оба шара будут белыми.

4. В батарее из 10 орудий одно непристрелянное. Вероятность попадания из пристрелянного орудия равна 0,73, а из непристрелянного – 0,23. Производили один выстрел и промахнулись. Найти вероятность того, что выстрел произведён из непристрелянного орудия.

5. Построить ряд распределения, многоугольник распределения и функцию распределения случайного числа попаданий мячом в корзину при одном броске, если вероятность попадания p = 0,3. Найти математическое ожидание и дисперсию.

Задание 6

Дискретная случайная величина X может принимать только два значения: x_1 и x_2, причём $x_1 < x_2$. Известны вероятность p_1 возможного значения x_1, математическое ожидание *M*(X) и дисперсия *D*(X). Найти закон распределения этой случайной величины, если:

Таблица 1

Данные для нахождения закона распределения случайной величины

Номер варианта	p_1	***M*(*X*)**	***D*(*X*)**
1	0,2	3,8	0,16
2	0,1	3,9	0,09
3	0,3	3,7	0,21
4	0,5	3,5	0,25
5	0,7	3,3	0,21
6	0,9	3,1	0,09
7	0,9	2,2	0,36
8	0,8	3,2	0,16
9	0,6	3,4	0,24
10	0,4	3,6	0,24
11	0,3	5,4	0,84
12	0,1	4,8	0,36
13	0,3	4,1	1,89
14	0,5	4,5	2,25
15	0,7	2,9	1,89
16	0,9	1,4	1,44
17	0,3	2,4	0,84
18	0,9	3,3	0,81
19	0,3	2,7	0,21
20	0,4	2,2	0,96

Продолжение таблицы 1

Номер варианта	p_1	***M*(*X*)**	***D*(*X*)**
21	0,9	4,1	0,09
22	0,7	3,9	1,89
23	0,1	5,8	0,36
24	0,2	2,6	0,64
25	0,1	1,9	0,09
26	0,3	3,1	1,89
27	0,5	3	1
28	0,4	2,6	0,24
29	0,6	3,2	2,16
30	0,6	3,6	3,84

Задание 7

Случайная величина X задана функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$. Построить графики функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина X примет значение, заключенное в интервале $(a;b)$.

Таблица 2

Данные для выполнения задания № 7

Номер вар.	Функция $F(x)$	Номер вар.	Функция $F(x)$
1	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le \frac{3}{4}\pi \\ \cos 2x, & \frac{3}{4}\pi < x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{3}{4}\pi;\ \frac{5}{6}\pi\right)$	2	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ x^2, & \text{при } 0 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3};\ \frac{1}{2}\right)$
3	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 1 \\ \frac{x^2 - x}{2}, & \text{при } 1 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1{,}5;\ 1{,}8)$	4	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ x^3, & \text{при } 0 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3};\ \frac{1}{2}\right)$
5	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 3x^2 + 2x, & \text{при } 0 < x \le \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(\frac{1}{5};\ \frac{1}{4}\right)$	6	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 2 \\ 0{,}5x - 1, & \text{при } 2 < x \le 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1;\ 3)$
7	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{1}{9}x^2, & \text{при } 0 < x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	8	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{4}, & \text{при } 0 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1;\ 2)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
9	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -\frac{\pi}{2} \\ \cos x, & -\frac{\pi}{2} < x \le 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{3};\ -\frac{\pi}{6}\right)$	10	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 2\sin x, & 0 < x \le \frac{\pi}{6} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{6} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{12};\ \frac{\pi}{6}\right)$
11	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -2 \\ \frac{x+2}{4}, & \text{при } -2 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(-1;\ 1)$	12	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\frac{\pi}{2} \\ \frac{1+\sin x}{2}, & -\frac{\pi}{2} \le x \le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{4};\ \frac{\pi}{4}\right)$
13	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1-\cos x}{2}, & 0 \le x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{4};\ \frac{\pi}{3}\right)$	14	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{25}, & \text{при } 0 < x \le 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(4;\ 5)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
15	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -1 \\ \frac{3}{4}(x+1), & -1 < x \le \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{1}{2}\right)$	16	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \sin 2x, & 0 < x \le \frac{\pi}{4} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{4} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{\pi}{3}\right)$
17	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 1-\cos x, & 0 < x \le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{6};\ \frac{\pi}{3}\right)$	18	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -1 \\ \frac{x+1}{3}, & \text{при } -1 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(0{,}5;\ 1{,}5)$
19	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{36}, & \text{при } 0 < x \le 6 \\ 1, & \text{при } x > 6 \end{cases}$ $(2;\ 4)$	20	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{100}, & \text{при } 0 < x \le 10 \\ 1, & \text{при } x > 10 \end{cases}$ $(5;\ 10)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
21	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -1 \\ \dfrac{x+1}{2}, & \text{при } -1 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{1}{2}\right)$	22	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 1 \\ \dfrac{x-1}{2}, & \text{при } 1 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$
23	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \dfrac{x^3}{8}, & \text{при } 0 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	24	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{3}x, & \text{при } 0 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$
25	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{4}x, & \text{при } 0 \le x \le 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	26	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{5}x, & \text{при } 0 \le x \le 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(1;\ 3)$
27	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \sin x, & 0 \le x \le \dfrac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \dfrac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{\pi}{3}\right)$	28	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\dfrac{\pi}{2} \\ \cos 3x, & -\dfrac{\pi}{2} < x \le 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{3};\ 0\right)$

Окончание таблицы 2

Номер вар.	Функция $F(x)$	Номер вар.	Функция $F(x)$
29	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le \frac{\pi}{2} \\ -\cos x, & \frac{\pi}{2} < x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{2};\ \frac{3\pi}{4}\right)$	30	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{x^3}{27}, & \text{при } 0 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$

Задание 8

Найти вероятность того, что в n независимых испытаниях событие A повторяется: а) ровно k раз; б) не менее k раз; в) не более k раз; г) хотя бы один раз, зная что в каждом испытании вероятность появления события A равна p.

Таблица 3

Данные для выполнения задания № 8

Номер варианта	*n*	*k*	*p*	Номер варианта	*n*	*k*	*p*
1	6	3	0,7	2	7	2	0,2
3	6	4	0,2	4	5	3	0,1
5	4	3	0,7	6	6	4	0,1
7	5	4	0,5	8	6	2	0,8
9	4	3	0,8	10	3	2	0,8
11	4	2	0,9	12	4	2	0,8
13	5	2	0,7	14	5	3	0,6
15	4	2	0,5	16	4	3	0,4
17	5	2	0,3	18	5	3	0,4

Окончание таблицы 3

Номер варианта	***n***	***k***	***p***	**Номер варианта**	***n***	***k***	***p***
19	4	2	0,3	20	4	3	0,2
21	5	2	0,1	22	5	2	0,2
23	4	3	0,3	24	3	2	0,4
25	5	3	0,5	26	6	3	0,6
27	4	2	0,7	28	5	4	0,8
29	6	4	0,9	30	6	5	0,1

Задание 9

Известны математическое ожидание a и среднее квадратическое отклонение σ нормально распределённой величины X. Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал (α, β).

Таблица 4

Данные для выполнения задания № 9

Номер варианта	***a***	σ	α	β	**Номер варианта**	***a***	σ	α	β
1	2	4	6	10	2	10	4	2	13
3	9	5	5	14	4	8	1	4	9
5	7	2	3	10	6	6	3	2	11
7	5	1	1	12	8	4	5	2	11
9	3	2	3	10	10	2	5	4	9
11	2	2	1	5	12	3	2	2	6
13	4	3	3	7	14	7	3	4	8
15	6	3	5	9	16	4	1	1	5
17	4	2	2	6	18	5	2	3	7
19	5	3	4	8	20	6	3	5	9

Окончание таблицы 4

Номер варианта	***a***	σ	α	β	**Номер варианта**	***a***	σ	α	β
21	3	4	6	10	22	5	3	5	9
23	2	2	4	6	24	3	2	1	5
25	7	2	3	13	26	9	5	7	14
27	6	2	2	12	28	2	2	4	7
29	8	4	4	13	30	6	3	2	12

Исходные данные к расчётным заданиям № 10 – 15 приведены в таблице 5 в конце заданий.

Задание 10

Бросаются две игральные кости. Определить вероятность того, что: а) сумма числа очков не превосходит n; б) произведение числа очков не превосходит n; в) произведение числа очков делится на n.

Задание 11

Среди n лотерейных билетов k выигрышных. Наудачу взяли m билетов. Определить вероятность того, что среди них l выигрышных.

Задание 12

В лифт k-этажного дома вошли n пассажиров $(n< k)$. Каждый независимо от других с одинаковой вероятностью может выйти на любом (начиная со второго) этаже. Определить вероятности того, что: а) все пассажиры выйдут одновременно на одном и том же этаже; б) все вышли на разных этажах.

Задание 13

В круге радиуса R наудачу появляется точка. Определить вероятность того, что она попадает в одну из двух непересекающихся фигур, площади которых равны S_1 и S_2.

Задание 14

Вероятность того, что цель поражена при одном выстреле первым стрелком p_1, вторым – p_2. Первый сделал n_1, второй – n_2 выстрелов. Определить вероятность того, что цель не поражена.

Задание 15

Два игрока поочередно бросают монету. Выигравшим считается тот, у кого раньше выпадет герб. Первый бросок делает игрок A, второй – B, третий A и т. д.

Найти вероятность указанного ниже события.

Варианты 1 – 8. Выиграл A до k-ого броска.

Варианты 9 – 15. Выиграл A не позднее k-ого броска.

Варианты 16 – 23. Выиграл B до k-ого броска.

Варианты 24 – 30. Выиграл B не позднее k-ого броска.

Задание 16

Дана плотность распределения $f(x)$ случайной величины X. Найти параметр γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $x_1 < X < x_2$.

Варианты $1-8$: $f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{\gamma-a}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b].\end{cases}$

Варианты $9-16$: $f(x)=\begin{cases}a, & x\in[\gamma;b],\\ 0, & x\overline{\in}[\gamma;b].\end{cases}$

Варианты $17-24$: $f(x)=\begin{cases}\gamma, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b].\end{cases}$

Варианты $25-30$: $f(x)=\begin{cases}a, & x\in\left[\dfrac{b-\gamma}{2};\dfrac{b+\gamma}{2}\right],\\ 0, & x\overline{\in}\left[\dfrac{b-\gamma}{2};\dfrac{b+\gamma}{2}\right].\end{cases}$

Указание

Использовать формулы равномерного распределения.

Задание 17

Плотность распределения вероятностей случайной величины X имеет вид $F(x)=\gamma e^{ax^2+bx+c}$. Найти γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $x_1<X<x_2$.

Указание

Использовать формулы для нормального распределения.

Задание 18

Дана плотность распределения случайной величины X. Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины Y, которая представляет собой площадь одной из указанных ниже геометрических фигур.

Варианты 1-15: $$f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{b-a}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b];\end{cases}$$

в вариантах 1 – 5: Y – площадь равностороннего треугольника со стороной x;

в вариантах 6 – 10: Y – площадь круга радиуса x;

в вариантах 11 – 15: Y – площадь квадрата со стороной x.

Варианты16-31: $$f(x)=\begin{cases}\dfrac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b];\end{cases}$$

в вариантах 16 – 20: Y – площадь равностороннего треугольника со стороной x;

в вариантах 21– 25: Y – площадь круга радиуса x;

в вариантах 26 – 31: Y – площадь квадрата со стороной x.

Таблица 5

Исходные данные к расчётным заданиям

Номер варианта	Задание № 10	Задание № 11				Задание № 12		Задание № 13		
	n	***n***	***l***	***m***	***k***	***k***	***n***	***R***	S_1	S_2
1	3	10	2	4	6	6	4	11	2,25	3,52
2	4	10	2	3	6	7	4	12	2,37	3,52
3	5	10	3	5	7	8	5	13	2,49	3,52
4	6	10	3	5	6	9	5	14	2,55	1,57
5	7	11	2	5	7	10	6	11	2,27	5,57
6	8	11	3	4	8	11	4	12	2,39	5,57
7	9	11	3	5	7	12	4	13	2,51	1,57
8	10	12	3	8	5	13	3	14	2,57	3,52
9	3	12	2	8	3	14	3	11	2,29	3,52
10	4	12	2	5	4	13	4	12	2,41	3,52
11	5	9	2	4	6	12	3	13	2,53	3,52
12	6	9	3	5	6	11	3	14	2,59	5,57
13	7	9	2	3	7	10	4	15	2,5	8,7
14	8	8	2	4	5	9	4	16	2,6	8,5
15	9	8	2	5	4	8	3	11	2,2	3,5
16	10	8	3	4	5	7	3	12	2,4	3,5
17	11	10	4	6	5	6	4	13	2,5	3,5
18	12	10	5	7	7	7	4	14	2,6	1,8
19	13	10	4	6	7	8	5	15	2,7	7,9
20	14	12	4	8	6	9	5	16	2,7	8,2
21	15	8	2	3	4	10	6	11	2,3	3,5
22	16	8	2	3	5	11	4	12	2,4	3,5
23	17	8	2	4	3	12	4	13	2,5	3,5

Окончание таблицы 5

номер варианта	Задание № 10	Задание № 11				Задание № 12		Задание № 13		
	n	***n***	***l***	***m***	***K***	***k***	***n***	***R***	S_1	S_2
24	18	8	3	5	4	13	3	14	2,6	5,6
25	19	8	1	4	2	14	3	15	2,5	8,7
26	20	9	2	3	5	12	3	11	2,3	5,6
27	3	9	3	4	4	11	3	12	2,4	5,6
28	4	9	2	6	3	10	4	13	2,5	3,5
29	5	9	4	5	5	9	4	14	2,6	5,6
30	6	9	3	5	4	8	3	15	2,7	7,9

В первой горизонтальной строке указаны номера задач; в левом столбце – номера вариантов.

Таблица 6

Исходные данные к расчётным заданиям

Номер варианта	Задание № 14				Зад. № 15	Задание № 16				Задание № 17					Задание № 18	
	p_1	p_2	n_1	n_2	***k***	***a***	***b***	x_1	x_2	***a***	***b***	***c***	x_1	x_2	***a***	***b***
1	0,61	0,55	2	3	4	2,5	4	3	3,3	-2	8	-2	1	3	0	2
2	0,62	0,54	3	2	5	1,5	3	2	2,6	-2	4/3	-2/3	1/3	2/3	1	2
3	0,63	0,53	2	3	6	1,5	2,5	2	2,3	-2	-8	2	-3/2	-1	2	3
4	0,64	0,52	3	2	7	1	3,5	2	2,8	-4	6	2	0	3/4	2	4
5	0,65	0,51	2	3	8	-1	2	-0,7	1,1	-3	3	-2	1/2	3/2	3	5
6	0,66	0,49	3	2	9	-2	1	-1,5	0,3	-4	-6	-2	-3/4	1/4	0	2
7	0,67	0,48	2	3	10	-3	5	-2	2	-3	-3	2	-1/2	3/2	1	3
8	0,68	0,43	3	2	11	-1,5	2,5	-1	0	-3	-4	2	1/3	4/3	2	4
9	0,69	0,46	2	3	4	1	1,8	1,3	1,6	-2	-4/3	2/3	-1/3	2/3	3	5
10	0,71	0,45	3	2	5	1	2,4	1,5	2	-3	4	-2	-1/3	5/3	4	6

Окончание таблицы 6

Номер варианта	**Задание № 14**				**Задание № 15**	**Задание № 16**				**Задание № 17**					**Задание № 18**	
	p_1	p_2	n_1	n_2	***k***	***a***	***b***	x_1	x_2	***a***	***b***	***c***	x_1	x_2	***a***	***b***
11	0,72	0,44	2	3	6	2	3,5	2,5	3	-2	8	0	1	3	0	2
12	0,73	0,43	3	2	7	2	2,8	2,1	2,5	-2	1,3	0	1/3	2/3	1	2
13	0,74	0,42	2	3	8	1	2,8	-1	3	-2	-8	0	-3/2	-1	2	3
14	0,75	0,41	3	2	9	1	2,6	1,5	3	-4	6	0	0	3/4	2	4
15	0,76	0,39	2	3	10	2	3	1	3	-3	3	0	1/2	3/2	3	5
16	0,77	0,38	3	2	12	2	4,8	4,5	5	-4	-6	0	-3/4	1/4	0	2
17	0,78	0,37	2	3	5	-4	-2	-1	0	-3	-3	0	-1/2	3/2	1	3
18	0,39	0,45	3	2	6	-3	-1	-2	0	-3	-4	0	1/3	4/3	2	4
19	0,38	0,46	2	3	7	2	4	0	3	-2	-4/3	0	-1/3	2/3	3	5
20	0,37	0,47	3	2	8	1	3	0	2	-3	4	0	-1/3	5/3	4	6
21	0,36	0,48	2	3	9	1	1,5	0	0,5	-2	8	-1	1	3	0	2
22	0,35	0,49	3	2	10	-1	1,5	0	1	-4	6	1	0	3/4	1	2
23	0,34	0,51	2	3	11	-1,5	-1	-1	2	-2	-8	-1	-3/2	-1	3	4
24	0,33	0,52	3	2	4	-1,5	1	-1	1	-4	-6	-1	-3/4	1/4	2	4
25	0,32	0,53	2	3	5	0,5	1	0	3	-3	3	-1	1/2	3/2	3	5
26	0,31	0,54	3	2	6	0,2	2	0	4	-3	-4	1	1/3	4/3	3	4
27	0,29	0,55	2	3	7	0,5	3	0	0,5	-3	-3	1	-1/2	3/2	0	2
28	0,28	0,56	3	2	8	0,4	4	1	5	-3	4	-1	-1/3	5/3	1	3
29	0,27	0,57	2	3	9	1/4	1	0	3	-2	-4/3	1/3	-1/3	2/3	2	4
30	0,26	0,58	3	2	10	0,02	2	0	3	-2	4/3	-1/3	1/3	2/3	3	5

ОТВЕТЫ

Вариант № 1

1) $\frac{1}{144}$; 2) 0,25; 3) $\frac{91}{216}$;

4) ≈ 0,5; ≈ 0,9599; ≈ 0,8664;

5)

X	0	1	2	3
P	0,125	0,375	0,375	0,125

Вариант № 2

1) ≈ 0,41; ≈ 0,43; ≈ 0,14;

2) 0,126; 3) $\frac{5}{8}$; 4) ≈ 0,28; ≈ 0,27;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,0625	0,25	0,375	0,25	0,0625

Вариант № 3

1) $\frac{2}{3}$; 2) 0,32; 3) 0,061; 4) ≈ 0,04986;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,2401	0,4116	0,2646	0,0756	0,0081

Вариант № 4

1) 0,092; 0,398; 0,504; 2) 0,85; 3) 0,456; 4) $\approx 0{,}4938$;

5)

X	0	1	2	3	4	5
P	0,0024	0,0284	0,1323	0,3087	0,3601	0,1683

Вариант № 5

1) $\approx 0{,}9375 \cdot 10^{-6}$; 2) 0,729; 3) $\frac{3}{7}$; 4) 0,4; 0,4; 0,1; 0,7;

5) $M(X) = \frac{3}{4}$; $D(X) = \frac{29}{48}$.

Вариант № 6

1) 0,02525; 0,24725; 0,727; 2) 0,024; 3) 0,2; 4) $\approx 0{,}9768$;

5)

X	1	2	3	4	5
P	0,1	0,09	0,081	0,0729	0,6561

Вариант № 7

1) $\approx 0{,}00001$; 2) 0,08; 3) 0,00289; 4) $\frac{1}{32}$; $\frac{31}{32}$; $\frac{5}{16}$;

5)

X	0	1	10	25	50
P	0,35	0,5	0,1	0,04	0,01

Вариант № 8

1) $\frac{C_{90}^{3}C_{10}^{2}}{C_{100}^{5}}$; 2) $\frac{13}{84}$; 3) 0,763; 4) ≈ 0,159;

5)

X	0	1	2
P	$\frac{25}{36}$	$\frac{5}{18}$	$\frac{1}{36}$

Вариант № 9

1) ≈ 0,0125; 2) $\frac{1}{3}$; 3) 0,46; 4) $\frac{1}{360}$;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,0625	0,25	0,375	0,25	0,0625

Вариант № 10

1) 0,85; 2) 0,8236; 3) $\frac{1}{1785}$; 4) 0,84;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,0625

Вариант № 11

1) 0,116; 2) 0,0024; 3) $\approx 0{,}573$; 4) $\frac{1}{e}$; $1-\frac{1}{e}$;

5)

X	0	1	2
P	0,18	0,54	0,28

Вариант № 12

1) $\approx 0{,}47$; 2) $\approx 0{,}93$; 3) 0,24; 4) 6,4; 13,04; 3,61;

5) $\approx 0{,}196$.

Вариант № 13

1) 0,7; 2) $\frac{15}{16}$; 3) 0,4536; 4) $\frac{1}{e}$;

5)

X	0	10	40	50	100
P	0,98	0,01	0,005	0,004	0,001

Вариант № 14

1) 0,77; 2) $\frac{1}{10}$; $\frac{1}{5}$; $\frac{1}{6}$;; 3) 0,0425; 4) $\sigma = 2{,}2$;

5) $\approx 0{,}052$.

Вариант № 15

1) 0,068; 0,352; 0,576; 2) $\approx 0{,}0031$; 3) $\frac{1}{1296}$;

4) 5) $\approx 0{,}0021$.

X	0	1	2	3
p	$\frac{125}{216}$	$\frac{75}{216}$	$\frac{15}{216}$	$\frac{1}{216}$

Вариант № 16

1) 0,384; 2) 0,002; 3) $\frac{1}{120}$; 4) C^2; 5) 0,1056.

Вариант № 17

1) 0,4096; 2) $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$; 3) $\approx 0{,}302$; 4) $\approx 0{,}0091$;

5) $\frac{25}{1092}$; $\frac{25}{364}$.

Вариант № 18

1) $\approx 0{,}05$; 2) 0,0336; 3) 0,87; 4) 10; 5) $\frac{38}{119}$; $\frac{60}{119}$.

Вариант № 19

1) 0,04; 2) 0,124; 3) $M(X)=3{,}9$; $D(X)=1{,}89$;; 4) $\frac{5}{14}$;

5) $\frac{7}{19}$; $\frac{6}{19}$.

Вариант № 20

1) $\frac{2}{5}$; 2) 0,954; 3)

X	0	1	2
P	0,42	0,46	0,12

4) $\frac{8}{315}$; 5) 0,1764.

Вариант № 21

1) $\approx 0{,}7265$; 2) 0,936; 3) $\frac{17}{30}$; 4) $\frac{8}{315}$;

5)

X	0	1	5	20	25
P	0,64	0,2	0,1	0,05	0,01

Вариант № 22

1) $\frac{1}{288}$; 2) $\frac{741}{1470}$; $\frac{39}{98}$; 3) $\frac{15}{127}$; 4) 0,96;

5)

X	0	1	2	3
P	0,729	0,243	0,027	0,001

Вариант № 23

1) 0,973; 2) $\frac{20}{29}$; $\frac{85}{87}$; 3) $\frac{ABC \cdot 3!}{(A+B+C)(A+B+C-1)(A+B+C-2)}$;

4) $\frac{5}{32}$; 5) 0,72.

Вариант № 24

1) 3; 2) $\frac{27}{16\pi^2}$; 3) $\frac{23}{45}$; 4) $\approx 0{,}176$;

5)

X	0	3	6	9
P	0,064	0,288	0,432	0,216

Вариант № 25

1) $\frac{11}{93}$; 2) $\approx 0{,}251$; 3) $\frac{6}{7}$; 4) $\approx 0{,}003$;

5)

X	1	2	3	4
P	0,1	0,09	0,081	0,729

Вариант № 26

1) 0,78; 2) $\frac{1}{7}$; 3) 0,36; 4) 0,729; 0,081; 0,027; 5) 2,4; 1,44.

Вариант № 27

1) $\left(\frac{a}{a+b}\right)^2$; 2) 69; 229; 3) $\approx 0{,}033$; 4) $\frac{21}{59}$;

5)

X	0	1	2
P	0,16	0,48	0,36

Вариант № 28

1) $\approx 0{,}06$; 2) 0,903; 9,7 %; 3) 0, 6; 4) $\frac{3}{25}$; $\frac{23}{50}$; $\frac{29}{50}$; 5) 2,2.

Вариант № 29

1) 4; 2) 0,99; 3) 0,936; 0,288; 0,216; 0,064; 4) $\frac{13}{66}$; 5) 3,5; $\frac{35}{12}$.

Вариант № 30

1) $\approx 0{,}869$; 2) $\frac{3}{4}$; 3) $\frac{5}{33}$; 4) 0,241;

5)

X	0	1
P	0,7	0,3

Ответы к заданию № 6 из таблицы 1

Номер варианта	X_1	X_2	P_1	P_2	**Номер варианта**	X_1	X_2	P_1	P_2
1	3	4	0,2	0,8	16	1	5	0,9	0,1
2	3	4	0,1	0,9	17	1	3	0,3	0,7
3	3	4	0,3	0,7	18	3	6	0,9	0,1
4	3	4	0,5	0,5	19	2	3	0,3	0,7
5	3	4	0,7	0,3	20	1	3	0,4	0,6
6	3	4	0,9	0,1	21	4	5	0,9	0,1
7	2	4	0,9	0,1	22	3	6	0,7	0,3
8	3	4	0,8	0,2	23	4	6	0,1	0,9
9	3	4	0,6	0,4	24	1	3	0,2	0,8
10	3	4	0,4	0,6	25	1	2	0,1	0,9
11	4	6	0,3	0,7	26	1	4	0,3	0,7
12	3	5	0,1	0,9	27	2	4	0,5	0,5
13	2	5	0,3	0,7	28	2	3	0,4	0,6
14	3	6	0,5	0,5	29	2	5	0,6	0,4
15	2	5	0,7	0,8	30	2	6	0,6	0,4

Ответы к заданию № 7 из таблицы 2

Номер варианта	$M(X)$	$D(X)$	**Номер варианта**	$M(X)$	$D(X)$
1	$\pi-\frac{1}{2}$	$\frac{\pi-3}{4}$	2	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{18}$
3	$\frac{19}{12}$	$\frac{11}{144}$	4	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{80}$
5	$\frac{5}{27}$	$\frac{13}{1458}$	6	3	$\frac{1}{3}$
7	2	0,5	8	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{9}$
9	1	$\pi-3$	10	$\frac{\pi}{6}+\sqrt{3}-2$	$\frac{2}{3}\pi+4\sqrt{3}-9$
11	0	$\frac{4}{3}$	12	0	$\frac{\pi^2}{4}-2$
13	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi^2}{4}-2$	14	$\frac{10}{3}$	$\frac{25}{18}$
15	$-\frac{1}{3}$	$\frac{4}{27}$	16	$\frac{\pi-2}{4}$	$\frac{\pi+3}{4}$
17	1	$\pi-3$	18	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
19	4	2	20	$\frac{20}{3}$	$5\frac{5}{9}$
21	0	$\frac{1}{3}$	22	2	$\frac{1}{3}$
23	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{20}$	24	1,5	0,75

Окончание таблицы

Номер варианта	$M(X)$	$D(X)$	**Номер варианта**	$M(X)$	$D(X)$
25	2	$\frac{4}{3}$	26	2,5	2,08
27	$\frac{\pi}{2}-1$	$\pi-3$	28	$\frac{1}{3}$	$\frac{\pi}{3}+\frac{1}{9}$
29	$\pi-1$	$\pi-3$	30	$\frac{9}{4}$	$\frac{27}{80}$

Ответы к заданию № 8 из таблицы 3

Номер варианта	**а) ровно *k* раз**	**б) не менее *k* раз**	**в) не более *k* раз**	**г) хотя бы один раз**
1	0,1852	0,93	0,256	0,9993
2	0,28	0,42	0,86	0,79
3	0,01536	0,01696	0,9984	0,74
4	0,0081	0,00856	0,99954	0,4095
5	0,4116	0,6517	0,7599	0,9919
6	0,001215	0,00127	0,99994	0,4686
7	0,15625	0,1875	0,96875	0,96875
8	0,01536	0,998	0,27904	0,99993
9	0,4096	0,8192	0,5904	0,9984
10	0,384	0,896	0,488	0,992
11	0,0486	0,9963	0,0523	0,9999
12	0,1536	0,9728	0,1808	0,9984
13	0,1323	0,9692	0,1631	0,9976
14	0,3456	0,6826	0,6630	0,9898

Окончание таблицы

Номер варианта	**а) ровно *k* раз**	**б) не менее *k* раз**	**в) не более *k* раз**	**г) хотя бы один раз**
15	0,375	0,6875	0,6875	0,9375
16	0,1586	0,1792	0,9744	0,3704
17	0,3087	0,4718	0,8369	0,8319
18	0,2304	0,3174	0,9133	0,92222
19	0,2646	0,3483	0,9163	0,7599
20	0,0256	0,0272	0,9984	0,5904
21	0,0729	0,0815	0,99144	0,4095
22	0,2048	0,2627	0,9421	0,6723
23	0,0756	0,0837	0,9919	0,7599
24	0,288	0,352	0,936	0,784
25	0,3125	0,5	0,8125	0,9675
26	0,2765	0,8208	0,4557	0,9959
27	0,2646	09163	0,3483	0,9919
28	0,4096	0,7373	0,6723	0,9997
29	0,0984	0,9841	0,1143	0,9999
30	0,000054	0,000055	0,999999	0,4686

Ответы к заданию № 9 из таблицы 4

№ 1: 0,1359; № 2: 0,7506; № 3: 0,6294;
№ 4: 0,8412; № 5: 0,9104; № 6: 0,0493;
№ 7: 0,9998; № 8: 0,5746; № 9: 0,4998;
№ 10: 0,2638; № 11: 0,6247; № 12: 0,6247;
№ 13: 0,4706; № 14: 0,4706; №: 15: 0,4706
№ 16: 0,8399; № 17: 0,6826; № 18: 0,6826;
№ 19: 0,4706; № 20: 0,4706; № 21: 0,1865;
№ 22: 0,4082; № 2: 0,1359; № 24: 0,6826;
№ 25: 0,9758; № 26: 0,4967; № 27: 0,9758;
№ 28: 0,1525; № 29: 0,7357; № 30: 0,8854.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 456 с.

Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Задачи и упражнения по теории вероятностей: учебное пособие. – М.: Кнорус, 2010. – 492 с.

Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшее образование, 2009. – 403 с.

Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшее образование, 2009. – 480 с.

Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. – М.: Физматгиз, 1988. – 406 с.

Соболев А. Б., Рыбалко А. Ф., Вараксин А. Н. Математика: курс лекций для технических вузов. Книга 2. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 445 с.

Чудесенко В. Ф. Сборник заданий по специальным курсам высшей математики. – М.: Высшая школа, 1983. – 110 с.

Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Упоров С.А.

Н.А.НОВИКОВА

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Методические указания для самостоятельной работы студентов специальности 15.02.16

Екатеринбург
2022

Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического
факультета УГГУ
«13»_09_2022
Председатель комиссии

Осипов П.А.

Методические указания для самостоятельной работы студентов
По дисциплине Метрология, стандартизация и сертификация

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ

Трудоемкость дисциплины							контрольные, расчетно-графические работы, рефераты	курсовые работы (проекты)
общая	лекции	практ.зан.	лабор.	СР	зачет	экз.		
очная форма обучения								
72	36	36				+		

Тематический план изучения дисциплины

Основная цель изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия» — формирование у студента знаний в областях теоретической метрологии, стандартизации и сертификации, а также практических навыков работы с нормативно-технической документацией и средствами измерения физических величин. Знания метрологии, стандартизации и сертификация являются инструментами обеспечения безопасности и качества продукции, работ и услуг. Проблема качества продукции актуальна для всех стран мира, независимо от зрелости рыночной экономики.

Программа дисциплины предусматривает постановку задач, изучения принципов и методов стандартизации, структуры и организации метрологической службы и метрологического обеспечения производства; принципов единства и достоверности измерений; изучение современных требований к качеству продукции, работы и услуг;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

– применять требования нормативных документов к основным видам продукции (услуг) и процессов;

– применять основные правила и документы систем сертификации Российской Федерации.

обучающийся должен знать:

– основные понятия и определения метрологии, стандартизации и сертификации, допусков и посадок, систем качества;
– основные положения Государственной системы стандартизации Российской Федерации.

Целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам очного и заочного обучения в изучении программного материала и выполнении контрольной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

Учебная работа студента-заочника при изучении курса складывается из следующих этапов: самостоятельного изучения курса по рекомендуемым учебникам и учебным пособиям; посещения установочных, консультационных занятий, проводимых преподавателями в период экзаменационных сессий;

Основной формой обучения студента-заочника является систематическая самостоятельная работа над учебным материалом (рекомендуемые учебники и учебные пособия, научно-производственная, справочная, нормативная литература и другие законодательные акты).

Особенностью изучения дисциплины является постоянное обновление научно-технических документов, стандартов.

Студенты выполняют одну контрольную работу. Итоговый контроль проводится в форме зачета. К зачету допускаются студенты, выполнившие и защитившие контрольную работу.

Весь материал дисциплины разбит на 3 раздела: метрология, стандартизация и сертификация

Метрология

Методические указания к теме1 Метрология (metrology) — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Для получения достоверных результатов нужен единый научный и законодательный фундамент, обеспечивающий на практике высокое качество измерений независимо от того, где и с какой целью они проводятся.

Сейчас метрология подразделяется на теоретическую, законодательную и прикладную.

Измеряемыми величинами, с которыми имеет дело метрология в настоящее время, являются физические величины, т.е. величины, входящие в уравнения опытных наук (физики, химии и др.). Метрология проникает во все науки и дисциплины, имеющие дело с измерениями, и является для них единой наукой. К основным понятиям, которыми оперирует метрология, можно отнести следующие: физическая величина, единица физической величины, передача размера единицы физической величины, средства измерений физической величины, эталон, образцовое средство измерений, рабочее средство измерений, измерение физической величины, метод измерений, результат измерений, погрешность измерений, метрологическая служба, метрологическое обеспечение и др.

Основными задачами метрологии являются:

– установление единиц физических величин, государственных и рабочих эталонов;

– разработка теории, методов средств измерений и контроля;

– обеспечение единства измерений;

– разработка методов оценки погрешностей, состояния средств измерения и контроля;

– разработка методов передачи единиц от эталонов рабочим средствам измерений

Любой объект измерения (предмет, процесс, явление) можно охарактеризовать такими свойствами или качествами, которые проявляются в большей или меньшей степени, и, следовательно, подвергаются количественной оценке.

В измерении для количественного описания различных свойств, процессов и физических тел вводят понятие величины.

Величина может быть определенна как то, что можно измерить, или исчислить.

Обычным объектом измерений являются физические величины, например длина, масса, время, температура и др.

Физическая величина (physical quantity) — одно из свойств физического объекта (физической системы, физического явления или процесса) общее в количественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Средства измерений. Эталон, образцовые и рабочие средства измерений. Поверка и калибровка средств измерений. Метрологические характеристики средств измерений.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные направления современной метрологии.

2. История метрологии, роль измерений и значение метрологии в современном обществе.

3. Назовите основные цели метрологии.

4. Дайте характеристику основным разделам метрологии.

5. Что является главной задачей метрологии как науки?

6. Какие величины в метрологии относят к реальным и идеальным?

7. Какие величины в метрологии относят к физическим и нефизическим?

8. На какие группы подразделяются физические величины?

9. Какие государственные органы контролируют качество и единство измерений?

10. Ответственность физических и юридических лиц за нарушение законодательства по метрологии.

По конструктивному исполнению средства измерений подразделяются на:

– меры;

– измерительные преобразователи;

– измерительные приборы;

– измерительные установки;

– измерительно-информационные системы.

Мера физической величины — средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Измерительный преобразователь — техническое средство с нормированными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Примеры измерительных преобразователей — термопара, пружина динамометра, микрометрическая пара винт-гайка.

Измерительный прибор — средство измерений, предназначенное для получения значений физической величины в установленном диапазоне ее измерения в форме, удобной для восприятия наблюдателем.

Измерительная установка — совокупность объединенных технических средств измерений (измерительных приборов, мер, измерительных преобразователей) и других устройств, которое осуществляет перевод технической характеристики сигналов 8 измерительной информации в форму, подходящую для прямого восприятия наблюдателем, и размещенная стационарно.

Измерительная система (measuring system) — совокупность технических средств измерений и вспомогательных устройств, объединенных каналами связи, которое осуществляет перевод технической характеристики сигналов измерительной информации в форму, подходящей для автоматической обработки, передачи и использования в качестве управляющих сигналов.

Эталон — это средство измерения (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы физической величины и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений, утвержденное в качестве эталонов в установленном порядке.

Средства измерения высшей точности — эталоны — подразделяются на несколько категорий: первичный эталон, вторичный и рабочие эталоны (разрядные)

Эталон, воспроизводящий единицу с наивысшей в стране точностью, называется государственным первичным эталоном.

Поверка средств измерений — совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) с целью определения и

подтверждения соответствия характеристик средства измерения установленным требованиям. Положительные результаты поверки средств измерений удостоверяются поверительным клеймом или свидетельством о поверке.(Обязательная процедура для средств измерений, подлежащих метрологическому контролю или надзору)

Калибровка средств измерений — это совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и/или пригодности к применению средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору. Под пригодностью средства измерения подразумевается соответствие его метрологических характеристик ранее установленным техническим требованиям, которые могут содержаться в нормативном документе или определяться заказчиком. Вывод о пригодности делает калибровочная лаборатория.(Добровольная процедура)

Правовые основы метрологической службы Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

Метрологические службы РФ. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Виды метрологического контроля и надзора. Аккредитация метрологической службы. Ответственность за нарушение законодательства по метрологии.

Вопросы для самоконтроля

1. История метрологии, роль измерений и значение метрологии в современном обществе.

2. Назовите основные цели и задачи метрологии.

3. Что является главной задачей метрологии как науки?

4. Международная система единиц физических величин?

5. Виды и методы измерений и контроля?

6. Виды средств измерений?

7. Метрологические характеристики средств измерений, классы точности приборов?

8. Погрешности измерений, классификация, причины возникновения?

9. Что такое поверка и калибровка средств измерений?

10.Какие государственные органы контролируют качество и единство измерений?

Стандартизация

Нормативно-правовое регулирование системы стандартизации Национальная, международная и региональная системы стандартизации. Нормативные документы по стандартизации. Государственная система стандартизации. Принципы стандартизации. Эффективность работ по стандартизации. Органы и службы стандартизации Российской Федерации. Виды и категории стандартов. Порядок разработки национальных стандартов. Основные направления развития национальной системы стандартизации в Российской Федерации. Закон Российской Федерации «О техническом регулировании» в области технического регулирования и стандартизации. Органы и службы стандартизации Российской Федерации. Упорядочение в области технического регулирования. Техническое регулирование.

Стандартизация осуществляется на разных уровнях. Уровень стандартизации различается в зависимости от того, участники какого региона мира (географического, экономического, политического) принимают стандарт. В зависимости от уровня работ стандартизация может быть национальной, региональной и международной.

Национальная стандартизация — стандартизация, которая проводится на уровне одной страны.

Региональная стандартизация — стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих органов стран только одного экономического или географического региона мира.

Международная стандартизация — стандартизация, участие в которой открыто для соответствующих органов всех стран.

Результатом работы по стандартизации является создание нормативных документов.

Нормативный документ — документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результаты. К документам в области стандартизации, используемым на территории РФ, относятся6

- национальные стандарты;

- правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;

- применяемые в установленном порядке классификации, общероссийсикме классификаторы технико-экономической и социальной информации;

- стандарты организаций;

- своды правил.

Участники работ по стандартизации, а также все документы по стандартизации образуют национальную систему стандартизации России.

.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие документы охватывают понятие «нормативные документы»?

2. В каком источнике содержится информация о действующих государственных стандартах РФ?

3. Как расшифровать аббревиатуру ГОСТ?

4. Назовите объекты стандартизации.

5. Организация работ по стандартизации в РФ.

6. Характеристика стандартов разных видов и разных категорий.

7. Порядок разработки государственных стандартов.

8. Какие из перечисленных документов содержат обязательные требования: государственные стандарты, кодексы установившихся практики, регламенты, отраслевые стандарты, общероссийские классификаторы, стандарты общественных объединений?

9. Техническое регулирование, цели?

10. Назовите методы стандартизации?

11.Межгосударситвенная и международная стандартизация?

Сертификация

Сертификация как процедура подтверждения соответствия. Основные термины и определения в области сертификации; добровольная и обязательная сертификация, ее задачи и цели, органы и системы сертификации и их аккредитация. Схемы сертификации. Органы сертификации, испытательные лаборатории. Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий. Международная сертификация

В последнее время в практике поставок продукции важную роль стали играть документы, подтверждающие соответствие поставляемой продукции требованиям, установленным в стандартах и других нормативных документах. Эти подтверждающие документы являются результатом

процедуры, в которой участвуют три стороны. Участвующие стороны представляют интересы поставщиков (первая сторона) и покупателей (вторая сторона). Третья сторона (лицо или орган) признается независимой от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе.

К объектам сертификации относятся не только продукция, но и услуги, системы качества, персонал, рабочие места и др. Поскольку сертификация является одним из видов деятельности по оценке соответствия, то ниже рассматриваются некоторые термины и определения.

Оценка соответствия — прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту.

Подтверждение соответствия — документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Подтверждение соответствия может носить добровольный (в форме добровольной сертификации) или обязательный (в формах принятия декларации о соответствии и обязательной сертификации) характер.

В соответствии с положениями закона «О техническом регулировании» подтверждение соответствия направлено на достижение следующих целей:

– удостоверения соответствия продукции, процессов проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, утилизации, работ, услуг или иных объектов техническими регламентами, стандартами, условиями договоров;

– содействие приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг;

– повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;

– создание условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории РФ, а так же для осуществления международного экономического, научно-технического и международной торговли, коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия.

Подтверждение соответствия может осуществляться в обязательной (обязательной сертификации) и добровольной формах (добровольной сертификации).

Обязательная сертификация является формой государственного контроля и может осуществляться лишь в случаях, предусмотренных законодательными актами РФ, т. е. законами и нормативными актами Правительства РФ. Основная цель проведения обязательной сертификации товаров (работ, услуг) — подтверждение их безопасности для жизни, здоровья потребителя, окружающей среды и предотвращение причинения вреда имуществу потребителя.

Добровольная сертификация проводится по инициативе заявителей (изготовителей, продавцов, исполнителей) в целях подтверждения соответствия продукции (услуг) требованиям стандартов, технических условий и других документов, определяемых заявителем.

Основная цель проведения добровольной сертификации — обеспечение конкурентоспособности продукции (услуги) предприятия; реклама продукции (услуги), соответствующей не только требованиям безопасности, но и требованиям, обеспечивающим качество выпускаемой продукции (услуги). Таким образом, добровольная сертификация решает более широкий круг задач и является более привлекательной и информативной для покупателя, чем обязательная.

Сертификаты соответствия вступают в силу с даты их регистрации в установленном порядке. Срок действия сертификата устанавливает орган по сертификации, не более чем на 3 года.

Схемы сертификации Схема сертификации — это определенный порядок действий, доказывающий, что продукт соответствует заданным государством требованиям. Только после того, как продукция или услуга пройдет сертификацию по определенной схеме, выдается сертификат. Различия в схемах связаны с видом и объемом выпускаемой продукции, а так же с целями проведения сертификации товаров.

Вопросы для самоконтроля

1. Что входит в понятие «сертификация»?

2. Какие законодательные акты регламентируют проведение сертификации?

3. Какие бывают виды сертификации?

4. В чем состоят общие цели обязательной и добровольной сертификации?

5. Назовите законодательные акты, предусматривающие обязательную сертификацию.

6. В чем сходство обязательной сертификации и декларирования соответствия?

7. Кем утверждаются перечни продукции, подлежащей обязательной сертификации?

8. Какая сторона подтверждает соответствие: первая, вторая или третья?

качества на транспорте.

Задания для контрольной работы студентов заочного обучения

1.Размерность физической величины X записана в виде заданной формулы размерности через прописные буквы L, M, T, I согласно международного стандарта. Запишите выражение единицы измерения этой величины через основные единицы системы СИ, укажите ее наименование и какая физическая величина в ней измеряется. Варианты задания выбираются из таблицы 1.

Таблица 1

Исходные данные для задачи

Вариант	1	2	3	4	5	6
Формула размерности	LMT^{-2}	$L^{-1}MT^{-2}$	$L^{2}MT^{-2}$	$L^{2}MT^{-3}$	$LMT^{-3}I^{-1}$	$L^{2}MT^{-3}I^{-1}$
Вариант	7		9	10	11	12
Формула размерности	$L^{-2}M^{-1}T^{4}I^{2}$	$L^{2}MT^{-3}I^{-2}$	$L^{-2}M^{-1}T^{3}I^{2}$	$L^{2}MT^{-2}I^{-1}$	$MT^{-2}I^{-1}$	$L^{2}MT^{-2}I^{-2}$

2. Прибор – миллиамперметр, предел измерения – 100 мА, класс точности и результаты измерения указаны в соответствии с номером варианта, задаваемого преподавателем (табл. 2). Определить класс точности прибора и сравнить, полученный при расчёте класс точности с классом точности указанным в задании.

Таблица 2

Исходные данные для расчёта задачи

№ варианта	Показания рабочего прибора, мА					
	20	40	60	80	100	Класс точности, %
	Показания рабочего прибора, мА					
1	20,1	39,7	58,0	81,2	99,9	2,5
2	19,7	40,1	59,9	78,1	98,0	4,0
3	21,0	39,5	61,1	80,7	98,5	2,0

4	20,4	40,3	60,2	80,1	100,2	0,5
5	20,6	40,4	58,5	80,6	100,3	1,0
6	20,0	39,6	58,0	81,2	100,0	1,5
7	21,0	41,0	59,0	80,5	99,5	2,5
8	22,0	40,0	58,5	80,2	99,0	4,0
9	22,5	39,0	60,0	80,4	98,0	4,0
10	18,8	40,1	60,5	80,6	98,5	2,5

Учебная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
2	Сергеев А. Г., Латышев М. В, Терегеря В. В Метрология. Стандартизация. Сертификация : учебное пособие 2-е изд, перераб. и доп. - Москва : Логос, 2005. - 560 с.	64
3	Лифиц И.М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации : учебник / Иосиф Моисеевич Лифиц И. М. - 6-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2007. - 350 с.	16
4	Крылова Г. Д.. Основы стандартизации, сертификации, метрологии : учебник для вузов / - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2006. - 671 с.	20

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.	Эл. ресурс
2	ГОСТ Р 40.003-96 Система сертификации. ГОСТ Р . Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации систем качества	Эл. ресурс
	ГОСТ Р 8.000-2000 Государственная система обеспечения единства	Эл.

	измерений. Основные положения.	ресурс
3	Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Московский гос. горный университет. - Москва : Изд-во МГГУ, 2003. - 788 с	3
4	Рябов В.Ю.Метрология, стандартизация и сертификация: конспект лекций, УГГУ, Екатеринбург 2006-82 с.	47

Законодательные документы

1. Конституция Российской Федерации (принята 12.12.1993).

2. Закон Российской Федерации от 07.02.1992 г. № 2300-1 «О защите прав потребителей».

3. Закон Российской Федерации от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

4. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184 «О техническом регулировании».

Дополнительные источники:

1. ГОСТ Р51672—2000 «Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия». Основные положения.

2. ГОСТ 8.315—97 «Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов» Основные положения.

3. ГОСТ 8.563—96 «Государственная система обеспечения единства измерений». Методики выполнения измерений.

4. ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений». Ч. 1. Основные положения и определения.

5. ГОСТ Р 1.12—99. ГСС «Стандартизация и смежные виды деятельности. Термины и определения».

6. Правила по проведению сертификации в Российской Федерации (утвержденные постановлением Госстандарта России 10.05.2000 г. № 26.

7. ПР50.2.002—94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием средств измерений, методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм». ВНИИМС.

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

ОП 06. Материаловедение

Методические указания по самостоятельной работе студентов специальности 15.02.16 Технология машиностроения

Автор: Хазин М.Л.

Одобрен на заседании кафедры

Эксплуатации горного оборудования
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Симисинов Д.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 12.09. 2022
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией факультета

Горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 13.09.2022
(Дата)

Екатеринбург
2022

Комплект оценочных средств дисциплины согласован с выпускающей кафедрой эксплуатации горного оборудования

Заведующий кафедрой _____ Симисинов Д.И.

подпись

Х12

Рецензенты: Тихонов И. Н., к-т. техн. наук, зав. кафедрой «Электронное машиностроение» УрФУ, Жуков Ю. Н., д-р. техн. наук, профессор кафедры «Электронное машиностроение» УрФУ

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 05 июня 2018 года (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Хазин М. Л. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: Методические указания по самостоятельной работе студентов по направлению 15.03.01 – «Машиностроение». Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 24 с.

В методических указаниях по самостоятельной работе приведена последовательность выполнения практических и самостоятельных работ по дисциплине «Материаловедение», изложена методика решения задач, даны задачи, вопросы для самопроверки по разделам.

Методические указания предназначены для студентов направлений бакалавриата: 15.03.01 – «Машиностроение», 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование», 23.03.01 Технология транспортных процессов, подготовка которых требует знаний по свойствам и применению металлических и неметаллических материалов.

© Хазин М. Л., 2019
© Уральский государственный горный университет, 2019

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование производства, выпуск современных разнообразных машиностроительных конструкций, специальных приборов, машин и различной аппаратуры невозможны без дальнейшего развития производства и изыскания новых материалов, как металлических, так и неметаллических.

Материаловедение является одной из первых инженерных дисциплин, основы которой широко используются при курсовом и дипломном проектировании, а также в практической деятельности инженера-машиностроителя.

Прогресс в области машиностроения тесно связан с созданием и освоением новых, наиболее экономичных материалов, обладающих самыми разнообразными механическими и физико-химическими свойствами. Свойства материала определяются его внутренним строением, которое, в свою очередь, зависит от состава и характера предварительной обработки. В курсе "Материаловедение" изучаются физические основы этих связей.

ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ЧАСТЬ I. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Строение металлов

Металловедение как наука о свойствах металлов и сплавов. Типы связи в твердых телах. Атомно-кристаллическое строение металлов. Процесс кристаллизации.

Рассмотрите типы химической связи в твердых телах, основное внимание обратите на особый тип металлической связи, который обусловливает отличительные свойства металлов: высокую электропроводность и теплопроводность, высокую пластичность и металлический блеск. Металлические тела характеризуются кристаллическим строением. Однако свойства реальных кристаллов определяются известными несовершенствами кристаллического строения. В связи с этим необходимо разобраться в видах несовершенств и особенно в строении дислокаций (линейных несовершенств), причинах их легкого перемещения в кристаллической решетке и влияния на механические свойства.

Термодинамические причины фазовых превращений являются одним из частных случаев общего закона природы: стремления любой системы

к состоянию с наименьшим запасом энергии (в данном случае свободной энергии). Уясните теоретические основы процесса кристаллизации, состоящего из двух элементарных процессов: зарождения и роста кристаллов, и влияния на эти параметры степени переохлаждения.

В процессе кристаллизации при формировании структуры литого металла решающее значение имеет реальная среда, а также возможность искусственного воздействия на строение путем модифицирования.

Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность металлического, ионного и ковалентного типов связи?
2. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются?
3. Что такое элементарная ячейка?
4. Что такое полиморфизм?
5. Что такое параметр кристаллической решетки, плотность упаковки и координационное число?
6. Что такое мозаичная структура?
7. Виды дислокаций и их строение.
8. Каковы термодинамические условия фазового превращения?
9. Каковы параметры процесса кристаллизации?
10. Что такое переохлаждение?

Теория сплавов

Сплавы, виды взаимодействия компонентов в твердом состоянии. Диаграммы состояния для случаев полной нерастворимости, неограниченной и ограниченной растворимости компонентов в твердом виде, а также для случая образования устойчивого химического соединения.

Необходимо отчетливо представлять строение металлов и сплавов в твердом состоянии. Уясните, что такое твердый раствор, химическое (металлическое) соединение, механическая смесь. Наглядное представление о состоянии любого сплава в зависимости от его состава и температуры дают диаграммы состояния. Нужно усвоить общую методику построения диаграмм состояния для различных случаев взаимодействия компонентов в твердом состоянии.

При изучении диаграмм состояния нужно уметь применять правило отрезков (для определения доли каждой фазы или структурной составляющей в сплаве), правило фаз (для построения кривых нагревания и охлаждения), определять химический состав фаз. С помощью правил Курнакова нужно уметь установить связь между составом, строением и свойствами сплава.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое компонент, фаза, физико-химическая система, число степеней свободы?
2. Приведите объяснение твердого раствора, механической смеси, химического (металлического) соединения.
3. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения?
4. Как строятся диаграммы состояния?
5. Объясните принцип построения кривых нагревания и охлаждения с помощью правила фаз.

6. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования непрерывного ряда твердых растворов.

7. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая полной нерастворимости компонентов в твердом состоянии.

8. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования эвтектики, состоящей из ограниченных твердых растворов.

10. Каким образом определяются состав фаз и их количественное соотношение?

Пластическая деформация и механические свойства металлов

Напряжения и деформация. Явление наклепа. Стандартные механические свойства: твердость; характеристики, определяемые при растяжении; ударная вязкость; сопротивление усталости.

Рассмотрите физическую природу деформации и разрушения. Внимание уделите механизму пластической деформации, ее влиянию на плотность дислокаций. Уясните связь между основными характеристиками, строением и механическими свойствами. Разберитесь в сущности явления наклепа и его практическом использовании.

Изучите основные методы исследования механических свойств металлов и физический смысл определяемых при разных методах испытания характеристик.

Вопросы для самопроверки

1. В чем различие между упругой и пластической деформациями?

2. Как изменяется строение металла в процессе пластического деформирования?

3. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации?

4. Как влияют дислокации на прочность металла?

5. Почему наблюдается огромное различие теоретической и практической прочности?

6. Как влияет изменение строения на свойства деформированного металла?

7. В чем сущность явления наклепа и какое он имеет практическое использование?

8. Какие характеристики механических свойств определяются при испытании на растяжение?

9. Что такое твердость?

10. Какие методы определения твердости вы знаете?

Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла

Необходимо знать сущность рекристаллизационных процессов: возврата, первичной рекристаллизации, собирательной (вторичной) рекристаллизации, протекающих при нагреве деформированного металла. Уясните, как при этом изменяются механические, физико-химические свойства и размер зерна. Установите влияние состава сплава и степени пластической деформации на протекание рекристаллизационных процессов. Научитесь выбирать режим рекристаллизационного отжига. Уясните его практическое значение, различие между холодной и горячей пластическими деформациями.

Вопросы для самопроверки

1. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве?
2. В чем сущность процесса возврата?
3. Что такое полигонизация?
4. Сущность процессов первичной и вторичной рекристаллизации.
5. Как влияют состав сплава и степень пластической деформации на температуру рекристаллизации?
6. Что такое критическая степень деформации?
7. В чем различие между холодной и горячей пластическими деформациями?
8. Как изменяются строение и свойства металла при горячей пластической деформации?
9. Каково назначение рекристаллизационного отжига и как он осуществляется?

Железо и его сплавы

Диаграмма состояния железо - цементит. Классификация железоуглеродистых сплавов. ГОСТы на металлы и сплавы. Фазы, образуемые легирующими элементами в сплавах железа. Структурные классы легированных сталей. Чугуны.

Научитесь вычерчивать диаграмму состояния железо - цементит и определять все фазы и структурные составляющие этой системы. С помощью правила фаз постройте кривые охлаждения (или нагревания) для любого сплава; разберитесь в классификации железоуглеродистых сплавов и усвойте, что различие между тремя классами (техническое железо, сталь, чугун) не является формальным (по содержанию углерода). Разные классы сплавов принципиально различны по структуре и свойствам. Технические железоуглеродистые сплавы состоят не только из железа и углерода, но и обязательно содержат постоянные примеси, попадающие в сплав в результате предыдущих операций при выплавке.

Изучите влияние легирующих элементов на критические точки железа и стали и объясните, при каком сочетании углерода и соответствующего легирующего элемента могут быть получены легированные стали ферритного, перлитного, аустенитного и ледебуритного классов.

Уясните влияние постоянных примесей на строение чугуна и разберитесь в различии металлической основы серых чугунов разных классов. Запомните основные механические свойства и назначение чугунов различных классов и их маркировку. Обратите внимание на способы получения ковких и высокопрочных чугунов. Изучите физическую сущность процесса графитизации.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое феррит, аустенит, перлит, цементит и ледебурит?
2. Какие превращения происходят в сплавах при температурах A1, A2, A3, A4, Acm?
3. Каковы структуры серых чугунов? 1
4. Каковы структура и свойства технического железа, стали и белого чугуна?
5. Как влияют легирующие элементы на положение критических точек железа и стали?
6. Какие легирующие элементы являются карбидообразующими?
7. Какие легирующие элементы способствуют графитизации?
8. Как влияют легирующие элементы на свойства феррита и аустенита?
9. В чем отличие серого чугуна от белого?
10. Классификация и маркировка серых чугунов.

Теория термической обработки стали

Превращения в стали при нагреве. Превращения переохлажденного аустенита. Мартенситное превращение и его особенности. Превращения аустенита при непрерывном охлаждении. Превращения при отпуске закаленной стали.

Теория и практика термической обработки стали - главные вопросы металловедения. Термическая обработки - один из основных способов влияния на строение, а следовательно, и на свойства сплавов.

При изучении превращений переохлажденного аустенита особое внимание обратите на диаграмму изотермического распада, устанавливающую связь между температурными условиями превращения, интенсивностью распада и строением продуктов превращения.

Изучите влияние легирующих элементов на кинетику и характер превращения аустенита в перлитной, промежуточной и мартенситной областях. В связи с влиянием легирующих элементов на диаграммы изотермического распада аустенита рассмотрите причины получения различных классов по структуре (перлитного, мартенситного, аустенитного). Уясните влияние ле-

гирующих элементов на превращения при отпуске. Запомните, что легирующие элементы, как правило, затормаживают процессы превращений.

Вопросы для самопроверки

1. Механизм образования аустенита при нагреве стали.
2. Каковы механизмы и температурные районы образования структур перлитного типа (перлита, сорбита, тростита) и бейнита?
3. В чем различие между перлитом, сорбитом и троститом?
4. Что такое мартенсит и в чем сущность и особенности мартенситного превращения?
5. Что такое критическая скорость закалки?
6. От чего зависит количество остаточного аустенита?
7. В чем сущность превращений, происходящих при отпуске?
8. Как влияют легирующие элементы на перлитное превращение?
9. В чем сущность явления отпускной хрупкости?
10. Как влияют легирующие элементы на превращения при отпуске?

Технология термической обработки

Основные виды термической обработки стали. Отжиг, нормализация, закалка, обработка холодом. Прокаливаемость стали. Отпуск стали. Поверхностная закалка.

Уясните влияние скорости охлаждения на структуру и свойства стали и физическую сущность процессов отжига, нормализации, закалки и обработки холодом. При изучении технологических процессов термической обработки особое внимание обратите на разновидности режимов и их назначение. Для выяснения причин брака при термической обработке стали следует прежде всего разобраться в природе термических и фазовых напряжений.

Уясните различие между закаливаемостью и прокаливаемостью стали, а также факторы, влияющие на эти характеристики. Разберитесь в способе получения высокопрочных деталей - термомеханической обработке.

Различные виды поверхностной закалки позволяют получить особое сочетание свойств поверхностного слоя и сердцевины, что приводит к повышению эксплуатационных характеристик изделия.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите определения основных процессов термической обработки: отжига, нормализации и закалки.
2. Какие вам известны разновидности процесса отжига и для чего они применяются?
3. Какова природа фазовых и термических напряжений?
4. Какие вам известны разновидности закалки и в каких случаях они применяются?

5. Каковы виды и причины брака при закалке?

6. Какие Вам известны группы охлаждающих сред и каковы их особенности?

7. От чего зависит прокаливаемость стали и в чем ее технологическое значение?

8. Какие вам известны технологические приемы уменьшения деформации при термической обработке?

9. Для чего и как производится обработка холодом?

10. . В чем сущность и особенности термомеханической обработки.

Химико-термическая обработка стали и поверхностное упрочнение наклепом

Физические основы химико-термической обработки. Цементация. Азотирование. Цианирование. Диффузионная металлизация. Дробеструйный наклеп.

При изучении основ химико-термической обработки следует исходить из того, что принципы химико-термической обработки едины. Процесс химико-термической обработки состоит из выделения атомов насыщающего вещества внешней средой, захвата (сорбции) этих атомов поверхностью металла и диффузии их внутрь металла. Поэтому рассмотрите реакции в газовой среде при цементации или азотировании и усвойте современные представления о процессе диффузии в металлах. В большинстве случаев насыщение может происходить из твердой, жидкой и газовой сред, а поэтому нужно знать наиболее удачные варианты насыщения для каждого метода химико-термической обработки и конечные результаты (поверхностное упрочнение и изменение физико-химических свойств).

Разберитесь в технологии проведения отдельных видов химико-термической обработки. Уясните преимущества и области использования цементации, азотирования, цианирования и различных видов диффузионной металлизации. Объясните влияние легирования на механизм формирования структуры поверхностного слоя. Рассмотрите сущность и назначение дробеструйного поверхностного наклепа и его влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются физические основы химико-термической обработки?

2. Химизм процесса азотирования.

3. Химизм процесса цементации.

4. Назначение цементации и режим термической обработки после нее.

5. Для каких целей и как производится нитроцементация?

6. Каковы свойства цементированных и азотированных изделий?

7. Химизм и назначение процесса цианирования.

8. Сущность и назначение процесса борирования.

9. Как изменяются свойства изделий при дробеструйной обработке и какова природа этих изменений?

10. Как влияет поверхностное упрочнение на эксплуатационные характеристики изделий?

Конструкционные стали

Конструкционные стали общего назначения. Цементуемые, улучшаемые, пружинно-рессорные стали. Высокопрочные мартенситостареющие стали. Коррозионно-стойкие и жаростойкие стали и сплавы. Жаропрочные стали и сплавы.

Нужно усвоить принципы маркировки сталей и уметь по маркировке определить состав и особенности данной стали, а также иметь общее представление о разных группах стали.

Разберитесь во влиянии легирующих элементов на изменение структуры и свойств стали, особое внимание уделите технологическим особенностям термической обработки легированной стали различных групп.

Рассмотрите способы классификации, основные принципы выбора для различного назначения цементуемых, улучшаемых, пружинно-рессорных, износостойких, высокопрочных, нержавеющих, жаропрочных и других сталей.

При изучении жаропрочных сталей обратите внимание на особенности поведения металла в условиях нагружения при повышенных температурах. Уясните сущность явления ползучести и основные характеристики жаропрочности; каковы предельные рабочие температуры и области применения сталей различного структурного класса.

В качестве примеров указать две-три марки стали каждой группы, расшифровать состав, назначить режим термической обработки и охарактеризовать структуру, свойства и область применения.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите химический состав сталей марок: 40, 20Х, 30ХГСА, 50Г, Г13, ШХ15, 18Х2Н4ВА, 5ХНМ, Х18Н9Т, Н18К8М5Т.

2. Как классифицируются конструкционные стали по технологии термической обработки?

3. Какие требования предъявляются к цементуемым изделиям?

4. Чем определяется выбор марки цементуемой стали для изделий различного назначения?

5. Какова термическая обработка цементуемых деталей?

6. Чем объясняется назначение процесса улучшения для конструкционной стали?

7. Как влияет степень легирования на механические свойства улучшаемой стали?

8. Какие требования предъявляются к рессорно-пружинным сталям?
9. Какие вы знаете износостойкие стали?
10. Каковы требования, предъявляемые к нержавеющим сталям?

Инструментальные стали

Классификация и маркировка инструментальных сталей. Стали, не обладающие и обладающие теплостойкостью. Стали для режущего, измерительного и штампового инструмента. Твердые сплавы.

Изучите классификацию инструментальных сталей в зависимости от назначения инструмента и в связи с этим рассмотрите основные эксплуатационные свойства инструмента каждой группы. Особое внимание уделите быстрорежущим сталям. Уясните причины их высокой красностойкости и особенности термической обработки.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите химический состав сталей марок: У10, 9ХС, ХВГ, Р18, Р18Ф2, Р9К10, Р9М4К8, Х12, 6ХВ2С, Х12М.
2. Как классифицируются инструментальные стали?
3. Требования, предъявляемые к сталям для режущего инструмента.
4. Приведите примеры углеродистых и легированных сталей, используемых для режущего инструмента.
5. Укажите и расшифруйте основные марки быстрорежущей стали.
6. Что представляют собой твердые сплавы?
7. Каковы свойства и преимущества твердых сплавов?
8. Укажите марки твердых сплавов, их состав и назначение.

Алюминий, магний и их сплавы

Деформируемые и литейные сплавы.

Обратите внимание на основные преимущества алюминиевых и магниевых сплавов, связанные с их высокой удельной прочностью. Рассмотрите классификацию алюминиевых сплавов и обоснуйте технологический способ изготовления изделий из сплавов каждой группы. Разберитесь в основах теории термической обработки (старения) легких сплавов. Обоснуйте выбор способа упрочнения деформируемых и литейных сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Свойства и применение алюминия.
2. Как классифицируются алюминиевые сплавы?
3. Какие сплавы упрочняются путем термической обработки?
4. В чем сущность процесса старения?
5. Какие сплавы не упрочняются путем термической обработки?
6. Какие вы знаете литейные алюминиевые сплавы?

7. Какие вы знаете жаропрочные алюминиевые сплавы?
8. Какие вы знаете порошковые алюминиевые сплавы?
9. Каковы свойства магния?
10. Укажите свойства и назначение сплавов на основе магния.

Медь и ее сплавы

Латуни и бронзы.

Изучите классификацию медных сплавов и уясните маркировку, состав, структуру, свойства и области применения разных групп медных сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Как влияют примеси на свойства чистой меди?
2. Как классифицируются медные сплавы?
3. Какие сплавы относятся к латуням?
4. Приведите несколько примеров латуней с указанием их состава, структуры, свойств и назначения.
5. Какие сплавы относятся к бронзам? Их маркировка и состав.
6. Укажите строение, свойства и назначение различных бронз.
7. Какой термической обработке подвергается бериллиевая бронза?

Композиционные материалы

Обратите внимание на принципиальное отличие композиционного материала, заключающееся в сочетании разнородных материалов с четкой границей раздела между ними. В связи с тем, что композит обладает свойствами, которыми не может обладать ни один из его компонентов в отдельности, такие материалы становятся весьма перспективными в различных областях новой техники. Укажите свойства композитов в зависимости от вида матрицы и формы, размеров и взаимного расположения наполнителя. Уясните возможность использования композитов в качестве жаропрочных материалов и способы повышения их жаропрочности.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое композиты?
2. Как подразделяют композиты в зависимости от формы и размеров наполнителя?
3. Как подразделяют композиты по виду матрицы?
4. От чего зависят механические свойства композитов?
5. Какие композиционные материалы используют для работы при высоких температурах (жаропрочные)?

ЧАСТЬ II. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Пластические массы

В основе неметаллических материалов лежат полимеры. Обратите внимание на особенности строения полимеров, которые определяют их механические и физико-химические свойства. Классификация полимерных материалов. Свойства и области применения пластмасс.

Пластические массы - искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связывающих веществ, которые являются обязательными компонентами пластмасс. Изучите различные группы пластических масс, их свойства и области применения.

Вопросы для самопроверки

1. Что лежит в основе классификации полимеров?
2. Какие материалы относятся к обратимым и необратимым полимерам?
3. Какие вы знаете наполнители пластмасс?
4. Для чего вводят в пластмассы отвердители?
5. Приведите примеры пластиков с твердыми наполнителями.
6. Укажите область применения термопластов и реактопластов.
7. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами? Каковы их недостатки?

Резиновые материалы

Как технический материал резина отличается от других материалов высокими эластичными свойствами, что связано со свойствами самой основы резины - каучука. Уясните состав резины, способы получения и влияние различных добавок на ее свойства. Подробно рассмотрите влияние порошковых и органических наполнителей на свойства резины, изучите физико-механические свойства и области применения резин различных марок.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой резина?
2. Какие компоненты относятся к совмещающимся и как они влияют на свойства резины?
3. Объясните роль порошковых наполнителей.
4. В каких случаях применяются волокнистые наполнители?

Неорганические материалы

Поскольку большинство неорганических материалов содержит различные соединения кремния с другими элементами, эти материалы получили общее название силикатных материалов. Обратите внимание на внутреннее

строение неорганического стекла. Уясните сущность стеклообразного состояния как разновидности аморфного состояния вещества. Разберитесь в изменении свойств стекла в зависимости от состава. Рассмотрите стеклокристаллические материалы (ситаллы) и их отличие от стекла минерального. Уясните причины образования кристаллической структуры ситаллов.

При изучении керамических материалов обратите внимание на отличие технической керамики от обычной. Разберитесь в химическом и фазовом составах технической керамики, ее свойствах и области применения.

Вопросы для самопроверки

Какие силикатные материалы относятся к минеральному стеклу?

Их отличительные свойства.

Как достигаются электроизоляционные или электропроводящие свойства стекла?

Объясните причины, вызывающие кристаллизацию ситаллов (стеклокристаллитов).

Укажите область применения ситаллов.

5. В чем отличие технической керамики от обычной? Укажите область ее применения.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Задания на контрольные работы выдают индивидуально каждому студенту. Задание включает вопросы и задачи по основным разделам курса.

При выполнении контрольных работ студенты изучают методику выбора и назначения сталей и сплавов для изготовления конкретных деталей машин и различного вида инструментов, а также знакомятся с особенностями строения, технологией получения и областью применения наиболее распространенных неметаллических материалов. Одновременно студент должен научиться пользоваться рекомендуемыми справочными материалами, с тем чтобы уметь в дальнейшем правильно выбрать материал при курсовом и дипломном проектировании.

Перечень ГОСТов, необходимых для выполнения контрольных работ, приведен в приложении. Диаграмма состояния железо-цементит и диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали У8 также приведены в приложении (см. рис. 1 и 2).

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Вариант 1

1. Что такое ликвация? Виды ликвации, причины их возникновения и способы устранения.

2. Дайте определение ударной вязкости (KCV). Опишите методику измерения этой характеристики механических свойств металла.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,6% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 45...50 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае.

5. Как изменяются структура и свойства стали 40 и У12 в результате закалки от температуры 750 и 850° С. Объясните с применением диаграммы состояния железо-цементит. Выберите оптимальный режим нагрева под закалку каждой стали.

Вариант 2

1. Как и почему скорость охлаждения при кристаллизации влияет на строение слитка?

2. Из листа свинца путем прокатки при комнатной температуре была получена тонкая фольга. Твердость и прочность этой фольги оказались такими же, как у исходного листа. Объясните, какие процессы происходили при пластической деформации свинца и какими изменениями структуры и свойств они сопровождались.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо -цементит и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и температуру отпуска, необходимые для обеспечения твердости 400 НВ. Опишите превращения на всех этапах термической обработки и получаемую структуру.

5. Для каких целей применяется диффузионный отжиг? Как выбирается режим такого отжига? Приведите примеры.

Вариант 3

1. Опишите виды твердых растворов. Приведите примеры.

2. Дайте определение твердости. Какими методами измеряют твердость металлов и сплавов? Опишите их.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-цементит, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обес-

печивающей получение твердости 150 НВ. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в данном случае.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит обоснуйте выбор режима термической обработки, применяемой для устранения цементитной сетки в заэвтектоидной стали. Дайте определение выбранного режима обработки и опишите превращения, которые происходят при нагреве и охлаждении.

Вариант 4

1. Опишите физическую сущность и механизм процесса кристаллизации.

2. Для чего проводится рекристаллизационный отжиг? Как назначается режим этого вида обработки? Приведите несколько конкретных примеров.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму изотермического превращения аустенита, объясните, почему нельзя получить в стали чисто мартенситную структуру при охлаждении ее со скоростью меньше критической?

5. После термической обработки углеродистой стали получена структура цементит + мартенсит отпуска. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату заданной стали (примерно) и обоснуйте температуру нагрева этой стали под закалку. Так же укажите температуру отпуска.. Опишите превращения, которые произошли при термической обработке.

Вариант 5

1. Что такое ограниченные и неограниченные твердые растворы? Каковы необходимые условия образования неограниченных твердых растворов?

2. Опишите сущность явления наклепа и примеры его практического использования.

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,1% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. При непрерывном охлаждении стали У8 получена структура троостит + мартенсит. Нанесите на диаграмму изотермического превращения аустенита кривую охлаждения, обеспечивающую получение данной структуры. Укажите интервалы температур превращений и опишите характер превращения в каждом из них.

5. С помощью диаграммы состояния железо - цементит установите температуру полной и неполной закалки для стали 45 и опишите структуру и свойства стали после каждого вида термической обработки.

Вариант 6

1. Начертите диаграмму состояния для случая ограниченной растворимости компонентов в твердом виде. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.

2. Волочение медной проволоки проводят в несколько переходов. В не-

которых случаях проволока на последних переходах разрывается. Объясните причину разрыва и укажите способ его предупреждения.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 0,5 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 200 НВ. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в этом случае.

5. Используя диаграмму состояния железо-цементит, установите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У12. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали после каждого вида обработки.

Вариант 7

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к железу. Какое практическое значение оно имеет?

2. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве, какие процессы происходят при этом?

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 0,7 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей твердость 20...25 HRC. Укажите, как этот режим называется и какая структура образуется в данном случае.

5. Плашки из стали УНА закалены: первая - от температуры 760° С, вторая - от температуры 850° С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите температуры закалки, объясните, какая из этих плашек закалена правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

Варианта 8

1. В чем сущность процесса модифицирования? Приведите пример использования модификаторов для повышения свойств литейных алюминиевых сплавов.

2. В чем различие между холодной и горячей пластической деформацией? Опишите особенности обоих видов деформации.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 5,0 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Углеродистые стали 35 и У8 после закалки и отпуска имеют структуру мартенсит отпуска и твердость: первая 45 HRC, вторая - 60 HRC. Используя диаграмму состояния железо - цементит и учитывая превращения, происходящие при отпуске, укажите температуру закалки и температуру отпуска для каждой стали. Опишите превращения, происходящие в этих сталях в процессе закалки и отпуска, и объясните, почему сталь У8 имеет большую твердость, чем сталь 35.

5. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 760 и 840º С. С помощью диаграммы состояния железо-цементит укажите, какие структуры образуются в каждом случае. Объясните причины образования разных структур и рекомендуйте оптимальный режим нагрева под закалку данной стали.

Вариант 9

1. Охарактеризуйте особенности металлического типа связи и основные свойства металлов.

2. Какими стандартными характеристиками механических свойств оценивается прочность металлов и сплавов? Как эти характеристики определяются?

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 4,8 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. С помощью диаграммы состояния железо-цементит установите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 20, Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

5. Почему для изготовления инструмента применяется сталь с исходной структурой зернистого перлита? В результате какой термической обработки можно получить эту структуру? Приведите конкретный режим для любой инструментальной стали.

Вариант 10

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к титану. Какое практическое значение оно имеет?

2. Каким способом можно восстановить пластичность холоднокатаной медной ленты? Назначьте режим термической обработки и опишите сущность происходящих процессов.

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 1,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 60...63 HRC. Укажите, как этот режим называется и какая структура при этом получается. Опишите сущность происходящих превращений.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит опишите структурные превращения, происходящие при нагреве доэвтектоидной стали. Покажите критические точки АС1 и АС3 для выбранной вами стали. Установите режим нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс закалки, опишите получаемую структуру и свойства стали.

ЛИТЕРАТУРА

Арзамасов Б. Н., Сидорин И. И. и др. Материаловедение: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2008. 648 с.

Батышев А. И., Безпалько В. И., Смолькин А. А. Материаловедение и технология материалов М.: Изд-во Инфра-М, 2012. 288 с.

Богодухов С. И., Козик Е. С.. Материаловедение: учеб. для вузов. М.: Машиностроение, 2015. 504 с.

Бондаренко, Г. Г. Кабанова Т. А., Рыбалко В. В. Материаловедение: учебник для бакалавров / под ред. Г. Г. Бондаренко. 2-е изд. М.: Юрайт, 2014. 359 с.

Комаров О. С., Керженцева А. Ф., Макаева Г. Г. Материаловедение в машиностроении. М.: Высшая школа. 2009. 304 с.

Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. М.: Машиностроение, 2009. 528 с.

Хазин М. Л. Материаловедение: методические материалы. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2008. 208 с.

Хазин М. Л. Материаловедение: учебно-практическое пособие. Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 184 с.

.

ПРИЛОЖЕНИЯ

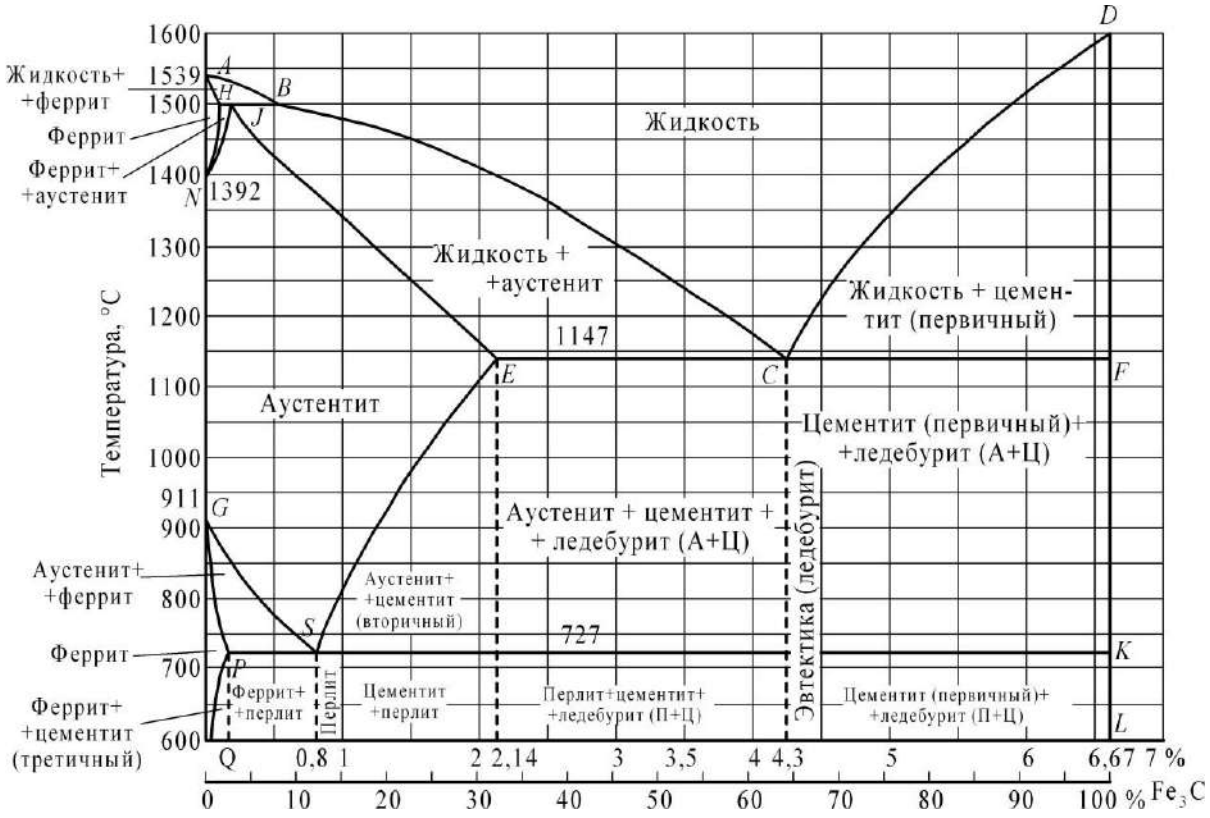


Рисунок 1 – Диаграмма состояния железо-цементит

Перечень ГОСТов на стали и сплавы

1. Сталь

Углеродистая обыкновенного качества – ГОСТ 380-71

Углеродистая качественная – ГОСТ 1050-74

Легированная, конструкционная, качественная, рессорно-пружинная– ГОСТ 1050-74

Углеродистая инструментальная – ГОСТ 1435-74

Легированная инструментальная – ГОСТ 5950-73

Подшипниковая – ГОСТ 801-78

Быстрорежущие стали – ГОСТ 19265-73

Конструкционный повышенной и высокой обрабатываемости резанием – ГОСТ 1414-75

Жаростойкие и жаропрочные – ГОСТ 5632-72

Коррозионностойкие – ГОСТ 5632-72

Сплавы твердые спеченные – ГОСТ 3882-74

Магнитотвердые (для постоянных магнитов) – ГОСТ 6862-71

Электротехнические – ГОСТ 21427.0-75...

ГОСТ 21427.3-75

2. Чугун

Серый – ГОСТ 1412-79

Ковкий – ГОСТ 1215-79

Высокопрочный – ГОСТ 7293-85

Жаростойкий – ГОСТ 7769-75
3. Алюминий и его сплавы
Алюминий – ГОСТ 11069-74
Деформируемые – ГОСТ 4784-74
Литейные – ГОСТ 2685-75
4. Медь и ее сплавы
Медь ГОСТ 859 – 78
Латунь двойная и многокомпонентная
деформируемая – ГОСТ 15527-70
Латунь литейная – ГОСТ 17711-80
Бронза оловяннистая деформируемая – ГОСТ5017-74
Бронза безоловяннистая деформируемая – ГОСТ 18175-78
Бронза оловяннистая литейная – ГОСТ 613-79
Бронза безоловяннистая литейная – ГОСТ 493-79
Медно-никелевые сплавы – ГОСТ 492-73
5. Титановые сплавы – ГОСТ 19807-74
6. Антифрикционные сплавы
Алюминиевые – ГОСТ 14113-78
Цинковые – ГОСТ 21437-75
Баббиты – ГОСТ 1320-74
7. Магний и его сплавы
Магний – ГОСТ 804-72
Деформируемые – ГОСТ 14957-76
Литейные – ГОСТ 2856-79

Учебное издание

Хазин Марк Леонтьевич

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-практическое пособие
по выполнению практических и
самостоятельных работ
для студентов очного и заочного обучения
направлений бакалавриата
15.03.01 – «Машиностроение»,
15.03.02 – «Технологические машины и оборудование»
23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Редактор Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка автора

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,51. Уч.-изд. л. 1,71. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу

комплексу

УТВЕРЖДАЮ

\- _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ОП.7 ОХРАНА ТРУДА

15.02.16 Технология машиностроения

Автор: Гребенкин С.М. ст. преподаватель, Кузнецов А.М. ст. преподаватель, Тетерев Н.А. ст. преподаватель.

Одобрена на заседании кафедры

Безопасность горного производства

Зав кафедрой _____

Елохин В.А.
Протокол №1 от 07.09.2022

Рассмотрена методической комиссией факультета

Горно-механического

Председатель_____

Осипов П.А.
Протокол №1 от 12.09.2022

Екатеринбург

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения практической работы № 1

Тема: «Изучение правил проведения инструктажей»

1. Общие сведения об обучении и проверке знаний по охране труда

Обучение по вопросам охраны труда, является важнейшим инструментом обеспечения безопасности труда на каждом рабочем месте. Обучение безопасности труда осуществляется в следующих формах:

1. Профессиональная подготовка специалистов по охране труда в учреждениях высшего профессионального обучения,
2. Повышение квалификации в учреждениях среднего и дополнительного образования,
3. Изучение учебной дисциплины «Охрана труда» при получении образования в высших и средних специальных учебных заведениях,
4. Изучение специальных дисциплин, связанных с вопросами техники безопасности, санитарии и гигиены, электрической и пожарной безопасности при профессиональной подготовке специалистов, рабочих и служащих в системе ВПО, СПО и НПО.
5. Обязательное обучение и проверка знаний всех работников предприятия.

Государство содействует организации обучения по охране труда в образовательных учреждениях всех уровней.

В соответствии с ст. 225 ТК РФ и Постановлением Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13.01. 2003 г. N 1/29 "Об утверждении Порядка

обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций", все работники, в том числе и руководители организации, а также работодатели – индивидуальные предприниматели, обязаны проходить обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда.

Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций, разработан для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний и устанавливает общие положения обязательного обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда всех работников.

Ответственность за организацию и своевременность обучения по охране труда и проверку знаний, требований охраны труда работников организаций, несет работодатель.

Теоретические занятия проводятся в учебных комбинатах, учебных центрах, пунктах, отделах охраны труда или в других определенных работодателем подразделениях организации преподавателем или специалистом, назначенным руководителем организации.

Практические занятия проводят в учебных лабораториях, мастерских, участках, цехах, на полигонах, рабочих местах, специально создаваемых в организациях, в учебных заведениях под руководством преподавателя,

мастера (инструктора) производственного обучения или высококвалифицированного рабочего, назначенного руководителем организации.

Работники, имеющие квалификацию инженера (специалиста) по безопасности технологических процессов и производств или по охране труда, а также работники федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области охраны труда, государственного надзора и контроля, педагогические работники образовательных учреждений, осуществляющие преподавание дисциплины

"Охрана труда", имеющие непрерывный стаж работы в области охраны труда не менее пяти лет, в течение года после поступления на работу могут не проходить обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда.

Для всех принимаемых на работу лиц, а также для работников, переводимых на другую работу, работодатель (или уполномоченное им лицо) обязан проводить инструктажи по охране труда.

Проведение инструктажей по охране труда включает в себя:

- ознакомление работников с имеющимися опасными или вредными производственными факторами,
- изучение требований охраны труда, содержащихся в локальных нормативных актах организации, инструкциях по охране труда, технической, эксплуатационной документации,
- а также применение безопасных методов и приемов выполнения работ.

Инструктаж по охране труда завершается устной проверкой приобретенных работником знаний и навыков безопасных приемов работы лицом, проводившим инструктаж.

Проведение всех видов инструктажей регистрируется в соответствующих журналах проведения инструктажей (в установленных случаях - в наряде-допуске на производство работ) с указанием подписи инструктируемого и подписи инструктирующего, а также даты проведения инструктажа.

2. Обучение и проверке знаний по охране труда на предприятии

Работодатель (или уполномоченное им лицо) обязан в течение месяца после приема работника на работу (или переводе его на другую работу, перерыве в работе более 1 года) организовать:

- проведение вводного инструктажа;
- проведение первичного инструктажа на рабочем месте;

- обучение работника безопасным методам и приемам выполнения работ;
- обучение методам и приемам оказания первой помощи пострадавшим;
- проверку знаний требований охраны труда.

Для рабочих, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда работодатель (или уполномоченное им лицо) обязан организовать:

- стажировку на рабочем месте;
- экзамен на знание безопасных методов и приемов выполнения работ.

3. Виды инструктажей

Виды инструктажей: вводный, первичный и стажировка на рабочем месте, повторный, внеплановый, целевой.

3.1. Вводный инструктаж

Все поступающие на работу до заключения трудового договора должны пройти вводный инструктаж по охране труда и инструктаж по противопожарной безопасности.

Вводный инструктаж проводится со всеми принимаемые на работу лицами, независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности, временными работниками, командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику.

Вводный инструктаж проводит специалист по охране труда или лицо, на которое приказом по предприятию возложены эти обязанности, либо

специалист, с которым заключен договор по оказанию услуг в области охраны труда.

О проведении инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа, а также в документах о приеме на работу (личной карточке).

Инструктаж проводится по программе, разработанной на основании законодательных и иных нормативных правовых актов Российской Федерации с учетом специфики деятельности организации и утвержденной в установленном порядке работодателем (или уполномоченным им лицом).

В соответствии с ГОСТ 12.0.004-2015, программа должна включать:

- основные положения законодательства по охране труда и трудового права;
- общие сведения об организации, характерные особенности производства;
- правила внутреннего трудового распорядка предприятия;
- ответственность за нарушения правил;
- организация работ по охране труда;
- требования к персоналу организации;
- государственный и общественный контроль за охраной труда и промышленной безопасностью;
- общие правила поведения работающих на территории предприятия;
- расположения основных и вспомогательных цехов,
- требования пожаробезопасности, электробезопасности и другие,
- основные требования производственной санитарии и личной гигиены;
- средства индивидуальной и коллективной защиты;

- опасные и вредные производственные факторы, характерные для данного производства,
- порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- методы и средства предупреждения нечастных случаев и профессиональных заболеваний,
- вопросы социального страхования;
- инструкции по охране труда;
- вопросы промышленной безопасности,
- обстоятельства и причины аварий и несчастных случаев, характерных для данного производства;
- действия при аварии, оказание первой помощи пострадавшим.

3.2. Первичный инструктаж

Инструктаж проводится до начала самостоятельной работы руководителем структурного подразделения или по его поручению мастером:

- со всеми вновь принятыми работниками, включая работников, выполняющих работу на условиях срочного трудового договора;
- с сезонными работниками и совместителями;
- с надомниками с использованием материалов, инструментов и механизмов;
- с работниками организации, переведенными из другого структурного подразделения или с теми, кому поручается выполнение новой для них работы;
- с командированными работниками сторонних организаций;
- с учащимися – практикантами и другими лицами, участвующими в производственной деятельности.

Работники, не связанные с эксплуатацией, обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием электрифицированного или иного инструмента, хранением и применением сырья и материалов, могут освобождаться от инструктажа. Перечень профессий и должностей работников, освобожденных от данного инструктажа, утверждается работодателем.

Инструктаж на рабочем месте проводит руководитель структурного подразделения (мастер, прораб, инструктор или другой работник, назначенный приказом работодателя и прошедший в установленном порядке обучение и аттестацию по охране труда и промышленной безопасности). Инструктаж проводится по программе, разработанной руководителем структурного подразделения на основании законов и иных нормативных правовых актов РФ, локальных нормативных актов организации, инструкций по ОТ, технической и

эксплуатационной документации и утвержденной в установленном порядке работодателем.

ГОСТом также предусмотрен перечень основных вопросов первичного инструктажа. При этом программа должна включать:

- общие сведения о технологическом процессе и оборудовании;
- опасные и вредные факторы, возникающие при данном технологическом процессе;
- безопасная организация и содержание рабочего места;
- порядок подготовки к работе;
- безопасные приемы и методы работы;
- действия при возникновении опасной ситуации;
- схема безопасного передвижения работников по территории;
- внутрицеховые транспортные и грузоподъемные средства и механизмы;
- требования безопасности при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке грузов;
- характерные причины аварий, взрывов, пожаров, случаев травм;
- меры предупреждения аварий;
- действия при авариях;
- способы применения средств пожаротушения, противоаварийной защиты и сигнализации;
- места их расположения.

Данный инструктаж проводится с каждым работником индивидуально или с группой лиц, обслуживающих однотипное оборудование, с показом безопасных приемов труда.

О проведении делают запись в журнале регистрации инструктажей на рабочем месте, а также в документах о приеме на работу (личной карточке).

После проведения первичного инструктажа на рабочем месте вновь принятый работник проходит стажировку от 2 до 14 смен под наблюдением руководителя подразделения (мастера) или опытного работника, назначенного приказом работодателя. Продолжительность стажировки определяется характером работы и квалификацией работника.

Руководитель подразделения проверяет приобретенные теоретические знания и навыки безопасных способов работы и осуществляет допуск к самостоятельной работе. Об этом делается запись в журнале инструктажей в графе «Стажировка на рабочем месте».

Работники, показавшие неудовлетворительные знания, к самостоятельной работе не допускаются и обязаны вновь пройти первичный инструктаж и стажировку.

3.3. Повторный инструктаж

Повторный инструктаж проходят все работники, не реже одного раза в 6 месяцев, на работах с особо опасными и вредными работами – не реже 1 раза в 3 месяца. Инструктаж проводится специалистом по охране труда или лицом, назначенным приказом работодателя, или руководителем структурного подразделения по программе первичного инструктажа индивидуально или с группой рабочих, обслуживающих однотипное оборудование.

3.4. Внеплановый инструктаж

Внеплановый инструктаж проводится:

- при введении в действие новых или изменении законодательных и иных нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда, а также инструкций по охране труда;

- при изменении технологических процессов, замене или модернизации оборудования, приспособлений, инструмента и других факторов, влияющих на безопасность труда;
- при нарушении работниками требований охраны труда, если эти нарушения создали реальную угрозу наступления тяжких последствий (несчастный случай на производстве, авария и т.п.);

- по требованию должностных лиц органов государственного надзора и контроля;
- при перерывах в работе (для работ с вредными и (или) опасными условиями - более 30 календарных дней, а для остальных работ - более двух месяцев);
- по решению работодателя (или уполномоченного им лица).

Внеплановый инструктаж проводит специалист по ОТ или лицо, назначенное приказом работодателя с оформлением в журнале (книге) инструктажей или в соответствующей технологической документации. Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения.

3.5. Целевой инструктаж

Целевой инструктаж проводится при выполнении разовых работ, при ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и работ, на которые оформляются наряд-допуск, разрешение или другие специальные документы, а также при проведении в организации массовых мероприятий.

4. Порядок проведения проверки знаний

Проверка знаний требований охраны труда и промышленной безопасности – процедура, проводимая в форме устного или письменного экзамена по билетам, разработанным на основании Типовых экзаменационных билетов (вопросов). Проверка знаний может проводиться также с использованием компьютерных программ, допущенных к применению Межведомственным советом по обучению охране труда. Рабочие проходят проверку знаний требований охраны труда и промышленной безопасности

- при приеме на работу после обучения охране труда;
- периодически на протяжении трудовой деятельности не реже 1 раза в год.

По пожарной безопасности проверка знаний и навыков действий в аварийных ситуациях проводится не реже 2 раз в год. Отраслевыми положениями и инструкциями могут предусматриваться иные сроки и периодичность проверки знаний;

Проверку знаний рабочих проводит аттестационная комиссия организации. Периодические проверки рекомендуется приурочивать ко времени проведения повторного инструктажа. Результаты проверки оформляют протоколом и отмечают в личных карточках. Работники, не прошедшие проверку знаний требований охраны труда и пожарной безопасности, обязаны не позднее чем через 1 месяц повторно пройти проверку знаний. До повторной проверки рабочий к самостоятельной работе не допускается. С работниками, повторно не прошедшими проверку, работодатель решает вопрос о продолжении (прекращении) трудовых отношений в порядке, установленном законодательством о труде и локальными нормативными актами организации.

Внеочередная проверка знаний

Внеочередная проверка проводится независимо от срока проведения предыдущей проверки:

- при введении новых или внесении изменений, дополнений в действующие законодательные и иные нормативные правовые акты, содержащие требования ОТ;

- при внедрении новых видов технических устройств и новых технологий на ОПО, а также изменениях технологических процессов, требующих дополнительных знаний по ОТ;
- при назначении (переводе) работников на другую работу, если новые обязанности требуют дополнительных знаний по охране труда;
- по требованию должностных лиц федеральной инспекции труда, других органов государственного надзора и контроля, при установлении нарушений и недостаточных знаний требований промышленной безопасности и охраны труда;
- после произошедших аварий и несчастных случаев, а также при выявлении неоднократных нарушений работниками организации требований нормативных правовых актов по ОТ;
- при перерыве в работе в данной должности более 1 года.

5. Обязанности работодателя по обучению и проверки знаний

Работодатель (или уполномоченное им лицо) обязан организовать в течение месяца после приема на работу обучение безопасным методам и приемам выполнения работ всех поступающих на работу лиц, а также лиц, переводимых на другую работу. Обучение по охране труда проводится при подготовке работников рабочих профессий, переподготовке и обучении их другим рабочим профессиям.

Работодатель (или уполномоченное им лицо) обеспечивает обучение лиц, принимаемых на работу с вредными и (или) опасными условиями труда:

- - безопасным методам и приемам выполнения работ со стажировкой на рабочем месте и сдачей экзаменов,
- а в процессе трудовой деятельности - проведение

периодического обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда.

Работники рабочих профессий, впервые поступившие на указанные работы, либо имеющие перерыв в работе по профессии (виду работ) более

.

года, проходят обучение и проверку знаний требований охраны труда в течение первого месяца после назначения на эти работы.

Порядок, форма, периодичность и продолжительность обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников рабочих профессий устанавливаются работодателем (или уполномоченным им лицом) в соответствии с нормативными правовыми актами, регулирующими

безопасность конкретных видов работ.

Работодатель (или уполномоченное им лицо) организует проведение первичного, не позднее одного месяца после приема на работу и периодического, не реже одного раза в год, обучения работников рабочих профессий оказанию первой помощи пострадавшим.

6. Обучение руководителей и специалистов

Руководители и специалисты организаций проходят специальное обучение по охране труда в объеме должностных обязанностей при поступлении на работу в течение первого месяца, далее - по мере необходимости, но не реже одного раза в три года. Обучение проводится по соответствующим программам по охране труда непосредственно самой организацией или образовательными учреждениями профессионального образования, учебными центрами и другими учреждениями и организациями, осуществляющими образовательную деятельность, при наличии у них лицензии на право ведения образовательной деятельности.

Обучение по охране труда,

1) в обучающих организациях федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области охраны труда; проходят:

- руководители организаций, заместители руководителей организаций, курирующие вопросы охраны труда, заместители главных инженеров по охране труда, работодатели - физические лица, иные лица, занимающиеся предпринимательской деятельностью;
- руководители, специалисты, инженерно-технические работники, осуществляющие организацию, руководство и проведение работ на рабочих местах и в производственных подразделениях, а также контроль и технический надзор за проведением работ;
- педагогические работники образовательных учреждений начального профессионального, среднего профессионального, высшего профессионального, послевузовского профессионального образования и дополнительного профессионального образования;
- преподаватели дисциплин «охрана труда», «безопасность жизнедеятельности», «безопасность технологических процессов и производств»;
- специалисты служб охраны труда, работники, на которых работодателем возложены обязанности организации работы по охране труда, члены комитетов (комиссий) по охране труда, уполномоченные (доверенные) лица по охране труда профессиональных союзов и иных уполномоченных работниками представительных органов;
- специалисты органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, члены комиссий по проверке знаний требований охраны труда обучающих организаций;
- специалисты органов местного самоуправления в области охраны труда;
- члены комиссий по проверке знаний требований охраны труда организаций;
- организаторы и руководители производственной практики обучающихся;

•

2) в обучающих организациях Министерства труда и социального развития Российской Федерации;

• специалисты федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области охраны труда

Руководители и специалисты организации могут проходить обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в самой организации, имеющей комиссию по проверке знаний требований охраны труда.

Обучение по охране труда руководителей и специалистов проводится преподавателями образовательных учреждений, осуществляющими преподавание дисциплин «охрана труда», «безопасность жизнедеятельности», «безопасность технологических процессов и производств», руководителями и специалистами федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области охраны труда, органов государственного надзора и контроля, а также работниками служб охраны труда организаций, имеющими соответствующую квалификацию и опыт работы в области охраны труда.

6. Проверка знаний требований охраны труда

Проверку теоретических знаний требований охраны труда и практических навыков безопасной работы работников рабочих профессий проводят непосредственные руководители работ в объеме знаний требований правил и инструкций по охране труда.

Руководители и специалисты организаций проходят очередную проверку знаний требований охраны труда не реже одного раза в три года.

•

Внеочередная проверка знаний требований охраны труда работников организаций независимо от срока проведения предыдущей проверки проводится:

- при введении новых или внесении изменений и дополнений в действующие законодательные и иные нормативные правовые акты, содержащие требования охраны труда. При этом осуществляется проверка знаний только этих законодательных и нормативных правовых актов;
- при вводе в эксплуатацию нового оборудования и изменениях технологических процессов, требующих дополнительных знаний по охране труда работников. В этом случае осуществляется проверка знаний требований охраны труда, связанных с соответствующими изменениями;
- при назначении или переводе работников на другую работу, если новые обязанности требуют дополнительных знаний по охране труда (до начала исполнения ими своих должностных обязанностей);
- по требованию должностных лиц федеральной инспекции труда, других органов государственного надзора и контроля, а также федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области охраны труда, органов местного самоуправления, а также работодателя (или уполномоченного им лица) при установлении нарушений требований охраны труда и недостаточных знаний требований безопасности и охраны труда;
- после происшедших аварий и несчастных случаев, а также при выявлении неоднократных нарушений работниками организации требований нормативных правовых актов по охране труда;
- при перерыве в работе в данной должности более одного года.

Для проведения проверки знаний требований охраны труда работников в организациях приказом (распоряжением) работодателя (руководителя) создается комиссия по проверке знаний требований охраны труда в составе не менее трех человек, прошедших обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в установленном порядке. В работе

•

комиссии могут принимать участие представители выборного профсоюзного органа, представляющего интересы работников данной организации, в том числе уполномоченные (доверенные) лица по охране труда профессиональных союзов.

Результаты проверки знаний требований охраны труда работников организации оформляются протоколом по форме. Работнику, успешно прошедшему проверку знаний требований охраны труда, выдается удостоверение за подписью председателя комиссии по проверке знаний требований охраны труда, заверенное печатью организации, проводившей обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда.

Работник, не прошедший проверки знаний требований охраны труда при обучении, обязан после этого пройти повторную проверку знаний в срок не позднее одного месяца.

Тесты к практической работе № 1

«Изучение правил проведения инструктажей»

1. Инструкции по охране труда разрабатываются и утверждаются:

А) комиссией по ОТ;

Б) работодателем одновластно;

В) работодателем с учетом мнения выборного органа профсоюзной организации.

2. Целевой инструктаж проводится:

А) при выполнении разовых работ;

Б) при нарушении работниками требований охраны труда;

В) при приеме на работу.

3. Каков порядок проведения первичного инструктажа на рабочем месте?

А) после длительного отсутствия работника;

.

Б) при выполнении работ повышенной опасности;

В) с учащимися и студентами перед изучением каждой новой темы, при проведении практических занятий в учебных лабораториях, классах, мастерских, при проведении занятий в кружках и секциях.

4. Кто и в какие сроки проводит вводный инструктаж по охране труда?

А) мастер или преподаватель, прошедшие в установленном порядке обучение и проверку знаний по охране труда перед началом учёбного года;

Б) специалист по охране труда до начала производственной деятельности;

В) руководитель структурного подразделения в течение месяца после приёма работника в организацию.

5. Каков порядок проведения первичного инструктажа на рабочем месте?

А) Проводится индивидуально или в группе лиц, обслуживающих однотипное оборудование, или в пределах общего рабочего места с показом безопасных приемов и методов труда. Завершается устной проверкой приобретенных знаний и навыков.

Б) Проводится по программам вводного инструктажа.

В) При выполнении работ повышенной опасности с записью в нарядедопуске.

6. Когда проводятся повторные инструктажи по охране труда? А) Не реже одного раза в квартал.

Б) Не реже одного раза в 6 мес.

В) Не реже одного раза в год.

7. Когда проводятся целевые инструктажи по охране труда? А) При нарушении работником требований охраны труда.

Б) При выполнении разовых работ, ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий.

.

В) При выполнении работ повышенной опасности.

Г) Во всех вышеперечисленных случаях.

8. В каких случаях проводится внеплановый инструктаж, где он фиксируется?

А) При приеме на работу с записью в личную карточку.

Б) При введении новых правил, инструкций по охране труда; при изменении технологического процесса; при перерывах в работе более 2 мес., а для работ с вредными условиями труда – более 30 дней; при несчастном случае на производстве.

В) При выполнении работ повышенной опасности с записью в нарядедопуске.

9. Кто и в какие сроки проводит проверку и пересмотр инструкций по охране труда для работников организации?

А) Руководитель подразделения – не реже 1 раза в 5 лет.

Б) Служба охраны труда – не реже 1 раза в 3 года.

В) Работник – ежегодно.

10. На основе каких документов разрабатываются инструкции по охране труда для работника при отсутствии межотраслевой и отраслевой типовой инструкции по охране труда:

А) Технической документации, требований безопасности, изложенных в эксплуатационной и ремонтной документации организаций – изготовителей оборудования.

Б) Межотраслевых или отраслевых правил по охране труда.

В) В соответствии с ответами «а» и «б».

11. Кто и в какие сроки проводит первичный инструктаж на рабочем месте?

А) Непосредственный руководитель работ, прошедший в установленном порядке обучение и проверку знаний по охране труда, проводит инструктаж работникам до начала их самостоятельной работы.

.

Б) Специалист по охране труда проводит инструктаж до начала производственной деятельности работника.

В) Лицо, назначенное распоряжением работодателя, проводит инструктаж в течение месяца после приема работника в организацию.

12. Кто утверждает перечень профессий и должностей работников, освобожденных от прохождения

первичного инструктажа на рабочем месте?

А) Работодатель.

Б) Профсоюзная организации.

В) Органы местного самоуправления.

Г) Федеральные органы исполнительной власти.

13. В каких случаях проводится целевой инструктаж, где он фиксируется?

А) При приеме на работу с записью в личную карточку.

Б) При введении новых правил и инструкций по охране труда; при изменении технологического процесса; при перерывах в работе более 2 мес, при несчастном случае на производстве. Фиксируется в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте.

В) При выполнении работ повышенной опасности с записью в нарядедопуске.

14. Где хранятся действующие в структурном подразделении инструкции по охране труда для работников, а также перечень этих инструкций?

А) Перечень вывешивается на доступном месте, инструкции хранятся на соответствующих рабочих местах.

Б) Каждый работник хранит свою инструкцию, перечень – руководитель структурного подразделения.

.

В) Перечень хранится у руководителя структурного подразделения, он же определяет местонахождение действующих в подразделении инструкций с учетом доступности и удобства ознакомления с ними.

15. Руководители и работники проходят проверку знаний требований охраны труда:

А) ежегодно;

Б) не реже одного раза в три года;

В) не реже одного раза в пять лет.

16. Когда работодатель обязан отстранить работника от работы?

А) нарушение работником требований охраны труда,

Б) работник не прошёл обучение и проверку знаний по охране труда;

В) однократное нарушение

17. Кто несет ответственность за организацию и своевременность обучения по охране труда и проверку знаний по охране труда работников организации?

А) Служба охраны труда.

Б) Работодатель.

В) Отдел кадров.

18. Как часто осуществляется проверка знаний по охране труда руководителей и специалистов организаций?

А) При поступлении на работу, далее – ежегодно.

Б) При поступлении на работу в течение первого месяца, далее – не реже 1 раза в три года.

В) Не реже 1 раза в пять лет.

19. Когда работодатель обязан отстранить от работы работника?

А) Работник не прошел обучение и проверку знаний по охране труда.

Б) Нарушение работником требований по охране труда, если нарушение создавало угрозу наступления тяжелых последствий.

В) Однократное грубое нарушение трудовых обязанностей.

Г) Во всех случаях.

•

20. Производственный инструктаж по характеру и времени проведения подразделяется:

А) вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и текущий.

Б) первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и текущий.

В) повторный, внеплановый и текущий.

ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ

К практической работе 4

№ *вопроса*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
Ответ	**В**	**А**	**В**	**Б**	**А**	**Б**	**Г**	**Б**	**А**	**В**
№ *вопроса*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
Ответ	**А**	**А**	**Б**	**В**	**Б**	**Б**	**Б**	**Б**	**А**	**А**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема: **«Изучение средств коллективной и индивидуальной защиты от опасностей на предприятиях»**

Цель: Закрепление теоретических знаний по изучению видов и характеристик средств индивидуальной и коллективной защиты Студент должен знать:

- основные термины, нормативные документы средств защиты работающих;
- основные виды и характеристики средств коллективной защиты (СКЗ);
- основные виды и характеристики средств индивидуальной защиты

•

(СИЗ);

Уметь:

- выбирать и применять средства защиты на предприятии

Содержание работы

1. Общая характеристика средств защиты работающих.

2. Изучение средств индивидуальной защиты.

3. Изучение средств коллективной защиты.

4. Оформление отчета.

5. Ответить на тестовые вопросы по теме

Порядок выполнения практической работы:

1. Изучить тему 1. Общая характеристика средств защиты работающих

Задание 1. Записать основные термины и документы по средствам защиты работающих

2. Изучить тему 2: Средства индивидуальной защиты работающих.

Задание 2. Оформить таблицу «Характеристика СКЗ»

3. Изучить тему 3. Средства коллективной защиты работающих

   Задание 3. Ответить на тестовые вопросы.

4. Оформление отчета.

5. Ответить на тестовые вопросы по теме.

Используемая литература

1. Конституция Российской Федерации.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации.
3. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
4. Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник для студ. СПО / В.А. Девисилов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: ФОРУМ, 2010. - 512 с.: ил.
5. Графкина, М.В. Охрана труда и производственная безопасность: учеб. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2007. – 424 с.
6. Попов, Ю.П. Охрана труда: учеб. пособие / Ю.П. Попов. - 2-е изд., стер.2-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2009. - 224 с. - (Среднее профессиональное образование).

•

7. Басаков М.И. Охрана труда (безопасность жизнедеятельности в условиях производства): учеб.-практич. пособие / М.И. Басаков. - М.: МарТ, 2003. - 400 с.
8. Охрана труда. Правовое регулирование. Практика. Основные документы. Под общей редакцией Ю.Л.Фадеева. – М.: Эксмо, 20012.

•

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения практической работы № 2 «Изучение средств коллективной и индивидуальной защиты от опасностей на предприятиях»

1. Общая характеристика средств защиты работающих

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) и средств коллективной защиты (СКЗ) является одной из мер предупреждения неблагоприятного воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих.

Средства индивидуальной (СИЗ) и коллективной (СКЗ) защиты работников — технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения (ст. 209 ТК РФ).

При решении вопроса о снижении интенсивности воздействия этих факторов по возможности всегда следует отдавать предпочтение коллективным методам защиты перед индивидуальными.

Средства коллективной (СКЗ) защиты работников обеспечивают защиту всех работающих на предприятии или в организации рабочих и служащих.

Средства индивидуальной (СИЗ) обеспечивают защиту одного человека, непосредственно выполняющего работу.

Среди мероприятий, направленных на защиту работающих, применение СИЗ и СКЗ находятся на четвертом месте после:

- технологических, при которых устранение образования

вредностей происходит путем изменения технологического процесса;

-
- технических, при которых создаются препятствия выделению вредностей в производственную среду благодаря герметизации оборудования, механизации и автоматизации процессов и т.д.;
- санитарно-технических, при которых происходит удаление вредных факторов из производственной среды или ослабление их действия до допустимых уровней (вентиляция и др.).

Основные документы, регулирующие применение средства коллективной (СКЗ) защиты и порядок выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ) на предприятиях и в организациях:

- Трудовой кодекс Российской Федерации (ст. 209-212, 215, 219, 221);
- Федеральный закон от 17.07.1999 г. № 181 «Об основах охраны труда в Российской Федерации» (ст. 4, п. 1; ст. 8; ст. 9, п. 5; ст. 14, п. 2; ст. 17, пп. 1 и 2; ст. 20, п. 3);
- Федеральный закон от 30.03.99 г. № 53 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ст. 25, п. 2; ст. 39, п. 3; ст. 55, п. 1);
- постановление Минтруда и социального развития РФ «О проведении аттестации рабочих мест по условиям труда» № 12 от 14.03.1997 г. (п. 3.3 и приложение 7);
- Федеральный закон от 17.12.1999 г. № 212 «О защите прав потребителей»;
- постановление Минтруда РФ от 18.12.1998 г. № 51 «Об утверждении правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты» с изменениями № 39 от 29.10.1999 г. и № 7 от 03.02.2004 г.;
- типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты для

•

различных отраслей промышленности и производства, утвержденные постановлениями

Минтруда и социального развития РФ № 61 от 08.12.1997 г., № 63 от 16.12.1997 г., № 66 от 25.12.1997 г., № 67 от 26.12.1997 г. и № 68 от 29.12.1997 г.

• типовые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех отраслей экономики, утвержденные постановлением Минтруда России № 69 от 30.12.1997 г.;

• нормы бесплатной выдачи работникам теплой специальной одежды и теплой специальной обуви по климатическим поясам, единым для всех отраслей экономики, утвержденные постановлением Минтруда Росси № 70 от

31.12.1997 г.; ГОСТ 12.4.0011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация внутренних норм выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты» и др

2. Средства индивидуальной защиты работающих

При аварийных, ремонтных и других эпизодически проводимых работах индивидуальную защиту персонала следует рассматривать в большинстве случаев как одно из основных мероприятий в системе организации безопасности проведения работ.

Целью применения любого СИЗ является снижение до допустимых уровней или полное предотвращение влияния на организм вредных производственных факторов. При этом отрицательное влияние СИЗ на жизненно важные функциональные системы организма и трудовой процесс должно быть сведено к минимуму.

Таблица

.

Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения

№ п/п	СИЗ	Наименования
1	Костюмы изолирующие	Скафандры, пневмокостюмы;. гидроизолирующие костюмы;
2	Средства защиты органов дыхания	противогазы; респираторы; самоспасатели; пневмошлемы; пневмомаски; пневмокуртки
3	Одежда специальная защитная	тулупы, пальто; полупальто, полушубки; накидки; плащи, полуплащи; халаты; костюмы; куртки, рубашки; брюки, шорты; комбинезоны, полукомбинезоны; жилеты; платья, сарафаны; блузы, юбки; фартуки; наплечники.
4	Средства защиты ног	сапоги; сапоги с удлиненным голенищем; сапоги с укороченным голенищем; полусапоги; ботинки; полуботинки; берцы, туфли; бахилы; галоши; боты; тапочки (сандалии); унты, чувяки; щитки, ботфорты, наколенники, портянки.
5	Средства защиты рук	рукавицы; перчатки; полуперчатки; напальчники; наладонники; напульсники; нарукавники, налокотники.
6	Средства защиты головы	каски защитные; шлемы, подшлемники; шапки, береты, шляпы, колпаки, косынки, накомарники.
7	Средства защиты лица	щитки защитные лицевые.
8	Средства защиты глаз	очки защитные.
9	Средства защиты органа слуха	противошумные шлемы; противошумные вкладыши; противошумные наушники.
10	Средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства	предохранительные пояса, тросы; ручные захваты, парашюты, манипуляторы; наколенники, налокотники, наплечники.
11	Средства дерматологические защитные	защитные средства (защиты кожи); очистители кожи
12	Средства защиты комплексные	

Спецодежда это одна часть из всех средств индивидуальной защиты (СИЗ). Спецодежда, как и другие средства индивидуальной защиты, востребована и применима во многих областях производства. К такой профессиональной деятельности относят деятельность строителей, монтажников, химическое производство, тяжелое машиностроение,

•

производство лекарственных препаратов, металлургию, пищевую промышленность и другие.

Основная функция спецодежды - обеспечение достаточного уровня безопасности труда, в том числе защита от различных механических повреждений. Однако, кроме основной функции, спецодежда выполняет также несколько дополнительных. К ним можно отнести немаловажную для работы предприятия рекламную или маркетинговую функцию.

Спецодежда играет важную роль в деле процветания предприятия и определенного психологического настроя, в сплочении коллектива и повышении производительности труда.

Именно поэтому рабочая обувь и рабочий костюм, а также другие виды спецодежды должны подбираться не только из расчета практичности и безопасности, но и с точки зрения брендовости. Как правило на спецодежду наносят логотип компании, и зачастую слоган.

Спецодежда – это разработанная по специальной технологии одежда, которая предназначена для защиты работника от негативных воздействий производственного процесса или окружающей среды. К спецодежде можно отнести рабочий костюм и специальную обувь, рабочие рукавицы и респиратор, перчатки или головные уборы. Спецодежда должна обеспечивать определенный уровень защиты, например, быть водоотталкивающей, жаронепроницаемой, гигиенической (для медперсонала), антистатической и тому подобное.

Общие требования к средствам индивидуальной защиты

- Средства защиты работающих должны обеспечивать предотвращение или уменьшение действия опасных и вредных производственных факторов.
- Средства защиты не должны быть источником опасных и вредных производственных факторов.

•

• Средства защиты должны отвечать требованиям технической эстетики и эргономики.

• Выбор конкретного типа средства защиты работающих должен осуществляться с учетом требований безопасности для данного процесса или вида работ*.

** Виды средств защиты в зависимости от конкретного опасного и вредного фактора или от конструктивных особенностей подразделяют на типы.*

• Средства индивидуальной защиты следует применять в тех случаях, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией оборудования,организацией производственных процессов, архитектурнопланировочными решениями и средствами коллективной защиты.

• Средства индивидуальной защиты не должны изменять своих свойств при их стирке,химчистке и обеззараживании. Они должны изготавливаться из материалов, разрешенных к применению, обеспечивать высокую степень защитной эффективности и удобство при эксплуатации, отвечать требованиям технической эстетики и эргономики, СИЗ не могут быть источником опасных и вредных производственных факторов, оказывать токсическое и аллергическое воздействие на организм работника.

• Средства индивидуальной защиты должны подвергаться оценке по защитным, физиолого-гигиеническим и эксплуатационным показателям.

• Требования к маркировке средств индивидуальной защиты должны соответствовать ГОСТ 12.4.115 и стандартам на маркировку на конкретные виды средств индивидуальной защиты.

• Средства индивидуальной защиты должны иметь инструкцию с указанием назначения и срока службы изделия, правил его эксплуатации и хранения.

•

• Средства коллективной защиты работающих конструктивно должны быть соединены с производственным оборудованием или его элементами управления таким образом,чтобы, в случае необходимости, возникло принудительное действие средства защиты. Допускается использовать средства коллективной защиты в качестве элементов управления для включения и выключения производственного оборудования.

• Средства коллективной защиты работающих должны быть расположены на производственном оборудовании или на рабочем месте таким образом, чтобы постоянно обеспечивалась возможность контроля его работы, а также безопасного ухода и ремонта.

Обязанности работодателя по обеспечению работников спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты

Обеспечение работников СИЗ за счет средств работодателя - одно из главных направлений государственной политики по охране труда («Правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты», постановление Минтруда России № 51 от 18.12.1998 г.; Трудовой кодекс РФ, ст. 212, 219).

Работодатель обязан обеспечивать:

• приобретение и выдачу СИЗ за счет собственных средств;

• надлежащий уход за средствами индивидуальной защиты и их хранение: химчистку, стирку, ремонт, дегазацию, дезактивацию, обезвреживание и обеспыливание специальной одежды, а также ремонт, дегазацию, дезактивацию и обезвреживание специальной обуви и других средств индивидуальной защиты;

• обязательное использование работниками выданных им средств индивидуальной защиты;

•

• проведение инструктажа работников по правилам пользования респираторами, противогазами, самоспасателями, предохранительными поясами, касками и др.

Сертификация средств индивидуальной защиты

Правовой основой работ по сертификации средств индивидуальной защиты (СИЗ) является Постановление Государственного Комитета Российской Федерации по Стандартизации и Метрологии от 19.06.2000 года №34. Об утверждении и введении в действие "Правил проведения сертификации средств индивидуальной защиты"

Сертификация - это подтверждение того, что продукция соответствует требованиям, установленным нормативной документацией. Все средства индивидуальной защиты должны иметь сертификат соответствия на основании положительных результатов испытаний, проведенных в аккредитованных испытательных лабораториях.

К проведению работ по обязательной сертификации допускаются только те организации, которые имеют лицензию на их проведение и не являются ни изготовителями, ни потребителями этой продукции.

Подлинный обязательный сертификат должен быть на желтой бумаге с водяными знаками. Каждый бланк имеет индивидуальный номер красного цвета.

3. Средства коллективной защиты работающих

Таблица 3.

•

№ п/п	Классы СКЗ	Группы СКЗ
1	Средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест	- поддержания нормируемой величины барометрического давления; - вентиляции и очистки воздуха; - кондиционирования воздуха; - локализации вредных факторов; - отопления; - автоматического контроля и сигнализации; - дезодорации воздуха.
2	Средствам нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест	- источники света; - осветительные приборы; - световые проемы; - светозащитные устройства; - светофильтры.
3	Средствам защиты от повышенного уровня ионизирующих излучений относятся:	- оградительные устройства; - предупредительные устройства; - герметизирующие устройства; - защитные покрытия; - устройства улавливания и очистки воздуха и жидкостей - средства дезактивации; - устройства автоматического контроля; - устройства дистанционного управления; - средства защиты при транспортировании и временном хранении радиоактивных веществ; - емкости радиоактивных отходов, - знаки безопасности;
4	Средства защиты от повышенного уровня инфракрасных излучений относятся устройства:	- оградительные; - герметизирующие; - теплоизолирующие; - вентиляционные; - автоматического контроля и сигнализации; - дистанционного управления; - знаки безопасности.
5	Средства защиты от повышенного или пониженного уровня ультрафиолетовых излучений относятся устройства:	- оградительные; - для вентиляции воздуха; - автоматического контроля и сигнализации; - дистанционного управления; - знаки безопасности.
6	Средства защиты от повышенного уровня электромагнитных излучений относятся:	- оградительные устройства; - защитные покрытия; - герметизирующие устройства;

		- устройства автоматического контроля и сигнализации; - устройства дистанционного управления; - знаки безопасности.
7	Средства защиты от повышенной напряженности магнитных и электрических полей относятся:	- оградительные устройства; - защитные заземления; - изолирующие устройства и покрытия; - знаки безопасности.

8	Средства защиты от повышенного уровня лазерного излучения относятся:	- оградительные устройства; - устройства автоматического контроля и сигнализации; - устройства дистанционного управления;
9	Средства защиты от повышенного уровня шума относятся устройства:	- оградительные; - звукоизолирующие, звукопоглощающие; - глушители шума; - автоматического контроля и сигнализации; - дистанционного управления.
10	Средства защиты от повышенного уровня вибрации относятся устройства:	- оградительные; - виброизолирующие, виброгасящие и вибропоглощающие; - автоматического контроля и сигнализации; - дистанционного управления.
11	Средства защиты от повышенного уровня ультразвука относятся устройства:	- оградительные; - звукоизолирующие, звукопоглощающие; - автоматического контроля и сигнализации; - дистанционного управления.
12	Средства защиты от повышенного уровня инфразвуковых колебаний относятся:	- оградительные устройства; - знаки безопасности.
13	Средства защиты от поражения электрическим током относятся:	- оградительные устройства; - устройства автоматического контроля и сигнализации; - изолирующие устройства и покрытия; - устройства защитного заземления и зануления; - устройства автоматического отключения; - устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения; - устройства дистанционного управления; - предохранительные устройства; - молниеотводы и разрядники; - знаки безопасности.
14	Средства защиты от повышенного уровня статического электричества относятся:	- заземляющие устройства; - нейтрализаторы; - увлажняющие устройства; - антиэлектростатические вещества; - экранирующие устройства.
15	Средства защиты от пони-женных или повышенных температур поверхностей оборудования, материалов и заготовок относятся устройства:	- оградительные; - автоматического контроля и сигнализации; - термоизолирующие; - дистанционного управления.
16	Средства защиты от падения с высоты относятся:	- ограждения; - защитные сетки; - знаки безопасности

•

17	Средства защиты от повышенных или пониженных температур воздуха и температурных перепадов относятся устройства:	- оградительные; - автоматического контроля и сигнализации; - термоизолирующие; - дистанционного управления; - для радиационного обогрева и охлаждения
18	Средства защиты от воздействия механических факторов относятся	- оградительные; - автоматического контроля и сигнализации;

•

•

•

Классификация СКЗ

Виды СКЗ Характеристика	Принцип действия	Наименование, характеристика	Назначение
Оградительные устройства	Изоляция опасного фактора в недоступном для человека месте	А) Конструкция: кожухи, двери, крышки, барьеры, экраны, щиты, Б) Способ изготовления: сплошные, несплошные, прозрачные, комбинированные	Устанавливаются межд опасным производственным фактором и работающим.
Предохранительные устройства	Ликвидация опасного фактора в источнике его возникновения	А) Блокировочные устройства: (механические, электрические, электронные, электромагнитные, пневматические, гидравлические, оптические, магнитные),	Срабатывают при ошибочных действиях работающего
		Б) Ограничительные устройства: муфты, клапаны	Срабатывают пр нарушениях параметро технологического процесса или режим работы оборудования

•

Тормозные устройства	Удержание оборудования в неподвижном состоянии	А) по конструкции: колодочные, дисковые, конические, клиновые; Б) по способу срабатывания: ручные, ножные, автоматические, полуавтоматические; В) по назначению: рабочие, резервные, для длительного отключения, для экстренного торможения	Для остановки движенияв случае возникновения травмоопасной или аварийной ситуации
	устройства: .	- предохранительные; - дистанционного управления; - тормозные; - знаки безопасности	
19	Средства защиты от воздействия химических факторов относятся устройства:	- оградительные; - автоматического контроля и сигнализации; - герметизирующие; - для вентиляции и очистки воздуха; - для удаления токсичных веществ; - дистанционного управления;	
20	Средства защиты от воздействия биологических факторов относятся:	- оборудование и препараты для дезинфекции, дезинсекции, - стерилизации, дератизации; - оградительные устройства; - герметизирующие устройства; - устройства для вентиляции и очистки воздуха; - знаки безопасности.	

Таблица 3.

Характеристика СКЗ

•

Контроля и сигнализации	Привлечения внимания работающих при проявлении опасного фактора.	А) по назначению: информационные, предупреждающие, аварийные; Б) по характеру сигнала: звуковые, цветовые, световые, знаковые, комбинированные;	Для контроля, передачи и воспроизведения информации,

.

Дистанционного управления	Защита расстоянием	А) по принципу действия: механические, электрические, пневматические, гидравлические, комбинированные.	Для удаления работающего из опасной зоны
Цвета и знаки безопасности	Привлечения внимания работающих	А) сигнальные цвета: красный, желтый, синий, зеленый; Б) знаки безопасности: запрещающие, предупреждающие, предписывающие, указательные, пожарной безопасности, эвакуационные, медицинские.	Для привлечения внимания и дачи определенной информации

4. Изучение сигнальных цветов и знаков безопасности

Сигнальные цвета имеют определенное смысловое значение

Красный – указывает на запрещение, непосредственную опасность или средство пожаротушения.

Желтый – предупреждает о возможной опасности.

Зелёный – разрешает выполнение работы только при соблюдении определённых требований техники безопасности.

Синий – несёт информацию о местонахождении различных объектов и устройств.

Знаки безопасности

Запрещающие 1 - указывают работающим на недопустимость определенных действий (пользоваться открытым огнем, курить, входить, тушить водой и т. п.). Они имеют форму круга с красной каймой и наклонной красной полосой через белое поле, на которое нанесено черное символическое изображение.

Предупреждающие 2 - предостерегают о возможных потенциальных опасностях (взрыве, электрическом напряжении, падении и т.п.). Они имеют форму равностороннего треугольника с каймой черного цвета и желтым полем, на котором изображен символ черного цвета.

•

Указательные 3 - сообщают работающему о расположении средств пожарной защиты, пункта первой медицинской помощи, связи и т.п. Они имеют форму прямоугольника синего цвета, в верхней части которого расположен белый квадрат с символом или поясняющей надписью. Если последние относятся к пожарной безопасности, то они имеют красный цвет, а в остальных случаях — черный.

Предписывающие 4 - указывают работающему на необходимость соблюдения определенных правил личной безопасности (работать в защитной одежде, головном уборе, рукавицах, с предохранительным поясом и т.п.). Они имеют форму квадрата с зеленой каймой и белым полем, на котором расположен символ черного цвета.

Тест к практической работе № 2

«Изучение средств индивидуальной и коллективной защиты на АТП»

1. От чего защищают коллективные средства защиты?

а) от поражения электрическим током,

б) от повышенного уровня шума и вибрации,

в) от действия ОВ,

г) от повышенного уровня различных излучений,

д) все выше перечисленное

2. Что относится к индивидуальным средствам защиты органов дыхания?

а) пневмокостюмы,

б) противогаз,

в) медицинская аптечка,

г) очистители кожи.

д) самоспасатели.

3. К средствам коллективной защиты относятся:

а) оградительные устройства

.

б) средства дерматологические,

в) противогаз,

г) респиратор.

4. Что является подручным средством защиты органов дыхания

а) любая ткань, носовой платок,

б) противогаз,

в) ватно-марлевая повязка,

г) противопыльная тканевая маска.

5. Что относится к индивидуальным медицинским средствам защиты? а) респиратор,

б) ватно-марлевая повязка,

в) индивидуальная аптечка,

г) противогаз,

д) легкий защитный костюм.

6. Назовите группы СИЗ организма человека по характеру их воздействия:

а) средства защиты кожи,

б) средства защиты слизистых оболочек,

в) средства защиты органов дыхания,

г) химические средства защиты,

д) медицинские средства защиты.

7. Средства защиты по принципу защиты делятся на:

а) фильтрующие и изолирующие,

б) индивидуальные и коллективные,

в) индивидуальные и специальные.

8. Всегда ли следует работнику использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ), выданные ему в соответствии с инструкцией по охране труда для выполнения работ?

.

а) работник обязан выполнять требования охраны труда, установленные

инструкциями по охране труда и правильно применять СИЗ.

б) работник вправе отказаться от применения СИЗ, которые снижают производительность труда.

в) работник имеет право отказаться от применения СИЗ, о чем он должен в письменной форме сообщить руководителю работ.

9. На каких видах работ работник должен обеспечиваться СИЗ?

а) На работах с вредными и опасными производственными факторами и на работах с особыми температурными условиями или связанными с загрязнением,

б) На работах с высоким классом профессионального риска,

в) На работах с ограничением труда женщин и подростков,

г) На работах с повышенной опасностью.

10. Напоминание в виде знаков безопасности это:

а) Организационно-технический вид защиты

б) Техническое средство защиты,

в) Метод защиты 21

11. Специальная одежда, специальная обувь, другие СИЗ учитываются:

а) В личной карточке учета выдачи СИЗ,

б) В ведомости выдачи СИЗ,

в) В расписке о получении СИЗ,

г) В журнале выдачи СИЗ.

12. К каким мероприятиям относится обеспечение работников мылом, смывающими и обезвреживающими средствами в соответствии с установленными нормами?

а) К техническим средствам защиты,

б) К организационным видам защиты,

.

в) К мероприятиям по обеспечению средствами индивидуальной защиты,

г) К лечебно-профилактическим и санитарно-бытовым мероприятиям.

13. Кому бесплатно выдается специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты?

а) Неэлектротехническому персоналу,

б) Работникам, работа, которых связана с воздействием ВОПФ и загрязнением,

в) Всем работникам,

г) Определяет руководитель.

14. Обязан ли работник компенсировать денежные средства, потраченные работодателем на приобретение средств индивидуальной защиты?

а) Да, в соответствии с трудовым договором;

б) Вопрос решается индивидуально по согласованию между работников
и работодателем;

в) Нет. Работник имеет право на обеспечение СИЗ за счет средств работодателя;

г) Обязан компенсировать в размере 50% от стоимости.

15. Технические средства защиты подразделяются на:

а) Средства индивидуальной защиты и виды защиты,

б) Средства индивидуальной защиты (СИЗ) и коллективной защиты (СКЗ),

в) Организационные виды защиты и знаки безопасности,

г) СИЗ, спецодежду и спецобувь.

16. Опасный фактор это:

а) Химическое соединение превышающее ПДК,

б) Напряженность труда,

.

в) Производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, резкому ухудшению здоровья или смерти,

г) Тяжесть труда.

17. Что можно применить для временного ограждения токоведущих частей электроустановок, оставшихся под напряжением?

а) Металлические щиты, ширмы, экраны

б) Щиты, ширмы экраны и т.п., изготовленные из изоляционных материалов

в) Изолирующие канаты

г) Деревянные лестницы

18. Какие средства индивидуальной защиты обязан применять электротехнический персонал при работе на электроустановке до 1000 В?

а) Инструмент с изолирующими рукоятками,

б) Респиратор,

в) Индивидуальные экранизирующие комплекты,

г) Противогаз.

19. Специальная одежда, специальная обувь и другие СИЗ, выдаваемые работающим с ВОПФ отражаются:

а) В личной карточке учета СИЗ, должностной инструкции, приказе руководителя и приложении к коллективному договору,

б) В приказе руководителя,

в) В коллективном договоре,

г) В журнале выдачи.

20. Системы защиты подразделяются:

а) На знаки безопасности, СИЗ и средства коллективной защиты

б) На организационные, организационно-технические виды защиты и технические средства защиты

в) На методы защиты и формы защиты

•

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: «**Изучение основополагающих правовых документов по вопросам охраны труда»**

Цель: Закрепление теоретических знаний по изучению правовых и нормативных документов по охране труда.

Студент должен:

Знать:

- законы и иные нормативные правовые акты, содержащие государственные нормативные требования охраны труда, распространяющиеся на деятельность предприятий и организаций;

Уметь:

- применять на практике знание правовых и нормативных документов,
- использовать Трудовой кодекс РФ в вопросах безопасности труда;
- пользоваться межотраслевыми правилами и локальными инструкциями по охране труда.

Содержание работы

1. Знакомство с Конституцией РФ и Трудовым кодексом РФ.
2. Изучение раздела IV ТК РФ «Рабочее время».
3. . Изучение раздела V ТК РФ «Время отдыха».
4. Изучение особой охраны труда женщин и несовершеннолетних.
5. Знакомство с системой стандартов безопасности труда (ССБТ).
6. Оформление отчета.

Порядок выполнения практической работы:

1. Ознакомление с Конституцией РФ и с Трудовым кодексом РФ.

Задание 1. Записать в практическую работу определение Конституции РФ и постатейные гарантии прав работающих в области охраны труда.

.

Задание 2. Записать определение Трудового кодекса РФ и его содержание.

2. Изучение раздела IV ТК РФ «Рабочее время».

Задание 3. Записать в практическую работу тезисы по разделу IV.

3. Изучение раздела V ТК РФ «Время отдыха».

Задание 4. Записать в практическую работу тезисы по разделу V.

4.. Изучение особой охраны труда женщин (ТК РФ часть 4 гл.41 ст.253264).

Задание 5. Записать в практическую работу тезисы по главе 41.

5. Изучение охраны труда несовершеннолетних (ТК РФ часть 4 гл.42 ст.265-272).

Задание 6. Записать в практическую работу тезисы по главе 42.

6. Оформление отчета.

7. Ответить на тестовые вопросы по теме **Используемая литература**

1. Конституция Российской Федерации.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации.
3. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
4. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник для студ. СПО / В.А. Девисилов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: ФОРУМ, 2010. - 512 с.: ил.
5. Графкина, М.В. Охрана труда и производственная безопасность: учеб. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2007. – 424 с.
6. Попов, Ю.П. Охрана труда: учеб. пособие / Ю.П. Попов. - 2-е изд., стер.2-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2009. - 224 с. - (Среднее профессиональное образование).
7. Басаков М.И. Охрана труда (безопасность жизнедеятельности в условиях производства): учеб.-практич. пособие / М.И. Басаков. - М.: МарТ, 2003. - 400 с.
8. Охрана труда. Правовое регулирование. Практика. Основные документы. Под общей редакцией Ю.Л.Фадеева. – М.: Эксмо, 20012.

.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения практической работы № 3 Тема: «Изучение основополагающих правовых документов по вопросам ОТ»

1. Ознакомление с Конституцией РФ

Конституция Российской Федерации - основной Закон страны, который определяет основные права и свободы граждан в политической и социально-экономической жизни общества, служит основой для разработки законодательных и нормативных актов.

В Конституции РФ записано:

Гл.1 ст.7- охраняются труд и здоровье людей;

Гл.1 ст.37 - каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены; - каждый имеет право на отдых;

Гл..1 ст.41 - каждый имеет право на охрану здоровья и медицинскую помощь;

Гл.1 ст. 42 – каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью экологическим правонарушением.

2. Знакомство с Трудовым кодексом РФ

Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ) - регулирует трудовые отношения людей и содержит всю законодательную базу по охране труда.

Трудовой кодекс РФ состоит из частей, разделов, глав и статей.

Часть 1.

Раздел I «Общие положения, основы трудового законодательства, трудовые отношения» (гл.1,2 ст.1-14, 15-22);

Часть 2

.

Раздел II «Социальное партнерство в сфере труда» (гл.3 - 8 ст. 23-28, 29-

34, 35, 36-39, 40-51, 52-53, 54-55);

Часть 3

Раздел III «Трудовой договор» (гл. 10 - 14 ст.56-62, 63-71, 72-76, 77-84, 85-90);

Раздел IV «Рабочее время» (гл.15,16 ст.91-99, 100-105);

Раздел V «Время отдыха» (гл.17,18,19 ст.106-107, 108-113, 114-128);

Раздел VI «Оплата и нормирование труда» (гл.20,21,22 ст.129-132, 133-158, 159-163);

Раздел VII «Гарантии и компенсации» (гл.23 - 28 ст.164-165, 166-169, 170-172, 173-177, 178-181, 182-188);

Раздел VIII «Трудовой распорядок. Дисциплина труда» (гл.29,30 ст.189-

190, 191-195);

Раздел IX «Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации работников» (гл.31,32 ст.196-197,198-208);

Раздел X «Охрана труда» (гл.34,35,36 ст.209-210, 211-215, 216-218, 219-231);

Раздел XI «Материальная ответственность сторон трудового договора» (гл.37,38,39 ст.232-233, 234-237,238-250);

Часть 4

Раздел XII «Особенности регулирования труда отдельных категорий работников» (гл.40 - 55 ст.251-252, 253-264, 265-272, 273-281, 282-288, 289292, 293-296, 297-302, 303-3098, 310-31ё2, 313-327, 328-330, 331-336, 337-341,

342-348, 349-351);

Часть 5

Раздел XII «Защита трудовых прав и свобод, рассмотрение и разрешение трудовых споров, ответственность за нарушение трудового

законодательства т иных актов, содержащих нормы трудового права» (гл.5 - 62 ст.352, 353-369, 370-378, 379-380, 381-397, 398-418. 419);

Часть 6

Раздел XIV «Заключительные положения» (гл.63 ст.420-424).

3. Изучение раздела IV ТК РФ «Рабочее время»

Рабочее время – время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности.

Нормальная продолжительность рабочего времени не должна превышать 40 ч. в неделю.

Сокращенная продолжительность рабочего времени устанавливается:

- не более 24 ч в неделю для работников в возрасте до 16 лет;
- не более 35 ч в неделю для работников в возрасте от 16 до 18 лет;
- не более 35 ч в неделю для работников, являющимися инвалидами I или II группы;
- не более 36 ч в неделю для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Неполное рабочее время. Продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- 5 ч для работников в возрасте от 15 до 16 лет;
- 7 ч для работников в возрасте от 16 до 18 лет;
- 8 ч при пятидневной рабочей неделе;
- 7 ч при шестидневной неделе.

Продолжительность рабочего дня или смены, накануне нерабочего праздничного дня, уменьшается на 1 час.

Работа в ночное время (с 22.00 до 6.00).

К работе в ночное время не допускаются: беременные женщины и работники до 18 лет.

•

Сменная работа – это работа в две, три или четыре смены.

Работа в течение двух смен подряд запрещена.

Междусменный непрерывный отдых должен превышать двойную продолжительность работ в предыдущую смену.

Сверхурочная работа не должна превышать 4 ч в течение двух дней подряд и 120 ч в год.

Режим рабочего времени предусматривает продолжительность рабочей недели

- 5-и дневная с двумя выходными днями;
- 6-и дневная с одним выходным днем;
- с предоставлением выходных дней по скользящему графику;
- неполная рабочая неделя;
- работа с ненормированным рабочим днем;
- режим гибкого рабочего времени.

4. Изучение раздела V ТК РФ «Время отдыха»

Время отдыха – это время, в течение которого работник свободен от исполнения трудовых обязанностей и которое он может использовать по своему усмотрению.

Виды времени отдыха:

- перерывы в течение рабочего дня (смены);
- ежедневный (междусменный) отдых;
- выходные дни (еженедельный непрерывный отдых);
- нерабочие праздничные дни;
- отпуска.

Перерывы в течение рабочего дня (смены) для отдыха и питания6

- в рабочее время не включается;
- может быть продолжительностью от30 мин до 2-х часов;

Нерабочие праздничные дни в России:

- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 января – новогодние каникулы;
- 7 января – Рождество Христово;
- 23 февраля – День защитника отечества;
- 8 марта – Международный женский день;
- 1 мая – праздник весны и труда;
- 9 мая – День Победы;
- 12 июня – День России;
- 4 ноября – День народного единства.

Выходные дни:

- два выходных дня при 5-и дневной рабочей неделе;
- один выходной день при 6-и дневной рабочей неделе;
- еженедельный непрерывный отдых не менее 42 часов.

При совпадении выходного и нерабочего праздничного дней, выходной день переносится на следующий после праздничного, рабочий день.

Работа в выходные и нерабочие праздничные дни запрещается, за исключением следующих случаев:

- для предотвращения или устранения катастроф, аварий,

стихийных бедствий, несчастных случаев, уничтожения или порчи имущества;

- для выполнения работ в условиях чрезвычайного положения, в случае бедствий и в иных;
- случаях, ставящих под угрозу жизнь или жизненные условия населения.

Отпуска.

Ежегодный оплачиваемый отпуск гарантирован работникам не менее 28 рабочих дней в расчете на 6-дневную рабочую неделю. Право на использование отпуска за первый год работы возникает у работника по истечению 6 мес. непрерывной работы на данном предприятии, а за последующие годы –в любое время в соответствии с очередностью.

.

Отдельным категориям работающих предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск.

5. Изучение охраны труда женщин (ТК РФ часть 4 гл.41 ст.253264).

В соответствии со ст. 19 Конституции РФ мужчина и женщина имеют равные права и свободы и одинаковые возможности для их реализации.

Однако физиологические особенности женщины и ее детородная функция учитываются при осуществлении трудовой деятельности.

Согласно Трудового Кодекса РФ все нормативные требования по организации труда женщин классифицируются на две группы:

1) распространяемые на всех женщин:

- ограничения применения труда в ночное время, на тяжелых работах, с вредными и опасными условиями труда, на подземных работах, согласно специального перечня. Здесь женщины могут выполнять только не физическую работу по санитарному и бытовому обслуживанию.
- запрещение применения труда на работах, с связанных с подъемом и перемещением вручную тяжестей превышающих предельно допустимые нормы. В случае подъема и перемещения тяжестей при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час) -10 кг. Если подъем и перемещение тяжестей осуществляется постоянно в течение рабочей смены – 7 кг.
- на предприятиях должны быть созданы условия для санитарнобытового обслуживания женщин (комнаты личной гигиены, душевые и т.д.);

2) распространяемые на беременных женщин и матерей, имеющих малолетних детей:

- на период отпуска по родам и уходу за ребенком за женщиной сохраняется место работы (должность),

•

- запрещено увольнение по инициативе работодателя (за исключением ликвидации предприятия) беременных женщин и женщин, имеющих детей до 3-х лет, и одиноких матерей, при наличии у них детей до 14 лет или ребенкаинвалида в возрасте до 16 лет;
- беременным женщинам снижаются нормы выработки, нормы обслуживания, либо они переводятся на другую работу, исключающую воздействие ОВПФ;
- беременным женщинам предоставляются отпуска по беременности и родам, а также отпуск по уходу за ребенком до достижения им трех лет;
- работающим женщинам, имеющим детей до 1,5 лет, предоставляется дополнительный перерыв для кормления ребенка;
- запрещение направления в служебные командировки, привлечение к сверхурочной работе, работе в ночное время, выходные и нерабочие дни беременных женщин;
- не допускается расторжение трудового договора

6. Изучение охраны труда несовершеннолетних (ТК РФ часть 4 гл.42 ст.265-272)

Несовершеннолетние – лица, не достигшие 18 лет, в трудовых отношениях приравниваются в правах с совершеннолетними.

Согласно Трудового Кодекса РФ, особенности регулирования труда несовершеннолетних включают в себя:

- запрещается применение труда лиц в возрасте до 18 лет на работах
- с вредными и (или) опасными условиями труда,
- на подземных работах,
- по совместительству,
- в ночное время,

•

• выполняемым вахтовым методом,

• связанных с производством , хранением и торговлей спиртными напитками,

• связанных с обслуживанием материальных ценностей,

• а также на работах, выполнение которых может причинить вред их здоровью и нравственному развитию;

• запрещается переноска и передвижение тяжестей превышающие предельно допустимые нормы;

• прием на работу осуществляется только после предварительного обязательного медицинского осмотра, за счет работодателя;

• предоставление ежегодного оплачиваемого отпуска продолжительностью 31 календарный день, в удобное для них время;

• запрещение направления в служебные командировки, привлечение к сверхурочной работе, работе в ночное время, выходные и нерабочие дни;

• запрещается расторжение трудового договора по инициативе работодателя с несовершеннолетними (за исключением ликвидации предприятия) без согласия Государственной инспекции труда и комиссии по делам несовершеннолетних и защите их прав;

• нормы выработки устанавливаются исходя из общих нормативов, пропорционально установленной продолжительности рабочего времени;

• оплата труда производится с учетом сокращенной продолжительности рабочего времени.

7. Оформление отчета

Проанализировать и сделать выводы по изученному материалу на предмет новизны, ценности и полезности информации.

Знакомство с системой стандартов безопасности труда (ССБТ).

Одним из важнейших нормативных документов по охране труда является Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

.

ССБТ – это комплекс взаимосвязанных государственных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда, снижению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Использование государственных стандартов ССБТ на производстве обязательно.

Стандарты системы безопасности труда (ССБТ) относятся к нормативно-техническим документам высшего качества и действуют на уровне законов. Они подлежат обязательному пересмотру каждые 5 лет с целью внесения изменений, обусловленных развитием техники и технологии. При отсутствии корректировок действия стандарта продлеваются.

Применяют 3 вида стандартов безопасности труда: государственные (ГОСТ ССБТ), отраслевые (ОСТ ССБТ), стандарты предприятий (СТП БТ).

Стандарты ССБТ подразделяются на подсистемы, имеющие шифры 0— 9, входящие в сокращенное обозначение каждого стандарта из четырех знаков. На первом месте значится обозначение системы — для ССБТ это число 12. Второй знак — шифр подсистемы. Третий знак — порядковый номер

стандарта в подсистеме, состоящий из числа от 001 до 100. Четвертый знак — двухзначное число, означающее год утверждения или пересмотра данного стандарта.

Например,: ГОСТ 12.0.002-80 «ССБТ. Термины и определения». Здесь число 12 означает систему ССБТ, 0 — шифр подсистемы «Организационнометодические стандарты», число 002 — порядковый номер в данной подсистеме, число 80—1980 г., год утверждения стандарта.

Шифры подсистемы подразделяются следующим образом:

Подсистема 0 — «Организационно-методические стандарты основ построения системы» устанавливает:

- цели, задачи, область распространения, структуру ССБТ, терминологию в области охраны труда, - классификацию опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ),

•

- порядок обучения рабочих и служащих безопасности труда;

Подсистема 1 — «Государственные стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов» устанавливает:

- характеристики опасных и вредных производственных факторов (вид, характер действия, предельно допустимые значения, методы контроля),
- требования безопасности при работе с веществами, обладающими опасными и вредными свойствами.

Подсистема 2 —«Стандарты требований безопасности к производственному оборудованию» устанавливает:

- общие требования безопасности к производственному оборудованию,
- требований безопасности к отдельным группам оборудования,
- экономические нормы и требования,
- методы контроля по выполнению требований безопасности.

Подсистема 3 — «Стандарты требований безопасности к производственным процессам» устанавливает:

- общие требования безопасности к производственным процессам,
- требования безопасности к отдельным группам технологических процессов,
- требования безопасности к размещению оборудования, организации рабочих мест, исходным материалам, сырью и т.п.

Подсистема 4 —-«Стандарты требований к средствам защиты работающих» устанавливает:

- классификацию средств защиты работающих,
- требования к конструктивным, эксплуатационным, защитным, гигиеническим показателям отдельных классов и видов средств защиты,
- методы оценки контроля средств защиты работающих.

.

Подсистема 5 — «Стандарты требований безопасности к зданиям, сооружениям и строительным объектам».

Подсистема б— 9 — резерв.

Ниже приведено несколько примеров обозначений стандартов различных подсистем.

ГОСТ 12.1.028-80 «ССБТ. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума. Ориентировочный метод». где

1 — шифр подсистемы «Стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов», 028 — порядковый номер в данной подсистеме, 80 — год утверждения.

ГОСТ 12.2.062-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные», где

2 — шифр подсистемы «Стандарты требований безопасности к производственному оборудованию»,

062 — порядковый номер в данной подсистеме,

81 — год утверждения стандарта.

ГОСТ 12.3.025-80 «ССБТ. Обработка металлов резанием. Требования безопасности», где

3 —шифр подсистемы «Стандарты требований безопасности к производственным процессам»,

025 — порядковый номер в данной подсистеме,

80 — год утверждения стандарта (1980).

ГОСТ 12.4.100-80 «ССБТ. Комбинезоны мужские для защиты от нетоксичных веществ, механических повреждений и общих производственных загрязнений. Технические условия», где

4 — шифр подсистемы «Требования к средствам защиты работающих»,

100 — порядковый номер в данной подсистеме,

80 — год утверждения стандарта.

.

ГОСТ 1.0-68 устанавливает стандарт предприятия (СТП), который обязателен только для предприятия утвердивший данный стандарт. Такие стандарты не подлежат государственной регистрации.

Все правила и нормы по охране труда должны отвечать требованиям стандартов ССБТ.

Тестовые вопросы по практической работе № 3

«Изучение основополагающих правовых документов по вопросам охраны труда»

1. Какое определение понятия «охрана труда» будет верным?

А) Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социальноэкономические, организационно- технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и другие мероприятия.

Б) Охрана труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье людей.

В) Охрана труда – это техника безопасности и гигиена труда.

2. Выберите из предложенного списка основополагающие документы по охране труда:

А) Конституция РФ;

Е) Закон Свердловской области

Б) ГОСТ Р ССБТ;

Ж) Федеральные законы;

В) Приказ МЧС РФ;

З) Приказ Министерства;

Г) Трудовой Кодекс РФ;

И) Уголовный кодекс РФ;

.

Д) Строительные нормы и правила (СНиП)

К) Постановление Правительства.

3. Локальные нормативные акты требований охраны труда

разрабатывают сроком на:

А) 1 год;

Б) 3 года;

В) 5 лет;

Г) 10 лет.

4. Выберите из предложенного списка подзаконные документы по охране труда:

А) Постановление Правительства;

Б) Гражданский кодекс РФ;

В) Указ Президента;

Г) Конституция РФ;

Д) Санитарные правила и нормы (СанПин); К) ГОСТ Р ССБТ;+)

Е) Межотраслевые правила (ПОТ РМ).

Ж) Закон Краснодарского края;

З) Приказ Минздравсоцразвития;

И) Трудовой Кодекс РФ;

5. Государственные нормативные требования охраны труда

разрабатывают сроком на:

А) 1 год;

Б) 3 года;

В) 5 лет;

Г) 10 лет.

6. Выберите из предлагаемого перечня основные обязанности работодателя по обеспечению охраны труда:

А) соблюдение требований охраны труда;

.

Б) обучение безопасным методам и приёмам работ;

В) обеспечение условий труда, соответствующих требованиям охраны труда

Г) правильное применение средств индивидуальной и коллективной защиты;

Д) соблюдение законодательства РФ в области охраны труда.

7. Выберите из предлагаемого перечня основные обязанности работника по обеспечению охраны труда:

А) соблюдение требований охраны труда;

Б) ознакомление с требованиями охраны труда;

В) обучение безопасным методам и приёмам работ;

Г) обеспечение условий труда, соответствующих требованиям охраны труда;

Д) правильное применение средств индивидуальной и коллективной защиты.

8. Когда работодатель обязан отстранить от работы работника?

А) Работник не прошел обучение и проверку знаний по охране труда.

Б) Нарушение работником требований по охране труда, если нарушение создавало угрозу наступления тяжелых последствий.

В) Однократное грубое нарушение трудовых обязанностей.

Г) Во всех случаях.

9. О чем работник обязан немедленно известить своего руководителя? А) О любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей.

Б) О каждом несчастном случае, происшедшем на производстве.

В) Об ухудшении состояния своего здоровья.

Г) Обо всем перечисленном.

10. В целях самозащиты трудовых прав работник может отказаться от выполнения работы

А) Если есть угроза его жизни и здоровью.

Б) Не предусмотренной трудовым договором.

.

В) Если не выданы средства индивидуальной защиты.

Г) Во всех вариантах.

11. Какова нормальная продолжительность рабочего времени в неделю? А) 36 часов. Б) 40 часов. В) 42 часа.

12. Какова продолжительность ежегодного основного оплачиваемого отпуска? По истечение какого срока работник может им воспользоваться в первый год работы в данной организации?

А) 24 рабочих дня, через 11 мес. после трудоустройства.

Б) 28 календарных дней, по истечение 6 мес. непрерывной работы в данной организации.

В) 31 календарный день, через 6 мес. после трудоустройства.

13. Обязан ли работник компенсировать денежные средства, потраченные работодателем на приобретение средств индивидуальной защиты?

А) Да, в соответствии с трудовым договором.

Б) Нет. Работник имеет право на обеспечение СИЗ за счет средств работодателя.

В) Вопрос решается индивидуально по согласованию между работников и работодателем.

14. На работу принимаются только после обязательного предварительного медицинского осмотра, осуществляемого за счет средств работодателя, работники в возрасте А) До 18 лет.

Б) До 21 года.

В) Ответы «а» и «б».

15. Какова продолжительность рабочего времени в неделю для несовершеннолетних?

А) 24 часов. Б) 36часов. В) 40 часа.

.

16. Кто несет ответственность за организацию и своевременность обучения по охране труда и проверку знаний по охране труда работников организации?

А) Служба охраны труда.

Б) Работодатель.

В) Отдел кадров.

17. Укажите организации, имеющие право осуществлять

предварительные и периодические медицинские осмотры работников

А) Лечебно-профилактические организации, имеющие соответствующую лицензию и сертификат (вид деятельности – экспертиза трудоспособности, вид медосмотра – профилактический, периодический).

Б) Любые лечебно-профилактические организации независимо от формы собственности.

В) Территориальный центр Госсанэпиднадзора.

18. Как определяется список лиц, подлежащих медицинским осмотрам?

А) Территориальный центр Госсанэпиднадзора совместно с администрацией организации ежегодно определяет контингент лиц, подлежащих медицинским осмотрам, в соответствии с

которым

администрация организации составляет поименный список.

Б) Поименный список работников, подлежащих медицинским осмотрам, согласовывается с территориальным центром Госсанэпиднадзора и заверяется не позднее 1 декабря предшествующего года. В) Варианты «а» и «б».

19. За счет каких средств работники, занятые на работах, связанных с движением транспорта, проходят обязательные предварительные и периодические медосмотры?

А) За счет средств работодателя.

•

Б) За свой счет.

В) Предварительный медосмотр работники проходя за свой счет, периодический – за счет работодателя.

20. Допускается ли замена дополнительного отпуска за работу во вредных условиях труда на денежную компенсацию?

А) Да. Б) Нет. 12

ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ К практической работе 3

№ *вопроса*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
Ответ	**А**	**А,Г,Е,Ж**	**В**	**А,Д,Е,З,К**	**В**	**Б,В,Д**	**А,В,Д**	**Г**	**Г**	**Г**
№ *вопроса*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
Ответ	**Б**	**Б**	**Б**	**В**	**Б**	**Б**	**В**	**В**	**А**	**Б**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема: **«Изучение порядка проведения расследования несчастного случая»**

Цель:

- Изучить методику расследования и учета несчастных случаев на производстве.
- Получить практические навыки расследования несчастных случаев на производстве. Студент должен Знать:
- опасные и вредные производственные факторы и соответствующие им риски, связанные с прошлыми, настоящими или планируемыми видами профессиональной деятельности;
- основные термины и нормативные документы по расследованию и учету несчастного случая на производстве,

•

• основные сведения об организации расследования НС на производстве,

Уметь:

• оформлять акт о несчастном случае на производстве формы Н-1

Содержание работы

1. Изучение материала о порядке проведения расследования несчастного случая.
2. Оформление отчета.
3. Ответы на тестовые вопросы.

Ход работы

1. Изучение темы 1. Общее представление о несчастном случае на производстве.

Задание 1. Записать основные термины, определения и нормативные документы по расследованию и учету несчастного случая на производстве,

2. Изучение темы 2. Порядок оформления акта формы Н-1 о несчастном случае на производстве.

Задание 2. Оформить акт о несчастном случае на производстве формы Н-

1.

3. Оформить отчет.
4. Ответить на тестовые вопросы.

Используемая литература

1. Конституция Российской Федерации.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации.
3. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
4. Туревский И.С. Охрана труда на автомобильном транспорте. – М.:ИД «ФОРУМ»:

ИНФРА-М, 2012.

•

5. Графкина М.В. Охрана труда: Автомобильный транспорт. – М.:

Издательский центр

«Академия», 2014.

6. Охрана труда. Правовое регулирование. Практика. Основные документы.

Под общей редакцией Ю.Л.Фадеева. – М.: Эксмо, 20012.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения практической работы № 4 Тема: «Изучение порядка проведения расследования несчастного случая»

1. Общее представление о несчастном случае на производстве.

В соответствии с Федеральным законом от 24 июля 1998 года № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»,

Несчастный случай на производстве - *это событие, в результате которого застрахованное лицо получило увечье или иное повреждение здоровья при исполнении им обязанностей по трудовому договору и в иных установленных законом случаях как на территории страхователя, так и за ее пределами либо во время следования к месту работы или возвращения с места работы на транспорте, предоставленном страхователем, и которое повлекло необходимость перевода застрахованного на другую работу, временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности либо его смерть.*

Расследованию в установленном порядке как несчастные случаи подлежат события, в результате которых пострадавшими были получены:

1) по пути на работу или с работы на транспорте нанимателя;

2) на территории предприятия или в ином месте работы в течении рабочего времени, включая установленный перерыв;

.

3) в течении времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства, одежды перед началом или по окончании работы;

4) при аварии на производственных объектах, оборудовании;

5) с работником, который находился на сменном отдыхе на

транспортном средстве или на территории вахтенного поселка;

6) с работником, чья деятельность связанна с передвижением между объектами обслуживания, в рабочее время на общественном транспорте или на пути следования пешком, а также во время следования к месту работы по заданию нанимателя;

7) в рабочее время на личном транспорте при наличии распоряжения нанимателя на право использования его для служебных поездок или по поручению нанимателя;

8) в рабочее время из-за нанесения телесных повреждений другим лицом либо убийство работника при исполнении им трудовых обязанностей,
9) со студентами и учащимися при прохождении практики:

На несчастные случаи на производстве, вызвавшие у работников потерю трудоспособности на срок не менее одного дня или необходимость его перевода на другую работу на один день и более в соответствии с медицинским заключением, составляется акт по форме Н-1 в трех экземплярах.

О несчастном случае на производстве пострадавший или очевидец должен сообщить непосредственному руководителю, который обязан:

1) организовать первую помощь пострадавшему и его доставку в лечебное учреждение;

2) сообщить о случившемся руководителю подразделения (мастеру, прорабу);

.

3) сохранить до начала работы комиссии по расследованию обстановку и оборудование таким, каким оно было на момент происшествия, если это не угрожает жизни работников.

Руководители подразделения обязаны сообщить о случившемся руководителю предприятия, профсоюзу. Расследование должно быть проведено в срок не более 3 дней.

При расследовании:

1) Проводится обследование места, где произошел несчастный случай;

2) Организуется при необходимости фотографирование места несчастного случая, поврежденного объекта, проведение технических расчетов, лабораторных исследований;

3) Изучаются документы;

4) Устанавливаются обстоятельства, причины несчастного случая, лица, допустившие нарушение законодательства о труде.

Таблица

4. **Основные сведения об организации расследования НС на производстве**

№	Вопросы	Действия
1	В чем заключается необходимость квалифицированного расследования НС на производстве?	1. Знание условий и причин возникновения опасных факторов дает возможность разрабатывать меры не только по предупреждению повторного возникновения НС на данном рабочем месте, но и на других рабочих местах, служат основой планирования общегосударственной политики по сохранению жизни и здоровья трудящихся. 2. Формальным подтверждением факта НС на производстве является акт, составленный по форме Н-1. Акт формы Н-1 является юридическим документом для вступления в силу определенных законодательством прав пострадавшего и ответственности работодателя. 3. Качественное расследование исключает ошибки в определении ответственности руководителей в НС на производстве, степени вины пострадавшего, а
		следовательно, и суммы возмещения ущерба пострадавшему или в случае его смерти - родственникам.

•

2	Принципы расследования НС на производстве	1). Объективность и полнота расследования 2). Своевременность и быстрота расследования 3). Соответствие участников расследования квалификационным требованиям.
3	Дайте определение понятий: несчастный случай; несчастный случай на производстве, страховой НС	В соответствии с ГОСТ 12.0.002. - 2014 «ССБТ. Термины и определения» НС на производстве - это случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работ. Несчастные случаи многообразны: это - травма, в том числе нанесенная другими лицами; тепловой удар; ожог; обморожение; утопление; поражение электрическим током, молнией, излучением; укусы насекомых и пресмыкающихся; телесные повреждения, нанесенные животными; повреждения, полученные в результате взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и иные повреждения здоровья, обусловленные воздействием на пострадавшего опасных факторов.
4	Какие НС на производстве подлежат расследованию и учету?	Расследованию и учету подлежат НС, если они произошли в течение рабочего времени (в том числе установленных перерывов), во время следования на рабочее место или с рабочего места, в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства, одежды и т.п. перед началом и по окончании работы, либо при выполнении работ за пределами нормальной продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни.
5	Дайте перечень работников, НС с которыми подлежат расследованию и учету	К НС на производстве относятся также случаи, если они произошли с работником во время: - следования к месту служебной командировки и обратно; - при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха; - во время служебных поездок на общественном транспорте, а также следовании по заданию работодателя (его представителя) к месту выполнения работ и обратно, в том числе пешком. Под местом происшествия понимается территория организации, другие объекты и площади, закрепленные за организацией на правах владения или аренды, либо в ином месте работы, нахождение в которых обусловлено трудовыми отношениями с работодателем или действиями в его интересах.

•

6	Факторы, являющие основанием для отнесения НС к числу НС на производстве	1. Воздействие на работающего производственного фактора. 2. Исполнение работником трудовых обязанностей и работы по заданию организации или работодателя - физического лица. 3. Осуществлении действий, совершаемых в интересах работодателя (его представителя) или направленных на предотвращение несчастных случаев, аварий, катастроф и
		иных ситуаций чрезвычайного характера 4. Фактор времени и места происшествия.

7	Какие НС, полученные на производстве, не относятся к НС на производстве?	1. Случай, происшедший с работником, когда он находился на предприятии в свободный от работы день или смену, выходной или праздничный день без надобности, в какихлибо личных целях. 2. Случай, происшедший с работником во время обеденного перерыва, например, при игре в волейбол. 3. Смерть наступившую вследствие общего заболевания или самоубийства, подтвержденную в установленном порядке учреждением здравоохранения и следственными органами; 4. Смерть, единственной причиной которой послужило (по заключению учреждения здравоохранения) алкогольное или наркотическое опьянение (отравление) работника, не связанное с нарушением технологического процесса, где используют технические спирты, ароматические, наркотические и другие аналогичные вещества. 5. НС, происшедший при совершении пострадавшим действий, квалифицированных правоохранительными органами как уголовное правонарушение (преступление)
8	Какие меры необходимо предпринять перед началом расследования?	1. Немедленно организовать первую доврачебную помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в учреждение здравоохранения; 2. Сообщить работодателю или лицу им уполномоченному о происшедшем НС; 3. Принять меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующего фактора на других лиц; 4. Сохранить до начала расследования НС обстановку, какой она была на момент происшествия (если это не угрожает жизни и здоровью других людей и не приведет к аварии). В случае невозможности ее сохранения - зафиксировать сложившуюся обстановку, для чего составить протокол осмотра, схему (эскизы) места происшествия, сфотографировать или записать на видеопленку. 5. Указать точное расположение оборудования, пострадавшего до и после происшествия
9	Перечислите обязанности работодателя в расследовании НС на производстве	Работодатель за счет собственных средств обязан обеспечить: - выполнение технических расчетов, лабораторных исследований, испытаний, других экспертных работ и привлечение в этих целях специалистов-экспертов; - фотографирование места НС и поврежденных объектов, составление планов, эскизов, схем места происшествия; - предоставление транспорта, служебного помещения, средств связи, специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, необходимых для проведения расследования

Продолжение табл.4

№	Вопросы	Действия

•

10	Перечислите обязанности комиссии, расследующей НС на производстве	Комиссия устанавливает обстоятельства и причины НС, квалифицирует НС, определяет круг лиц, допустивших нарушения требований безопасности труда, законодательных и иных нормативных правовых актов, определяет степень вины пострадавшего, предлагает меры по устранению причин и предупреждению НС на производстве. По каждому НС на производстве, вызвавшему необходимость перевода работника, в соответствии с медицинским заключением, на другую работу, потерю трудоспособности работником на срок не менее одного дня либо его смерть, оформляется акт о НС на производстве по форме Н_1 в двух экземплярах на русском языке либо на русском языке и государственном языке соответствующего субъекта РФ
11	Куда должен сообщать работодатель о групповом, тяжелом НС и НС со смертельным исходом?	Работодатель или уполномоченное им лицо, а также Физическое лицо в течение суток обязаны сообщить о НС, прошедшем в организации: - в соответствующую государственную инспекцию труда; - в прокуратуру по месту происшествия НС; - в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации; - в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности; - в организацию, направившую работника, с которым произошел НС; - в территориальные объединения организаций профсоюзов; - в территориальный орган государственного надзора, если НС произошел в организации (на объекте, подконтрольном этому органу); - страховщику по вопросам обязательного социального страхования от НС на производстве и профессиональных заболеваний.

•

12	Состав комиссии по расследованию групповых, тяжелых НС и НС со смертельным исходом	Комиссия в составе: - лица, входящие в состав комиссии по расследованию НС - государственный инспектор по охране труда; - представители органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органа местного самоуправления (по согласованию); - представитель территориального объединения организации профсоюзов. По требованию пострадавшего (в случае смерти пострадавшего, его родственников) в расследовании НС может принимать участие его доверенное лицо. Председателем комиссии является главный инспектор по охране труда соответствующей государственной инспекции труда, При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек, расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством Российской Федерации. Расследование группового НС на производстве, тяжелого НС на производстве и НС на производстве со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

Продолжение табл.4

№	Вопросы	Действия

•

13	Какие документы формирует и составляет комиссия по расследованию групповых, тяжелых НС и НС со смертельным исходом?	Комиссия формирует следующие документы: а) приказ (распоряжение) о создании комиссии по расследованию НС; б)планы, схемы, эскизы, а при необходимости - фото или видеоматериалы места происшествия; в) документы, характеризующие состояние рабочего места, наличие опасных и вредных производственных факторов; г) выписки из журналов регистрации инструктажей и протоколов проверки знаний пострадавших по охране труда; д) протоколы опросов, объяснения пострадавших, очевидцев НС и должностных лиц; е) экспертные заключения специалистов, результаты лабораторных исследований и экспериментов; ж) медицинское заключение о характере и степени тяжести повреждения, причиненного здоровью пострадавшего или о причине смерти пострадавшего, а также о нахождении пострадавшего в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения; з) копии документов, подтверждающих выдачу пострадавшему специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты в соответствии с действующими нормами; и) выписки из ранее выданных на данном производстве (объекте) предписаний государственных инспекторов по охране труда и должностных лиц территориального органа государственного надзора а также выписки из представлений профсоюзных органов об устранении выявленных нарушений нормативных требований по охране труда; к) другие материалы по усмотрению комиссии. На основании собранной информации комиссия составляет, кроме акта формы Н-I, акт о расследовании группового НС на производстве, тяжелого НС на производстве, НС на производстве со смертельным исходом.
14	Группы причин НС на производстве?	Причины НС можно разделить на 4 группы: индивидуальные (человеческие факторы), технические, санитарно-гигиенические, организационные.

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его доверенному лицу
УТВЕРЖДАЮ

_____
(подпись, фамилия, инициалы работодателя (его представителя)
«____»_____20___ _г.

М.П.

•

АКТ №_____
о несчастном случае на производстве

1. Дата и время несчастного случая
_____
(число, месяц, год и время происшествия несчастного случая,
_____
(количество полных часов от начала работы)
2. Организация (работодатель), работником которой является (являлся) пострадавший
_____
(наименование, место нахождения, юридический адрес, ведомственная и отраслевая
_____
принадлежность (ОКВЭД основного вида деятельности); фамилия, инициалы работодателя-
_____
физического лица)
Наименование структурного подразделения
_____
3. Организация, направившая работника
_____
_____
(наименование, место нахождения, юридический адрес, отраслевая принадлежность)
4. Лица, проводившие расследование несчастного случая:
_____
_____
(фамилия, инициалы, должности и место работы)
5. Сведения о пострадавшем:
фамилия, имя, отчество
_____
пол (мужской, женский)
_____
дата рождения
_____
профессиональный статус
_____
профессия (должность)

•

_____

стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

_____

(число полных лет и

месяцев) в том числе в данной

организации_____

(число полных лет и месяцев)

6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда

Вводный инструктаж

_____

(число, месяц, год)

Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный, внеплановый, целевой)

(нужное подчеркнуть)

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

_____

(число, месяц, год)

Стажировка: с «___»_____ 20_____г. по «___»_____

20_____г.

_____

_(если не проводилась – указать)

Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с «___»_____20_____г. по «___»_____

20____г.

_____

(если не проводилось – указать)

Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

_____

(число, месяц, год, № протокола)

7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай

_____

(краткое описание места происшествия с указанием опасных и (или) вредных производственных

_____

факторов со ссылкой на сведения, содержащиеся в протоколе осмотра места несчастного случая)

_____

Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю

_____

•

(наименование, тип, марка, год выпуска, организация - изготовитель)

8. Обстоятельства несчастного случая

_____

_____

(краткое изложение обстоятельств, предшествовавших несчастному случаю, описание событий

_____

_____

и действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем, и другие сведения,

_____

_____

установленные в ходе расследования)

_____

_____

8.1. Вид происшествия

_____

8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья

_____

_____

8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения

_____

_____

(нет, да – указать состояние и степень опьянения в соответствии с заключением по

_____

_____

результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке)

8.4. Очевидцы несчастного случая

_____

_____

(фамилия, инициалы, постоянное место жительства, домашний телефон)

9. Причины несчастного случая

_____

_____

(указать основную и сопутствующие причины несчастного случая

_____

_____

со ссылками на нарушенные требования законодательных и иных

_____

_____

•

_

нормативных правовых актов, локальных нормативных актов)

_____

__

_

10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда:

_____

__

_

(фамилия, инициалы, должность (профессия) с указанием требований законодательных, иных

_____

__

_

нормативных правовых и локальных нормативных актов, предусматривающих их ответственность за

_____

__

_

нарушения, явившиеся причинами несчастного случая, указанными в п.9 настоящего акта; при

_____

__

_

установлении факта грубой неосторожности пострадавшего указать степень его вины в процентах)

_____

__

_

Организация (работодатель), работниками которой являются данные лица

_____

__

_

(наименование, адрес)

11. Мероприятия по устранению несчастного случая, сроки

_____

__

_____

__ __

Подписи лиц, проводивших расследование несчастного случая

_____ _____

_____ _____

_____ _____

(подписи) (фамилии, инициалы)

_____

(дата)

Постановление Минтруда РФ от 24.10.02г. № 73 «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях»

•

Порядок оформления акта формы Н-1 о несчастном случае на производстве

В акте формы Н-1:

- не должно быть незаполненных пунктов, заполнять их следует четко и полно, без сокращений;
- не допускаются помарки, зачеркивания, дополнительные записи и вставки;
- если необходимо внести отдельные уточнения или исправления слов и числовых показателей, в конце текста делается запись об исправлениях, которая заверяется подписями членов комиссии. Акт должен быть написан грамотно, без ошибок, отпечатан на пишущей машинке (компьютере) или заполнен от руки авторучкой хорошим почерком (в случае, если имеются готовые бланки формы Н-1).

Акт формы Н-1 не должен вызывать никаких сомнений, в нем следует приводить только те факты, которые установлены в ходе расследования.

Пункт 1. Дата и время несчастного случая

Указывается число, месяц, год и время несчастного случая, количество полных часов от начала работы (Время установленных перерывов, например перерыва на обед, включается в общее количество часов от начала работы).

Пункт 2. Организация (работодатель), работником которой является (являлся) пострадавший

Наименование организации необходимо указывать полностью (не допускать аббревиатуры ООО, ОАО, ЗАО и др.)

При указании места нахождения и юридического адреса указывать почтовый индекс. Далее указывается ведомственная принадлежность и ОКВЭД организации (если ОКВЭД нет, то указать ОКОНХ основного вида деятельности). Наименование цеха (участка) организации, где произошел несчастный случай указывается в соответствии с утвержденным перечнем структурных подразделений организации.

•

Пункт 3. Организация, направившая работника

Указываются наименование, место нахождения, юридический адрес организации, направившей пострадавшего работника в установленном порядке для выполнения работ к другому работодателю.

Если несчастный случай произошел в организации, с которой пострадавший находился в постоянных трудовых отношениях, то повторно указываются наименование и адрес этой организации (в соответствии с заполнением пункта 2).

Пункт 4. Лица, проводившие расследование несчастного случая

Указываются фамилия, имя, отчество, должность и место работы председателя и членов комиссии, а также представителями какой стороны они являются – работодателя, профсоюзного органа или иного уполномоченного работниками представительного органа.

При участии в расследовании доверенного лица пострадавшего указывается его фамилия, имя, отчество и домашний адрес.

Пункт 5. Сведения о пострадавшем

Фамилия, имя, отчество. - Указываются полностью, без сокращений.

Пол (мужской, женский) - Указывается текстом, а не подчеркиванием.

Дата рождения

Применяется словесно-цифровой способ оформления даты, например, 14 марта 1965 г.

Профессиональный статус

Классификация профессионального статуса

- Работники: физический характер труда, не требующий высшего образования, - слесари, строители, водопроводчики, монтеры и т.п.
- Технический персонал: работники преимущественно умственного труда, не требующего высшего образования, - кассиры, секретари, контролеры, диспетчеры и т.п.

•

• Специалисты-техники: умственный характер труда, требующий наличия высшего технического образования, - ИТР, программисты, химики, физики и т. п.

• Специалисты-гуманитарии: умственный характер труда, требующий наличия специализированного образования – учителя, врачи, экономисты, юристы и т.п.

• Лица творческих профессий: художники, поэты, музыканты, актеры, модельеры и т.п.

• Работники сферы обслуживания: продавцы, буфетчики, официанты, парикмахеры и т.п.

• Военнослужащие и работники МВД, ФСБ, ВОХР, курсанты военных училищ, частные охранники.

• Руководители: директора предприятий, заместители директоров, и т.п.

• Предприниматели: лица, занимающиеся индивидуальной трудовой деятельностью.

• Прочие.

Профессия (должность)

Указывается наименование основной профессии работника. Если у пострадавшего несколько профессий, то указывается та, при работе по которой произошел несчастный случай. Наименование профессии (должности) должно соответствовать Единому тарифно-квалификационному справочнику работ и профессий рабочих, для служащих – приводится в соответствии с наименованиями должностей, указанными в Единой номенклатуре должностей служащих, или в соответствии со штатным расписанием и записью в трудовой книжке.

Если несчастный случай произошел при выполнении другой работы (не соответствующей профессии пострадавшего), то не допускается отмечать ее как профессию пострадавшего.

.

Стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

Указывается число полных лет и месяцев. Если стаж работы менее года, то указывается только число полных месяцев. Если стаж работы менее месяца – указывается число календарных дней.

Если работник пострадал при выполнении работ, не соответствующих профессии, то о стаже делается запись «отсутствует». В том числе в данной организации

Заполняется аналогично вышесказанному.

Пункт 6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда

Водный инструктаж

Указываются число, месяц, год проведения вводного инструктажа на основании записи, имеющейся в журнале регистрации вводного инструктажа. Например, 17 мая 2003 г.

Если дату проведения вводного инструктажа по документам установить не удалось, то вместо даты делается запись «сведений нет».

Инструктаж на рабочем месте: первичный, повторный, внеплановый, целевой (нужное подчеркнуть) по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

Указывается число, месяц, год последнего инструктажа по охране труда (по профессии, виду работ), предшествующего несчастному случаю.

Если несчастный случай произошел при выполнении другой работы, не соответствующей основной профессии пострадавшего, то указывается дата проведения инструктажа при выполнении этой работы, подчеркивается вид инструктажа и то, что он проведен по виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай.

Если инструктаж по охране труда не проводился, то делается запись «не проводился».

Стажировка с «___»_____20____г. по «___»_____20_____г.

.

Сведения о стажировке указываются только при проведении первичного инструктажа на рабочем месте или когда несчастный случай произошел в период освоения работником новой профессии. Если стажировка не проводилась, то указывается «не проводилась».

Если проводился повторный или внеплановый инструктаж, то в сведениях о стажировке делается запись «не требуется».

Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай, с «___»_____20_____г. по «__»_____20_____г.

Указывается период, в течение которого работник обучался по охране труда, на основании соответствующих подтверждающих документов (журналы посещения занятий и др.).

Если обучение не проводилось, то указывается «не проводилось».

Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

Указываются число, месяц, год, номер протокола проверки знаний по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай.

Если проверка знаний не проводилась, то указывается «не проводилась».

Пункт 7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай

Указываются цех, участок, место, где произошел несчастный случай, их описание с указанием опасных и вредных производственных факторов. Наличие блокировок, ограждений, сигнализации и других защитных устройств. Наличие и состояние технологической оснастки, приспособлений, инструментов и материала для работы, при выполнении которой произошел несчастный случай. Средств механизации выполнения работ.

Наличие у пострадавшего спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты. Их состояние.

Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю

.

Указываются наименование, тип, марка, год выпуска, организация - изготовитель, техническое состояние.

Пункт 8. Обстоятельства несчастного случая

Необходимо указать, что предшествовало несчастному случаю, как протекал процесс труда, кто руководил этим процессом (работой), описать действия пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем, указать, какую конкретно рабочую операцию выполнял пострадавший, какими приемами пользовался. Изложить последовательность событий, указать чем нанесена травма (часть оборудования, инструмент, падение предметов и т.д.), ее характер (ушиб, перелом, ожог, растяжение и т.д.), поврежденная часть тела.

Обстоятельства следует излагать кратко, в логической последовательности. Необходимо излагать только то, что установлено комиссией при расследовании. Предположения и домыслы в акте не отмечаются.

Пункт 8.1. Вид происшествия

Указывается в соответствии с классификатором «Вид происшествия, приведшего к несчастному случаю», в том числе:

Дорожно-транспортное происшествие, в том числе

02. в пути на работу или с работы на транспорте организации;

03. На общественном транспорте;

04. На личном транспорте.

05. Падение пострадавшего с высоты.

06. падение, обрушение, обвалы предметов, материалов, земли и т.д.

07. Воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов и деталей.

08. Поражение электрическим током.

09. Воздействие экстремальных температур.

10. Воздействие вредных веществ.

.

11. Воздействие ионизирующих излучений.

12. Физические перегрузки.

13. Нервно-психические нагрузки.

14. Повреждения в результате контакта с животными и насекомыми.

15. Утопление.

16. Преднамеренное убийство.

17. Повреждения при стихийных бедствиях.

18. Виды происшествий (кроме перечисленных), характерных для отрасли (указать).

19. Прочие.

Пункт 8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья

Все перечисленные требования заносятся в акт на основании заключения лечебного учреждения. (Окончательный диагноз о повреждении здоровья пострадавшего указывается в Сообщении о последствиях несчастного случая и принятых мерах)

Пункт 8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного опьянения

Указывается «ДА» или «НЕТ», а также степень опьянения в соответствии с заключением по результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке.

Пункт 8.4. Очевидцы несчастного случая

Указываются фамилии, инициалы, постоянное место жительства, домашний телефон очевидцев несчастного случая. Очевидцем может быть не только тот работник, который сам, своими глазами наблюдал событие, но и работник (или другое лицо), которому могут быть известны какие-либо обстоятельства, в результате которых произошел несчастный случай.

Пункт 9. Причины несчастного случая

Классификатор причин несчастного случая

.

01. Конструктивные недостатки, несовершенство, недостаточная надежность машин, механизмов, оборудования.

02. Эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования.

03. Несовершенство технологического процесса.

04. Нарушение технологического процесса.

05. Нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств.

06. Нарушение правил дорожного движения.

07. Неудовлетворительная организация производства работ.

08. Неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест.

09. Неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории.

10. Недостатки в обучении безопасным приемам труда.

11. непримененение средств индивидуальной защиты.

12. Из-за необеспеченности ими.

13. Неприменение средств коллективной защиты.

14. От воздействия механических факторов.

15. От поражения электрическим током.

16. От воздействия химических и биологических факторов.

17. От экстремальных температур.

18. От повышенных уровней излучений (ионизирующего, инфракрасного, электромагнитного, лазерного и т.д.).

19. Нарушение трудовой и производственной дисциплины.

20. Использование работающего не по его специальности.

21. Прочие.

Пункт 10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда

.

В это пункте называются фамилии, инициалы, должности (профессии) лиц с указанием требований законодательных, иных нормативных правовых и локальных нормативных актов, предусматривающих их ответственность за нарушения, явившиеся причинами несчастного случая. Не допускается возлагать ответственность на работника за невыполнение действий, которые не входят в его компетенцию, не составляют его обязанностей или у которого комиссия по каким-либо причинам не взяла объяснение в связи с происшедшим несчастным случаем.

При установлении факта грубой неосторожности пострадавшего указывается степень его вины в процентах с кратким обоснованием принятого комиссией решения.

Пункт 11. Мероприятия по устранению причин несчастного случая, сроки

В этом пункте излагаются мероприятия, направленные на устранение последствий происшествия, а также на предотвращение травм по аналогичным причинам. Они должны логически вытекать из анализа причин травмирования, установленных в ходе расследования. Мероприятия должны формулироваться конкретно, технически грамотно. По каждому мероприятию должны быть указаны сроки исполнения.

Под текстом акта формы Н-1 ставятся подписи лиц, проводивших расследование несчастного случая, указываются их фамилии, инициалы и дата подписания.

Акт формы Н-1 утверждается подписью работодателя с указанием его фамилии, инициалов и должности. Указывается дата утверждения. Подпись работодателя заверяется основной печатью организации. На акте ставят порядковый номер, по которым он зарегистрирован в журнале.

Ж У Р Н А Л

•

регистрации несчастных случаев с обучающимися (воспитанниками)на производстве

Начат «_____»_____20___ г.

Окончен «_____»_____20___ г.

№ п/п	Дата и время несчастного случая	Фамилия, имя, отчество пострадавшего, год рождения	Класс, группа	Место несчастного случая	Вид происшествия, приведшего к несчастному случаю	Краткие обстоятельства и причины несчастного случая	Дата составления и № акта, формы Н-1, Н-2	Последствия несчастного случая	Исход несчастного случая	Принятые меры
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

ПИСЬМО-ЗАПРОС

о характере и степени тяжести повреждений у пострадавшего при несчастном случае в школе

В соответствии с приказом Минздравсоцразвития России от 24.02.05г. № 160 «Об определении степени

тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве» прошу Вас дать заключение о характере и степени тяжести телесных повреждений, полученных учащимся МОУ Староаннинской СОШ

_____ (фамилия,
имя, отчество пострадавшего, год рождения)

в результате несчастного случая на уроке физкультуры, происшедшего

_____ (дата
происшествия несчастного случая)

Указанные сведения необходимы для установления объективных обстоятельств и причин данного

несчастного случая в соответствии с требованиями Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, утвержденного постановлением Минтруда России от 24.10.02г. № 73.

Директор МОУ Староаннинской СОШ _____ /Молчанов А.И./ 20.05.2008г. (Ф.И.О., подпись, дата)

ПРИКАЗ №_____ от «____»_____20____г.

по

_____

(название организации)

О назначении комиссии для расследования несчастного случая на производстве

В соответствии с п.8 Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, утвержденного постановлением Минтруда России от 24.10.02г.

№ 73, для расследования несчастного случая, происшедшего «____»_____20____г.

с

_____

_ (Ф.И.О., должность пострадавшего)

_____

наименование структурного подразделения)

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Назначить комиссию в составе:

- председатель комиссии

_____

(Ф.И.О., должность)

- члены комиссии

•

_____

_____

_____ (Ф.И.О., должности)

2. Комиссии до «____»_____20____г. провести расследование обстоятельств и причин несчастного случая с

_____

(Ф.И.О., должность пострадавшего,

_____

__ _____

наименование структурного подразделения)

и составить акт по форме Н-1 в трех экземплярах, который представить мне на утверждение.

3. Контроль за выполнением настоящего приказа возложить на

_____

__

_

(Ф.И.О., должность)

Руководитель организации _____

СООБЩЕНИЕ О НЕСЧАСТНОМ СЛУЧАЕ

(о несчастном случае на производстве, групповом несчастном случае, тяжелом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом, о впервые выявленном профзаболевании)

1._____

_

_

(наименование организации, ее адрес, ИНН, телефон (факс)

_____

__

_

(форма собственности, вид производства

_____

__

_

ведомственная подчиненность при ее наличии)

•

2._____
_
_

(дата, время (местное), место происшествия,

_____
___

_

выполняемая работа и краткое описание обстоятельств,

_____
__

_

при которых произошел несчастный случай (профзаболевание)

3._____
_
_

(число пострадавших, в том числе погибших (при групповом случае)

4._____
_
_

(фамилия, имя, отчество, возраст,

_____
__

_

профессия (должность) пострадавшего (пострадавших),

_____
__
_

в том числе погибшего (погибших)

5._____
_
_

(вид трудовых отношений (трудовой договор (контракт), гражданско-правовой договор)

6. Лицо, передавшее сообщение

.

_____

(фамилия, имя, отчество, должность, тел.)

Тесты к практической работе №4

«Изучение порядка проведения расследования несчастного случая»

1. В какой срок проводится расследование легкого несчастного случая происшедшего с работником?

А. 3 суток,

Б. 5 суток,

В. 10 суток,

Г. 15 суток.

2. Актом какой формы оформляются несчастные случаи, происшедшие с работниками по пути на работу или с работы на транспорте, представляемом работодателем?

А. Актом произвольной формы,

Б. Актом формы Н - 2,

В. Актом по форме Н-1,

Г. Актом специального расследования.

3. Кто утверждает акт расследования несчастного случая формы Н-1?

А. Руководитель учреждения,

Б. Руководитель службы охраны труда,

В. Руководитель структурного подразделения, где произошел несчастный случай,

Г. Председатель комиссии по расследованию несчастного случая.

4. При несчастном случае работодатель (его представитель) обязан немедленно:

•

А. Принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной ситуации,

Б. Организовать первую помощь пострадавшему,

В. Сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку какой она была на момент происшествия,

Г. Обеспечить своевременное расследование несчастного случая и его учет.

Д. Все перечисленное выше.

5. Кто является председателем комиссии расследования группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом происшедшим с работником?

А. Государственный инспектор по охране труда,

Б. Руководитель учреждения,

В. Руководитель структурного подразделения учреждения или его заместитель, где произошел несчастный случай;

Г. Лицо, ответственное за охрану труда в учреждении

6. Может ли требовать государственный инспектор по охране труда от руководителя учреждения составления нового акта по форме Н-1 сокрытого несчастного случая или жалобы пострадавшего?

А. Не может,

Б. Решает комиссия по расследованию несчастного случая,

В. Может, если имеющиеся акт оформлен с нарушениями или не соответствует материалам расследования, Г. Решает суд.

7. Имеет ли право работник на личное участие в расследовании возникшего у него профессионального заболевания?

А. Нет, так как он является заинтересованным лицом,

Б. Имеет право принимать участие только его доверенное лицо,

В. Имеет право

.

Г. Имеет право только по согласованию с комиссией по расследованию профессионального заболевания

8. Акт какой формы составляется по результатам расследования несчастного случая, происшедшего с работником, следовавшим на личном транспорте с работы?

А. Акт произвольной формы,

Б. Акт формы Н-1, если есть приказ руководителя об использовании личного транспорта в производственных целях,

В. Акт специального расследования,

Г. Акт ГИБДД. 37

9. Кто дает заключение о степени тяжести производственной травмы?

А. Клинико-экспертная комиссия (КЭК),

Б, Врачебно-трудовая экспертная комиссия,

В. Бюро медико-социальной экспертизы,

Г. Приемное отделение лечебного учреждения.

10. Кем расследуется несчастный случай, происшедший с работником организации, производящей

работы на территории другого работодателя?
А: Расследуется и учитывается комиссией, образованной работодателем, по поручению которого производились эти работы. При необходимости в расследовании принимает участие работодатель, за которым закреплена данная территория.
Б: Расследуется и учитывается работодателем, за которым закреплена данная территория.
В: Расследуется и учитывается комиссией составленной обеими организациями.
Г: Расследуется государственным инспектором труда.

.

11. В какой срок лечебное учреждение должно дать заключение о степени тяжести производственной травмы пострадавшего при получении запроса от организации?

А.До 3 суток,

Б. До 10 суток,

В. Незамедлительно после поступления запроса,

Г. В течение недели.

12. Сколько экземпляров акта формы Н-1 составляется при несчастном случае на производстве?

А. Один,

Б. Три, если случай является страховым,

В. Два,

Г. Четыре.

13. Подлежит ли расследованию и учету несчастный случай, происшедший с работником на территории учреждения?

А. Подлежит расследованию и учету с составлением акта формы Н-1.

Б. Не подлежит как не связанный с производством.

В. Подлежит с составлением акта произвольной формы.

Г. Подлежит с составлением акта формы Н2.

14. Материалы расследования несчастного случая хранятся:

А. 20 лет,

Б. 35 лет,

В. 40 лет,

Г. 45 лет.

15. В какой срок расследуется тяжелый, смертельный или групповой несчастный случай?

А. 10 суток,

Б. 15 суток,

В. В течении 3 суток,

•

Г. Решает комиссия по расследованию несчастного случая.

16. Для расследования легкого несчастного случая работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее:

А. 3 человек

Б. 4 человек

В. 5 человек

Г. 6 человек

17. При групповом несчастном случае на производстве, тяжелом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом работодатель (его представитель) обязан сообщить в соответствующие органы в течение:

А. 3 суток

Б. 2 суток

В. 1 суток

Г. После расследования несчастного случая.

18. Подлежат ли расследованию и учету несчастные случаи на производстве, происшедшие со студентами образовательных учреждений высшего и среднего профессионального образования, проходящими производственную практику в организациях, если им не установлена заработная плата?

А: В каждом конкретном случае определяет комиссия по расследованию несчастного случая,

Б: Нет. Не подлежат.

В: Расследованию и учету подлежат несчастные случаи на производстве происшедшие как с работниками, так и другими лицами, если они находили при исполнении работы, совершаемой в интересах работодателя.

Г: Нет. Расследованию и учету подлежат несчастные случаи на производстве, происшедшие только с работниками, находящимися в трудовых

•

отношениях с работодателем.

19. Какой из перечисленных ниже несчастных случаев не может квалифицироваться как несчастный случай на производстве?

А: Несчастный случай произошел с работником вне территории организации, когда он по заданию заместителя директора получал со склада другой организации товары.

Б: Несчастный случай произошел с работником во время установленного перерыва для приема пищи.

В: Несчастный случай произошел с работником вне рабочего времени при следовании к месту служебной командировки.

Г: Несчастный случай произошел с работником во время часового перерыва на обед, когда он направлялся в магазин вне территории организации.

20. Должен ли работодатель (его представитель) сохранять до начала расследования несчастного случая обстановку на месте, где он произошел?

А: Нет, потому что необходимо принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц.

Б: Необходимо сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия.

В: Да, в том случае, если это не угрожает жизни и здоровью других лиц и не ведет к аварии. В случае невозможности ее сохранения - зафиксировать сложившуюся обстановку (составить схемы, провести фотографирование, видеосъёмку и пр.).

Г: Необходимо сохранить обстановку, какой она была на момент несчастного случая, и только после осмотра места происшествия комиссией по расследованию несчастного случая, ликвидировать последствия несчастного случая.

.

ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ К практической работе 4

№ *вопроса*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
Ответ	**А**	**В**	**А**	Д	**А**	**Г**	**В**	**Б**	**Б**	**Б**
№ *вопроса*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
Ответ	**А**	**Б**	**А**	**Г**	**Б**	**А**	**В**	**В**	**Г**	**В**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу
_____ С. А. Упоров
14.09.2022

Глинникова Т. П.

Процессы формообразования и инструмент
Учебное пособие по практической и самостоятельной работе по темам «Обработка металлов давлением», «Сварка», «Обработка металлов резанием»
15.02.16 - «Технология машиностроения»

Екатеринбург
2022

1. Обработка металлов давлением

Краткая теория. Обработкой металлов давлением (ОМД) называют группу технологических процессов, в результате которых под влиянием приложенных внешних сил происходит изменение формы заготовок без нарушения их сплошности.

Основной задачей всех видов обработки давлением является придание металлу желаемой формы посредством процесса пластической деформации. В результате пластической деформации изменяются не только форма и размеры заготовки, но и структура и свойства исходного металла.

В промышленности применяют шесть основных видов обработки давлением: прокатку, прессование, волочение, ковку, объемную штамповку и листовую штамповку.

При обработке металлов давлением в заготовке под действием внешних сил возникают напряжения. Если они невелики, происходит упругая деформация, при которой атомы металла смещаются от положений устойчивого равновесия на очень малые расстояния, не превышающие межатомные. После снятия нагрузки атомы вследствие межатомного взаимодействия возвращаются в исходные положения устойчивого равновесия. Форма тела полностью восстанавливается и никаких остаточных изменений в металле не происходит. С увеличением внешней нагрузки напряжения в заготовке растут, что ведет к смещению атомов от положений устойчивого равновесия на расстояния, значительно превышающие межатомные. После снятия нагрузки атомы занимают новые места устойчивого равновесия, поэтому форма тела не восстанавливается. **Такое необратимое изменение формы тела называется пластической деформацией.** Способность металла подвергаться пластической деформации называется **пластичностью**.

1.1. Волочение

Волочение это процесс обработки давлением, при котором пластическая деформация заготовки в холодном состоянии осуществляется за счет ее протягивания через постепенно сужающееся отверстие в инструменте, называемом волокой, или фильерой. Конфигурация отверстия определяет форму получаемого профиля.

Схема волочения прутка и трубы и примеры профилей, получаемых волочением, представлены на рис. 1.1. Волочение труб можно производить без оправки и на оправке, если требуется уменьшить наружный диаметр и толщину стенки.

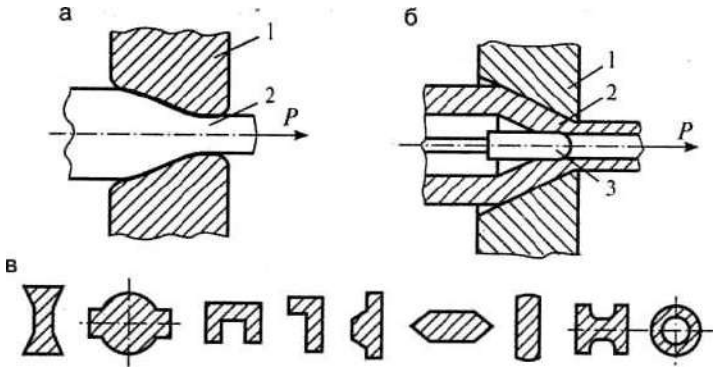


Рис. 1.1. Схемы волочения прутка (а), трубы (б) и примеры профилей, получаемых волочением (в): 1 — фильера; 2 — заготовка; 3 — оправка

В связи с тем что на выходящем из волоки конце прутка или трубы пластическая деформация недопустима, величина деформации за один проход ограничена и коэффициент вытяжки не должен превышать 1,05...1,5, а сама она осуществляется в холодном состоянии.

Формулы расчета волочения

Общая вытяжка заготовки за весь цикл обработки

$$\mu_{общ} = \left(\frac{d_0}{d_k}\right)^2$$

Общая истинная деформация заготовки

$$e_{общ} = \sum e_i = n \cdot e_i = ln\ \mu_{общ}$$

Предельная истинная деформация металла заготовки

$$e_{пред} = ln \frac{1}{1 - \psi}$$

Количество проходов для достижения

$$n = \frac{e_{предотж}}{e_i}$$

Диаметр пояска волоки после 1 прохода

$$d_{П1} = d_0 \sqrt{\frac{1}{\mu_1}}$$

Истинная деформация за i-й проход $e = ln \frac{d_k}{d_0}$;

Истинное сужение $\varphi = ln \frac{F_0}{F_k}$;

$$e = e_1 + e_2 + e_3 + \ldots + e_n;$$

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 + \ldots + \psi_n$$

Расшифровка величин, входящих в расчетные формулы:

d_0; d_K – начальный и конечный диаметр прутка
e_i – истинная деформация заготовки за i- проход;
n – число проходов;
ψ – относительное сужение металла заготовки за i- проход;
μ_1 – вытяжка заготовки за проход
F_0 и F_K – начальная и конечная площадь основания поковки, мм^2

Задача № Д.1.1

Определить количество проходов n заготовки, необходимых для получения волочением прутка диаметром d_K (мм) из заготовки диаметром d_0 (мм). Допустимая вытяжка за проход для материала заготовки составляет μ_i. Определить вытяжку за последний проход, чтобы выдержать заданный диаметр готового изделия d_K.

Варианты исходных данных к задаче №Д.1.1

вариант	d_0	d_K	μ_i	вариант	d_0	d_K	μ_i
1	10	3,0	1,2	11	14	5,0	1,2
2	10	2,5	1,4	12	14	4,0	1,4
3	10	1,0	1,4	13	14	3,0	1,4
4	16	4,0	1,25	14	15	5,0	1,25
5	16	3,0	1,45	15	15	4,0	1,45
6	16	2,0	1,45	16	15	3,0	1,45
7	18	4,0	1,15	17	17	6,0	1,15
8	18	3,0	1,2	18	17	5,0	1,2
9	18	2,0	1,2	19	17	4,0	1,2
10	20	5,0	1,2	20	20	6,0	1,2

Задача № Д.1.2

Обосновать необходимость промежуточного отжига заготовки при волочении прутка диаметром d_K (мм) из заготовки диаметром d_0 (мм). Определить расчетом после какого прохода необходим рекристаллизационный отжиг, если предельная пластичность металла составляет ψ (%), а допустимая вытяжка металла за проход - μ_i Определить также количество отжигов за полный цикл обработки.

Варианты исходных данных к задаче № Д.1.2

вариант	d_0	d_K	μ_i	ψ	вариант	d_0	d_K	μ_i	ψ

1	12	3,0	1,25	50	11	14	5,0	1,2	50
2	12	2,5	1,3	55	12	14	4,0	1,4	55
3	12	1,5	1,2	60	13	14	3,0	1,4	60
4	14	4,0	1,4	50	14	15	5,0	1,25	50
5	14	3,0	1,35	55	15	15	4,0	1,45	55
6	14	3,0	1,2	60	16	15	3,0	1,45	60
7	16	4,0	1,4	50	17	17	6,0	1,15	50
8	16	5,0	1,35	55	18	17	5,0	1,2	55
9	16	4,0	1,25	60	19	17	4,0	1,2	60
10	18	3,0	1,15	50	20	20	6,0	1,2	50

Задача № Д.1.3

Определить необходимое число проходов n и диаметр d_{in} (мм) калибрующего пояска волоки на отдельных проходах при волочении прутка диаметром d_K (мм) из заготовки диаметром d_0 (мм). Допустимая вытяжка металла заготовки за проход составляет μ_i.

Варианты исходных данных к задаче № Д.1.3

вариант	d_0	d_K	μ_i	вариант	d_0	d_K	μ_i
1	16	14	1,25	11	15	13	1,25
2	16	12	1,30	12	15	12	1,30
3	16	13	1,20	13	15	11	1,20
4	18	15	1,25	14	17	15	1,25
5	18	14	1,30	15	17	14	1,30
6	18	16	1,20	16	17	13	1,20
7	20	17	1,25	17	19	17	1,25
8	20	16	1,30	18	19	16	1,30
9	10	6,5	1,25	19	9	15	1,25
10	22	20	1,15	20	20	18	1,15

1.2. Ковка

Ковка — один из способов обработки металлов давлением, при котором инструмент оказывает многократное воздействие на нагретую заготовку, в результате чего она, деформируясь, постепенно приобретает заданную форму и размеры. Различают ковку ручную, применяемую иногда при мелких ремонтных работах и выполняемую с помощью наковальни и кувалды, и машинную, осуществляемую с помощью молотов и прессов.

К основным операциям машинной ковки относятся осадка, протяжка, прошивка, гибка, сварка, скручивание, отрубка и раскатка (рис. 1.20).

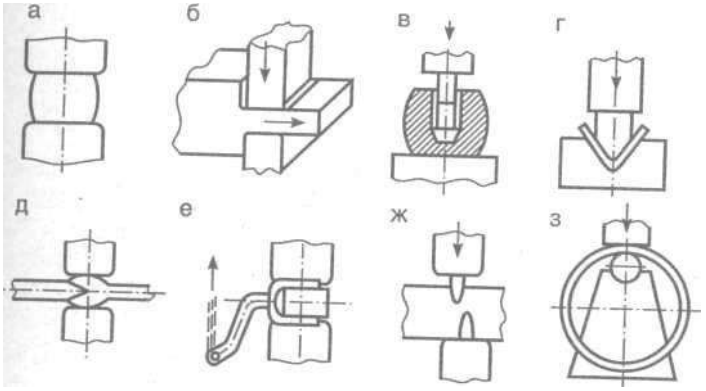


Рис. 1. Схема основных операций машинной ковки: а – осадка; б – протяжка; в – прошивка; г – гибка; д – сварка; е – скручивание; ж – отрубка; з – раскатка

Осадка — уменьшение высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения. Осадку производят бойками или осадочными плитами. Заготовки, у которых отношение высоты к диаметру более 2,5, осаживать не рекомендуется во избежание возможного продольного искривления. Осадка части заготовки называется **высадкой**. Операции машинной ковки выполняют на различных типах молотов и гидравлических прессах

Формулы расчета осадки

Диаметр осаженной поковки

$$d_{пок} = d_{заг}\sqrt{(h_{заг} / h_{пок})}, \quad \text{мм}$$

Удельное усилие при осадке (формула Зибеля)

$$\beta = \sigma_B + \left(\mu \frac{d_{пок}}{3h_{пок}} \right), \ \text{кг/мм}^2$$

Расчетное удельное усилие при осадке

$$P_р = \sigma_В \cdot W \cdot \psi_м, \quad \text{МПа}$$

Усилие деформирования при осадке

$$P_Д = 10\, P_р \cdot F_{пок}, \quad \text{Н}$$

Масса падающих частей молота

$$G_n = 1{,}25 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_{Bt} \cdot \psi_м \cdot W \left(1 + \mu \frac{d_{пок}}{3h_{пок}} \right) \varepsilon_n \cdot V_{пок}, \quad \text{кг}$$

Работа деформирования поковки при средней температуре осадки

$$A_{р.х} = W \cdot \psi_м \cdot \sigma_{Btct} \cdot V_{пок} \left[ln \frac{h_{пок}}{h_{заг}} + \frac{2\mu}{9} \left(\frac{d_{пок}}{h_{пок}} - \frac{d_{заг}}{h_{заг}} \right) \right], \quad \text{Дж}$$

Энергия одного удара молота

$$L = 2{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot G_n, \ \text{Дж}$$

Число ударов молота

$$n = \frac{A_{р.д.}}{L \cdot \eta}.$$

Расшифровка величин, входящих в расчетные формулы

$d_{пок}$; $h_{пок}$; $d_{заг}$; $h_{заг}$, – размеры цилиндрической поковка и заготовки, соответственно;

σ_{Bt}, σ_{Blcp} – предел прочности материала поковки при температуре обработки;

$\mu = 0{,}3$ – коэффициент трения на торцах заготовки при осадке;

W – скоростной коэффициент; $W = 1$ - при осадке на прессе; $W = 2{,}5$ - при осадке на молоте;

$\psi_м$ – масштабный коэффициент (табл.1);

$V_{пок}$ – объем поковки, м^3;

η – коэффициент полезного действия молота , $\eta = 0{,}8$;

F – площадь основания поковки, м^2, $F=$

Таблица 1

Масштабный коэффициент $\psi_м$ для определения усилия деформирования при обработке давлением

Масса поковки, кг	0 - 200	1500 - 8000	60000 - 80000	120000 -200000
$\psi_м$	10	9 - 8	7 - 6	5 - 4

Задача № Д.1

Определить усилие деформирования $P_Д$ гидравлического ковочного пресса, необходимое для осадки стальной заготовки размерами d_0 (мм), h_0(мм) до высоты $h_{пок}$(мм). Температура окончания осадки $T = 1100$ °С.

Варианты исходных данных к задаче № Д.1

№ вар	Марка стали	d_0	h_0	$h_{пок}$	№ вар	Марка стали	d_0	h_0	$h_{пок}$
1	45	1040	2100	950	11	12Х18 Н12	1040	2100	950
2	40Х	1100	2200	970	12	30	1100	2200	970
3	20	1200	2300	1000	13	30ХГС	1200	2300	100 0
4	ЗОХГС	1040	2150	960	14	30	1040	2150	960
5	45	1100	2250	950	15	40Х	1100	2250	950
6	40Х	1200	2350	970	16	20	1200	2350	970
7	20	1040	2100	1000	17	12Х18 Н12	1040	2100	1000
8	30ХГС	1100	2200	960	18	30	1100	2200	960
9	45	1200	2300	950	19	40Х	1200	2300	950
10	40Х	1040	2100	970	20	12Х18 Н12	1040	2100	970

Задача № Д.2.2

Определить массу падающих частей $G_п$ молота и число ударов n, необходимых для осадки стальной заготовки с начальными размерами d_0 (мм), h_0 (мм) до высоты $h_{пок}$ (мм). Расчет $G_п$ выполнить для температуры окончания ковки, расчет n выполнить для средней температуры ковки.

Варианты исходных данных к задаче № Д.2.2

№ вар	Марка стали	d_0	h_0	$h_{пок}$	№ вар	Марка стали	d_0	h_0	$h_{пок}$
1	45	100	140	70	11	12Х18Н12	100	140	70
2	40Х	120	300	80	12	30	120	300	80
3	20	150	350	100	13	ЗОХГС	150	350	100
4	ЗОХГС	100	150	80	14	30	100	150	80
5	45	120	250	70	15	40Х	120	250	70
6	40Х	130	200	100	16	20	130	200	100
7	20	110	210	80	17	12Х18Н12	110	210	80
8	ЗОХГС	120	250	120	18	30	120	250	120
9	45	90	80	90	19	40Х	130	180	90
10	40Х	100	150	80	20	12Х18Н12	100	150	80

2. Сварка

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями при их нагреве и пластическом деформировании.

Сварные соединения можно получать двумя принципиально разными путями: сваркой плавлением и сваркой давлением.

При *сварке плавлением* атомно-молекулярные связи между деталями создают, оплавляя их примыкающие кромки, так, чтобы получилась смачивающая их, общая ванна. Эта ванна затвердевает при охлаждении и соединяет детали в одно целое. Как правило, в жидкую ванну вводят дополнительный металл, чтобы полностью заполнить зазор между деталями, но возможна сварка и без него.

Нагрев свариваемых деталей осуществляется разными способами: электрической дугой, газокислородным пламенем, пропусканием тока, лазером и т.д. По-разному обеспечиваются защита зоны сварки от воздействия воздуха и ее принудительная деформация.

Сварка является наиболее важным способом получения неразъемных соединений из различных материалов, свариваются металлы и сплавы, керамика, стекло, пластмассы, разнородные материалы. Сварка применяется во всех областях техники.

Источником теплоты является электрическая дуга, которая горит между электродом и заготовкой.

Сварочной дугой называется мощный электрический разряд между электродами, находящимися в среде ионизированных газов и паров.

В зависимости от материала и числа электродов, а также способа включения электродов и заготовки в цепь электрического тока различают следующие разновидности дуговой сварки (рис.2.1):

- сварка неплавящимся (графитовым или вольфрамовым) электродом *1* дугой прямого действия *2* (рис. 2.1.а), при которой соединение выполняется путем расплавления только основного металла *3*, либо с применением присадочного металла *4;*
- сварка плавящимся электродом (металлическим) *1* дугой прямого действия с одновременным расплавлением основного металла и электрода, который пополняет сварочную ванну жидким металлом (рис. 2.1.б);
- сварка косвенной дугой *5*, горящей между двумя, как правило, неплавящимися электродами, при этом основной металл нагревается и расплавляется теплотой столба дуги (рис. 2.1.в);
- сварка трехфазной дугой, при которой дуга горит между каждым электродом и основным металлом (рис. 2.1.г).

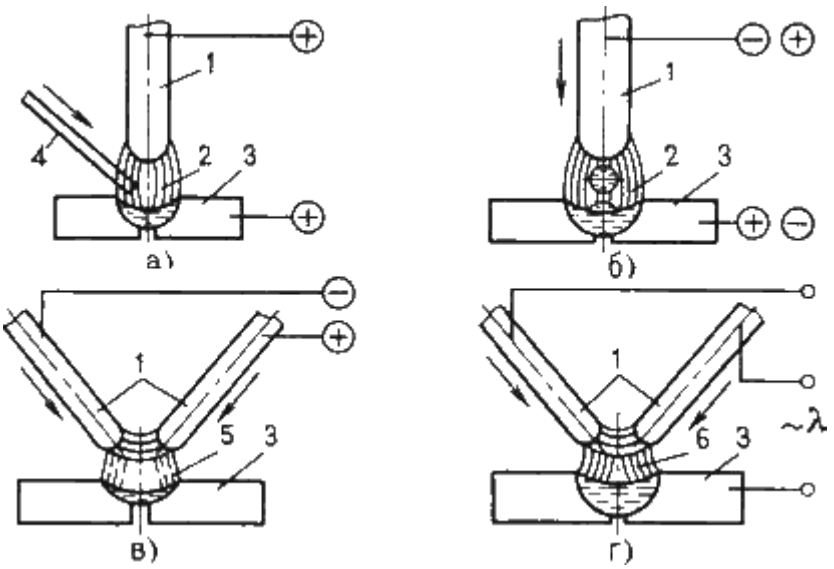


Рис. 2.1. Схемы дуговой сварки

Разновидности дуговой сварки различают по способу защиты дуги и расплавленного металла и степени механизации процесса.

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые подают вручную в дугу и перемещают вдоль заготовки. В процессе сварки металлическим покрытым электродом дуга горит между стержнем электрода и основным металлом.

Ручная сварка позволяет выполнять швы в любых пространственных положениях: нижнем, вертикальном, горизонтальном, вертикальном, потолочном. Ручная сварка удобна при выполнении коротких криволинейных швов в любых пространственных положениях, при выполнении швов в труднодоступных местах, а также при монтажных работах и сборке конструкций сложной формы.

Электроды для РДС представляют собой проволочные стержни с нанесенным покрытием. Стержень электрода изготовляют из специальной сварочной проволоки из стали повышенного качества. ГОСТ 2246-70 предусматривает 56 марок стальной сварочной проволоки диаметром 0,3 – 12 мм. Все марки сварочной проволоки разделяют на 3 группы: углеродистую, легированную и высоколегированную.

По назначению стальные электроды по ГОСТ 9466-75 подразделяют на 4 класса:

- для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей (ГОСТ 9467-75);
- для сварки теплоустойчивых сталей (ГОСТ 9467-75);
- для сварки высоколегированных сталей (ГОСТ 10052-75);

- для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (ГОСТ 1051-75).

Внутри каждого класса электроды делятся на типы (всего 73 типа). В маркировке указывается тип электродов, начинающийся с буквы Э, затем следуют цифры, которые указывают минимальный гарантированный предел прочности в кг/мм^2 . Например, Э42 ($\sigma_В \approx$ 420 МПа), Э50 ($\sigma_В$ = 500 МПа). Буква А в обозначении указывает, что металл шва, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства. Такие электроды применяют при сварке наиболее ответственных швов.

Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей предусмотрено девять типов электродов (Э 38, Э 42, Э 42А, Э 46, Э 46А, Э 50, Э 50А, Э 55, Э 60); для сварки легированных и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности пять типов (Э 70 , Э 85 , Э 100 , Э 125, Э 150) (табл. 5).

Условное обозначение электродов для сварки конструкционных сталей состоит из обозначения марки электрода, типа электрода, диаметра стержня, типа покрытия, номера ГОСТа.

Пример: УОНИ – 13/45 – Э42А – 4,0 – Ф ГОСТ 9467-75.

Расшифровка:

УОНИ – 13/45 – марка электрода;

Э 42А - тип электрода (Э – электрод для дуговой сварки; 42 – минимальный гарантированный предел прочности металла шва в кгс/мм^2; А – гарантируется получение повышенных пластических свойств металла шва);

4,0 – диаметр электродного стержня в мм;

Ф – фтористокальциевый тип покрытия.

Марка электрода (УОНИ – 13/45, АН-1, АНО-1, 03С-6 и др.) характеризует также его технологические свойства: род и полярность тока, возможность сварки в различных пространственных положениях (оговорены в ГОСТе и справочной литературе по сварке).

2.2. Ручная сварка покрытыми электродами

Для обеспечения высокого качества шва и высокой производительности необходимо выдерживать при сварке оптимальную величину сварочного тока. Он рассчитывается по формуле

$I_{св.} = K \cdot d_э$,

где $d_э$ – диаметр сварочной проволоки, мм.

При сварке в нижнем положении коэффициент K = 40 ... 60 для стержня электрода из низкоуглеродистой стали, K = 35 ... 40 для стержня электрода из высокоуглеродистой стали. Для вертикальных швов сварочный ток $I_{св}$ уменьшают на 10 ... 15 %, для потолочных – на 15 ... 20 %. Интервал изменения Iсв = 150 ... 400 А, напряжение U = 16 ... 30 В. Диаметр электрода $d_э$ выбирают равным толщине свариваемой заготовки.

Для пластин с толщиной h < 10 мм сварной шов выполняется однослойным, при h > 10 мм – многослойным, т. е. заполнение сварных швов большой толщины производится за несколько проходов электрода. Чтобы обеспечить качество шва на всю толщину свариваемых изделий, производится разделка кромок свариваемых поверхностей. При сварке пластин толщиной h менее 6 мм разделка кромок не производится, при h > 6 мм выполняется разделка под углом в 30°.

Ручная сварка применяется для коротких швов, криволинейных, любых пространственных, в труднодоступных местах при монтаже и сборке сложных конструкций. Ток и производительность наплавки ограничены, так как при большом токе стержень электрода нагревается и покрытие отслаивается. Плотность тока находится в пределах 10 ... 20 А/мм^2.

Выполнение задания

Учитывая заданную марку стали и временное сопротивление при растяжении стали, (табл. 1) выберите тип электрода (табл. 5). Если сварное соединение должно работать при ударных нагрузках, выбирайте электрод с повышенными пластическими свойствами.

Каждому типу электрода соответствует несколько марок (табл. 7), на каждую из которых разработаны технические условия. Марка электрода - это его промышленное обозначение, характеризующее стержень и покрытие.

Одним из основных параметров режима ручной дуговой сварки является диаметр электрода dэ (мм). Для стыковых соединений

диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемых кромок (табл. 4).

В табл. 7 представлены наиболее часто применяемые электроды. Каждому типу электрода соответствует несколько марок. В табл. 7 указаны диаметры и коэффициенты наплавки электродов. Коэффициент наплавки оценивает массу электродного металла, перешедшую в сварной шов в течение часа горения дуги, отнесенную к одному амперу сварочного тока. Учитывая, что производительность сварки прямо пропорциональна коэффициенту наплавки, а тип электрода и его диаметр уже выбран, подберите марку электрода из табл. 7.

Величину сварочного тока $I_{св}$ (А), основного параметра режима сварки, устанавливают по известному диаметру электрода. При сварке стыкового шва в нижнем положении используют формулу

$$I_{св} = Kd_э,$$

где dэ – диаметр электрода (мм), K - коэффициент пропорциональности, зависящей от диаметра электрода, определяется по табл. 4.

Длина дуги $L_д$ (мм) значительно влияет на качество сварки. Короткая дуга горит устойчиво и спокойно. Она обеспечивает получение высококачественного шва, так как расплавленный металл электрода быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. Но слишком короткая дуга вызывает “примерзание” электрода, дуга прерывается, нарушается процесс сварки. Длинная дуга горит неустойчиво и с характерным шипением. Глубина проплавления недостаточная, расплавленный металл электрода разбрызгивается и больше окисляется и азотируется. Шов получается бесформенным, а металл шва содержит большое количество оксидов. Длину дуги можно определить по формуле

$$L_д = 0{,}5(d_э + 2),$$

где dэ -диаметр электрода (мм).

Самое широкое применение нашла дуга с жесткой характеристикой, когда напряжение $U_д$ (В) практически не зависит от силы тока и пропорционально её длине $L_д$. Такая дуга горит устойчиво и обеспечивает нормальный процесс сварки. Для нахождения Uд можно использовать формулу

$$U_д = a + pL_д,$$

где $L_д$ - длина дуги (мм), a (В) коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах (при использовании стальных

электродов a =10-12 В), p (В/мм) - коэффициент характеризующий падение напряжения на 1 мм длины дуги (p = 2,0-2,5 В/мм).

Количество металла, необходимого для сварного шва $Q_н$ (г) можно определить по формуле

$Q_н = 10^{-3}\, lS\gamma$,

где l - длина свариваемого шва (мм), S -площадь поперечного сечения шва (мм2), у плотность электродного металла, для стали γ = 7,8 г/см3. Для одностороннего стыкового шва без скоса кромок площадь поперечного сечения S можно определить по формуле: $S = b\ h$, где h -толщина свариваемого металла (мм), b - зазор (расстояние) между свариваемыми деталями (мм).

Для одностороннего шва с V - образным скосом двух кромок площадь поперечного сечения S можно определить по формуле

$S = h\ (b - 1)+0{,}5(h^2 + 1)$,

где h и b - указанные выше конструкционные элементы сварного шва. Величину зазора между свариваемыми деталями берём из табл. 3.

Основное время горения дуги $t_о$ (ч) определим по формуле

$t_о = Q_н/(I_{св} \cdot \alpha_н)$,

где $Q_н$ масса наплавленного металла (г), $I_{св}$ - сила сварочного тока (А), $\alpha_н$ - коэффициент наплавки (г/А-ч), (табл. 7).

Скорость сварки Vсв (м/ч) можно определить по формуле

$V_{св} = 10^{-3} l/t_о$,

где l длина сварного шва (мм), $t_о$ - основное время горения дуги (ч).

Процесс сварки включает не только время горения дуги, но и вспомогательные операции (установку электрода, поворот детали и т. д.). Это дополнительное время зависит от организации рабочего места, квалификации сварщика и учитывается коэффициентом производительности M.

Полное время сварки $t_п$ (ч) определяемая по формуле

$t_п = t_о/M$,

где $t_о$ − основное время горения дуги (ч), M – коэффициент производительности, (М = 0,6–0,8).

Массу расплавленного металла $Q_р$ (г) можно определить, подчитав массу расплавленных электродов

$Q_р = 10^{-3}\ \gamma\pi d^2\ (l_э - l_{ог})n/4$,

где γ – плотность электродного металла (для стали γ = 7,8 г/см^3), $d_э$ диаметр электрода (мм), $l_э$ - длина электрода (мм) (табл.4), $l_{ог}$ - длина огарка (мм), (принимают $l_{ог}$ = 50 мм), n число слоёв (проходов) (табл. 6).

Потери металла на угар и разбрызгивание характеризуются коэффициентом потерь ψ (%), который определяется по формуле

$$\psi = 10^2(Q_р - Q_н)/Q_р,$$

где $Q_р$ - масса расплавленного металла (г), $Q_н$ - масса наплавленного металла (г).

Значение коэффициента потерь при ручной электродуговой сварке не должно превышать 10 %.

В заключении, определим полный расход электроэнергии на сварку A (кВт·ч) по формуле

$$A = I_{св}\, U_д\, t_о,$$

где $I_{св}$ - сила сварочного тока (А), $U_д$ - напряжение дуги (В), $t_о$ - основное время горения дуги (ч).

Получение изделий сваркой
Задача С.1

Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки плавящимся электродом с покрытием в нижнем положении со стыковым соединением свариваемых элементов.

В табл. 1 приведены исходные данные для выполнения задания № 1.

Таблица 1

Исходные данные для выполнения задания С.1

№ варианта	Марка стали	Временное сопротивление при растяжении σ_b, МПа	Толщина свариваемой стали, H, мм	Длина шва l, мм
0	09Г2СД	450	11,0	460
1	10Г2С1*	500	1,5	400
2	08ГДН*	400	2,0	300
3	15Г	420	2,5	650
4	20	420	3,0	260
5	15*	400	3,5	230
6	Ст3	400	4,0	200
7	14ХГС	500	4,5	180
8	08ГДНФ	500	5,0	150
9	09Г2С*	500	5,5	260
10	12Г2СМФ	700	6,0	240
11	14ГХНМ	700	6,5	200
12	15Х	700	7,0	190
13	16ГС*	500	7,5	340
14	12ГН2МФАЮ	850	8,0	260
15	14Х2ГМР	800	8,5	375
16	20Х	800	9,0	330
17	12ХГН2МФБАЮ	900	9,5	300
18	18ХГТ	1000	10,0	270
19	16Г2АФ	600	10,5	500
20	15Г2СФ	560	11,0	460
21	16Г2АФД	580	11,5	440
22	09Г2*	450	12,0	400
23	20Г	460	12,5	373
24	10ХСНД	540	13,0	347
25	17Г1С	520	13,5	330
26	Ст4	440	14,0	280
27	10Г2*	450	14,5	325
28	25*	460	15,0	310
29	14Г2	460	15,5	290
30	10Г2С1Д	520	16,0	280

* Сварное соединение работает при ударных нагрузках

Задача С.2

Для изготовления из листа толщиной h (мм) цилиндрической обечайки диаметром D (мм) и длиной L (мм) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

Варианты исходных данных для задачи С.2

№ вар	Марка стали	*h*	*D*	*L*	№ вар.	Марка стали	*h*	*D*	*L*
1	стЗ		500	1000	11	10	8	700	2000
2	10		700	1500	12	20	9	800	2100
3	20		800	1600	13	СтЗ	6	650	2000
4	Ст3		900	2000	14	10	7	650	2200
5	10		550	1500	15	20	8	850	2500
6	20		600	2000	16	Ст3	9	1000	2500
7	Ст3		750	2200	17	10	6	700	1700
8	10		950	2500	18	20	7	550	1600
9	20		600	1900	19	Ст3	8	900	2000
10	Ст3		500	1200	20	10	9	1100	2300

Задача С.3

Для изготовления из листа толщиной *h* (мм) конического днища для обечайки диаметром *D* (мм) с углом конуса α (град) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

Варианты исходных данных для задачи С.3

№ вар.	Марка стали	*h*	*D*	α	№ вар.	Марка стали	*h*	*D*	α
1	10	6	500	45	11	20	6	550	80
2	20	7	700	50	12	Ст3	7	650	75
3	Ст3	8	800	55	13	10	8	750	70
4	10	9	900	60	14	20	9	850	65
5	20	6	1000	70	15	Ст3	6	950	60
6	Ст3	7	1200	75	16	10	7	1100	55
7	10	8	800	80	17	20	8	650	50
8	20	9	900	85	18	Ст3	9	750	45
9	С3	6	700	0	19	10	6	50	80
10	10	7	600	85	20	20	7	950	85

Задача С.4

Для изготовления из листа толщиной *h* (мм) конического перехода длиной *L* (мм) между трубопроводами *D* (мм), d (мм) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

Варианты исходных данных для задачи С.4

№ вар.	Марка стали	*h*	*L*	*D*	*d*	№ вар.	Марка стали	*h*	*L*	*D*	*d*
1	20	6	100	203	127	11	Ст3	6	250	299	159
2	Ст3	7	200	219	133	12	10	7	350	325	168
3	10	8	300	245	140	13	20	8	300	203	140
4	20	9	350	273	146	14	Ст3	9	200	219	146
5	Ст3	6	250	294	152	15	10	6	100	245	152
6	10	7	150	325	159	16	20	7	150	273	159
7	20	8	300	203	133	17	Ст3	8	250	299	168
8	Ст3	9	200	219	140	18	10	9	350	325	180
9	10	6	100	245	146	19	20	6	300	203	146
10	20	7	150	273	152	20	Ст3	7	200	219	152

Таблица 2

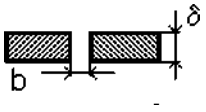
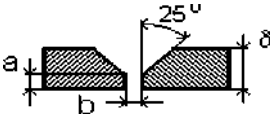
Расчет основных параметров режима электродуговой сварки

№	Определяемая величина	Буквенное обозначение, ед. измерения	Расчетная формула или источник информации	Численная величина
1	Тип сварного шва	С...	табл. 3	С 17
2	Тип электрода	Э...	табл. 5	Э 46
3	Диаметр электрода	$d_э$, мм	табл. 4	6
4	Марка электрода		табл. 7	ОЗС-6
5	Коэффициент пропорциональности	К, А/мм	табл. 4	50
6	Сила сварочного тока	$I_{св}$, А	$I_{св} = Kd_э$	300
7	Длина дуги	$L_д$, мм	$L_д = 0{,}5(d_э + 2)$	4
8	Напряжение дуги	$U_д$, В	$U_д = \alpha + \beta L_д$	18
9	Площадь поперечного сечения	S, мм^2	$S = bh$	
			$S = 8(h - 1)+0{,}5(h^2 + 1)$	94
10	Масса наплавленного металла	$Q_н$, г	$Q_н = 10^{-3} l S \gamma$	337,27
11	Коэффициент наплавки	αн, г/А'ч	табл. 7	10
12	Основное время горения дуги	$t_о$, ч	$t_о = Q_н / I_{св}\, \alpha_н$	0,11
13	Скорость сварки	$V_{св}$, м/ч	$V_{св} = 10^{-3} l / t_о$	4,09
14	Полное время сварки	$T_п$, ч	$T_п = t_о / M$	0,22
15	Длина электрода	$l_э$, мм	табл. 4	450
16	Число слоев	*n*	табл. 6	4
17	Масса расплавленного металла	$Q_р$, г	$Q_р = 10^{-3}\, \gamma \pi d_э^{2} (l_э - l_{ог}) n/4$	352,68
18	Коэффициент потерь	φ, %	$\varphi = 10^2 (Q_р - Q_н)/Q_р$	4,4
19	Расход электроэнергии на сварку	*A*, кВт-ч	$A = I_{св}\, U_д\, t_о$	594
20	Зазор (расстояние) между свариваемыми деталям	*B*, мм	табл. 3	
21	Длина сварного шва	*l* , мм	табл. 1	

$\alpha = 10$, $\beta = 2$; $\gamma = 7{,}8$ г/см^3; $l_{ог} = 50$ мм; $M = 0{,}5$

Таблица 3

Тип сварного шва

Наименование соединения	Условное обозначение	Форма подготовки кромок	Толщина металла h, мм	Зазор *b*, мм	Выполнение шва
Шов стыковой односторонний без скоса кромок	С 2		1,5–2,5 3,0–4,0	1 2	
Шов стыковой односторонний с V-образным скосом двух кромок	С 17		4,5–7,5 8,0–13,5 14,0–16,0	3 4 5	

a – притупление кромок, *a* = 1 мм

Таблица 4

Диаметр электрода

Толщина свариваемого металла *h*, мм	1,5–2,0	2,5–4,0	4,5–7,0	7,5–10,0	Более 10,0
Диаметр электрода $d_э$, мм	2	3	4	5	6
Коэффициент пропорциональности *K*, А/мм	30	35	40	45	50
Длина электрода $l_э$, мм	250	300	350	450	450

Таблица 5

Тип электрода

Тип электрода	Механические свойства металла сварного шва		
	Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение ε, %	Ударная вязкость KCU, МДж/м^2
Э 38	380	14	0,3
Э 42	420	18	0,8
Э 42А	420	22	1,5
Э 46	460	18	0,8
Э 46А	460	22	1,4
Э 50	500	16	0,7
Э 50А	500	20	1,3
Э 55	550	20	1,2
Э 60	600	18	1,0
Э 70	700	14	0,6
Э 85	850	12	0,5
Э 100	1000	10	0,5
Э 125	1250	8	0,4
Э 150	1500	6	0,4

Таблица 6

Число слоев

Толщина свариваемой стали h, мм	1,0–5,0	5,5–8,0	8,5–10,0	10,5–14,0	14,5–16,0
Число слоев n	1	2	3	4	5

Таблица 7

Марка электрода

Тип электрода	Марка электрода	Диаметр электрода $d_э$, мм	Коэффициент наплавки $\alpha_н$, г/А·ч
Э 42	ОЗС-23	2; 3	8,5
	ВСЦ-4	3; 4	9,5
	ОМА-2	2; 2,5; 3	8
	АНО-6	4; 5	10
Э 42А	УОНИ-13/45	2; 2,5; 3; 4; 5	8,5
	СМ-11	3; 4; 5	10
Э 46	АНО-4	3; 4; 5	8,5
	ОЗС-6	3; 4; 5; 6	10
	МР-3	3; 4; 5; 6	7,5
	ОЗС-21	3; 4; 5	8,5
Э 46А	ВН-48	2,5; 3; 4; 5; 6	11
	ОЗС-22Р	3; 4; 5; 6	10
	УОНИ-13/55К	3; 4; 5	9,5
Э 50	ВСЦ-4А	3; 4	9,5
Э 50А	УОНИ-13/55	2; 2,5; 3; 4; 5	9
	АНО-11	3; 4; 5	9,5
	ДК-50	4; 5	10
Э 55	УОНИ-13/55У	4; 5; 6	10
Э 60	ВСЦ-60	5; 6	10
	УОНИ-13/65	2; 2,5; 3; 4; 5	9,5
	ОЗС-24	3; 4	9,5
Э 70	ВСФ-75У	4	9
Э 85	УОНИ-13/85	2; 2,5; 3; 4; 5	10
	НИАТ-3М	2; 2,5; 3; 4; 5	9,5
	ВСФ-85	3; 4	9,5
Э 100	ОЗШ-1	2; 2,5; 3; 4; 5	8,5

3. Обработка металлов резанием

Обработка резанием – технологический процесс изготовления деталей, заключающийся в образовании новых поверхностей отделением поверхностных слоев материала с образованием стружки.

Для осуществления процесса резания необходимо относительное движение между заготовкой и режущим инструментом. Совокупность относительных движений инструмента и заготовки, необходимых для получения заданной поверхности, называют кинематической схемой обработки. Движения резания – это движения, обеспечивающие снятие слоя металла со всей обрабатываемой поверхности.

Примеры схем обработки различных поверхностей (рис. 3.1).

На обрабатываемой заготовке различают три поверхности: обработанную (3), полученную на заготовке в результате обработки; обрабатываемую (*1*), подлежащую обработке, и поверхность резания (*2*), образуемую режущей кромкой инструмента (рис. 1, *а – г*).

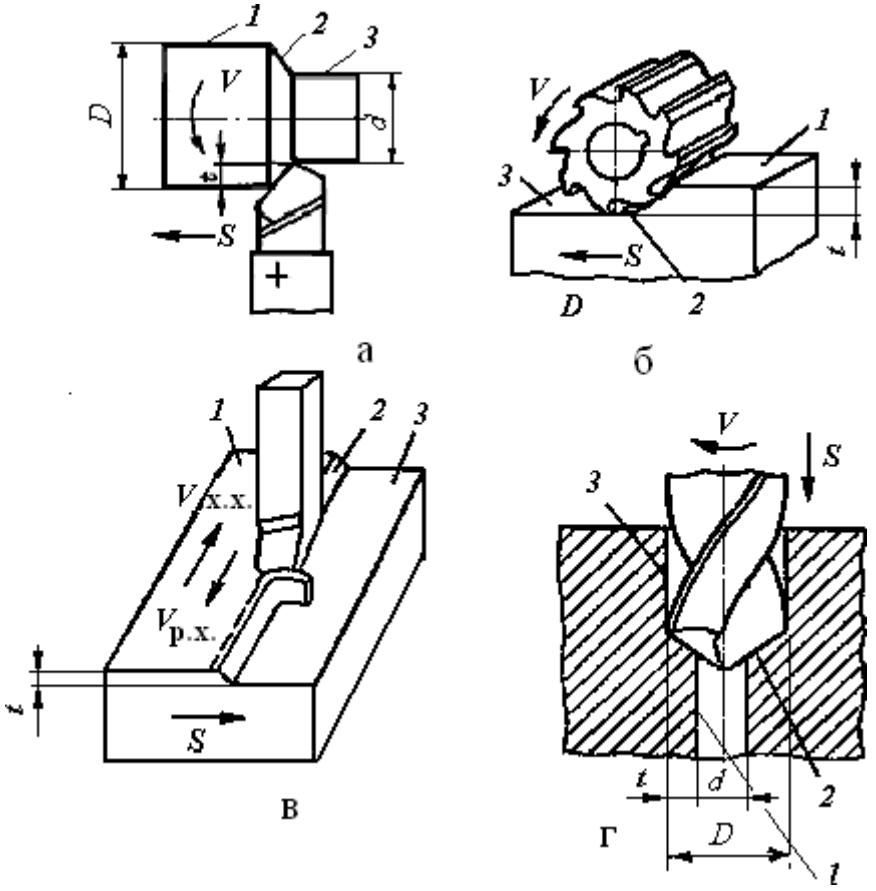


Рис. 3.1 Схемы обработки заготовок:
а) точением. *б*) фрезерованием, *в*) строганием,
г) сверлением (рассверливанием)

Процесс обработки задаётся **режимом резания**. Элементами режима резания являются **скорость резания, подача и глубина резания**. Совокупность этих значений принято называть **режимом резания**. Режим резания выбирается в следующей последовательности:

- глубина резания – *t*,
- подача – *S*,
- скорость резания – *V*.

Глубина резания – определяется как расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное по нормали. Глубина резания измеряется в мм (рис. 1.1).
$t = (D - d)/2$ (*а* и *г* – при точении и рассверливании); $t = d/2$ (при сверлении); $t = H - h$ (*б* и *в)* при фрезеровании и строгании)

Глубина резания зависит от следующих факторов:

– величины припуска *а* (слой металла, подлежащий удалению в процессе обработки),

– вида обработки (черновая или чистовая),

– мощности станка.

Глубина резания может быть равна припуску $t = a$, или $t = a / i$, если припуск снимается за несколько проходов (*i* – количество ходов, за которое снимется весь припуск при данной глубине резания).

Подача (S) – это перемещение заготовки или инструмента в направлении движения подачи за цикл движения резания.

При точении и сверлении подача задается в миллиметрах за 1 оборот (мм/об), при фрезеровании подача может быть задана в миллиметрах на зуб (мм/зуб), в миллиметрах в минуту (мм/мин), при строгании – в миллиметрах за двойной ход стола (мм / дв. х).

Величина подачи зависит от требований к обработанной поверхности: шероховатости и точности поверхности – чем выше точность и чистота обработки, тем меньше величина подачи.

Скорость резания (V) – скорость перемещения точки режущей кромки инструмента относительно заготовки. Скорость резания измеряют в метрах в минуту ***при всех видах обработки резанием***, кроме шлифования и полирования (метры в секунду).

Если главное движение резания является вращательным, то скорость резания определяется по формуле

$$V = \pi D n /1000,$$

где D – диаметр заготовки или инструмента, мм; n – частота вращения заготовки или инструмента, об/мин.

При возвратно-поступательном движении скорость резания определяется по формуле

$$V = 2L\, n\, (k + 1) /1000,$$

где L – длина хода инструмента или детали при обработке данной поверхности, мм;

n – число двойных ходов в минуту ($n = 500 \cdot V / L \cdot (k + 1)$);

k – коэффициент отношения скорости рабочего хода к скорости холостого хода ($k = V_{PX}/V_{X.X}$).

К элементам процесса резания относится также основное технологическое время T_O, затрачиваемое непосредственно на обработку резанием данной поверхности (изменение формы и размеров заготовки).

Основное время определяется по формуле:

$$T_O = L \cdot i / S \cdot n,$$

где $L = l + l_1 + l_2$,

l – длина обрабатываемой поверхности,

l_1 – величина врезания инструмента,

l_2 – величина перебега инструмента.

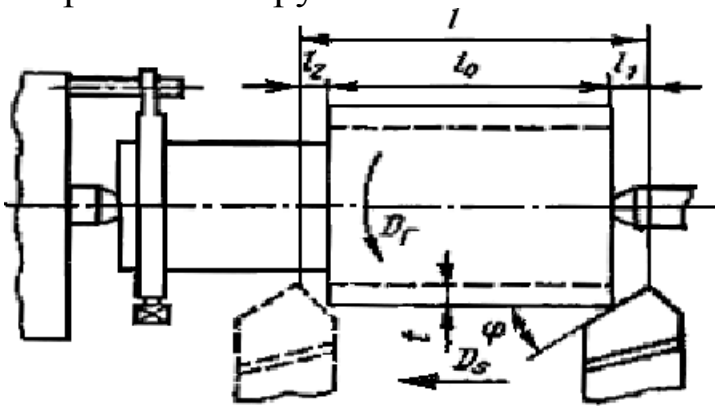


Рис. 1.2. Схема к расчёту T_O при обработке цилиндрической поверхности

Токарная обработка

Задача Т.1.

Определить минутную подачу резца $\mathbf{s_м}$ (мм/мин) при обтачивании на токарном станке заготовки диаметром **D** (мм) со скоростью резания **v** (м/мин) и подачей резца за один оборот заготовки **s** (мм/об)**.**

Варианты исходных данных к задаче Т.1

№	D	V	s	№	D	V	s
1	140	88	0,6	11	387	233	0,6
2	37	233	0,43	12	90	177	0,43
3	90	177	0.87	13	120	119	0.87
4	120	119	0,7	14	72	280	0,7
5	72	280	0,78	15	64	200	0,78
6	64	200	0,17	16	160	80	0,17
7	160	80	0,18	17	54	170	0,18
8	54	170	0,3	18	43	216	0,3
9	43	216	0,23	19	210	133	0,23
10	210	133	0,52	20	140	88	0,52

Задача Т.2.

Определить основное время $\mathbf{T_0}$ при подрезании сплошного торца заготовки диаметром $\mathbf{D_0}$ (мм) на токарном станке за один проход. Припуск на обработку (на сторону) **h** (мм)**.** Частота вращения шпинделя **n** (об/мин)**;** подача резца **s** (мм/об)**.** Резец проходной отогнутый с главным углом в плане $\boldsymbol{\varphi}$**=** 45°**.** Перебег резца $\boldsymbol{\Delta}$**=** 1…3 мм**.** Начертить схему обработки поверхности.

Варианты исходных данных к задаче Т.2

№	D	h	n	s	№	D	h	n	s
1	140	2,5	1000	0,32	11	300	2	1250	0,32
2	37	3	800	0,43	12	90	3	800	0,43
3	90	2	2000	0,24	13	120	1	2000	0.87
4	120	3	315	0,12	14	72	2	315	0,7
5	72	1,5	800	0,28	15	64	2	800	0,78
6	64	3	500	0,17	16	160	3,5	500	0,17
7	160	2	1250	0,18	17	54	1,5	1250	0,18
8	54	3	400	0,3	18	43	2	400	0,3
9	43	2	630	0,23	19	210	1,8	630	0,23
10	210	1,5	1250	0,52	20	140	2,3	1250	0,52

Задача Т.3.

Определить основное время **T_0** при отрезании кольца от заготовки, имеющей форму трубы с наружным диаметром **D** (мм) и внутренним – **d** (мм), на токарном станке резцом с пластиной из твердого сплава**.** Частота вращения шпинделя **n** (об/мин)**;** подача резца **s** (мм/об)**.** Перебег резца **Δ=** 1…2 мм**.** Начертить схему обработки поверхности.

Варианты исходных данных к задаче Т.3

№	D	d	n	s	№	D	d	n	s
1	140	80	1000	0,32	11	300	120	1250	0,32
2	70	35	800	0,43	12	90	30	800	0,43
3	90	40	2000	0,24	13	120	60	2000	0.87
4	120	65	315	0,12	14	72	34	315	0,7
5	72	36	800	0,28	15	64	24	800	0,78
6	64	20	500	0,17	16	160	70	500	0,17
7	160	80	1250	0,18	17	54	20	1250	0,18
8	54	25	400	0,3	18	43	10	400	0,3
9	43	20	630	0,23	19	210	120	630	0,23
10	210	100	1250	0,52	20	140	100	1250	0,52

Задача Т.4.

Определить мощность **N**рез, затрачиваемую на резание и момент сопротивления резанию **Mcp** , если при продольном точении заготовки диаметром **D** (мм) со скоростью резания **v** (м/мин) тангенциальная сила резания составила **Pz**(Н). Начертите схему расположения составляющих силы резания для рассматриваемого случая обработки резанием.

Варианты исходных данных к задаче Т.4

№	D	V	P_z	№	D	V	P_z
1	140	75	2750	11	380	75	2750
2	160	130	2200	12	90	170	2200
3	90	170	3000	13	120	119	3000
4	120	110	1050	14	72	120	1050
5	75	180	2050	15	64	200	2050
6	64	100	3000	16	160	80	3000
7	160	80	4000	17	54	170	4000
8	80	170	1600	18	43	160	1600
9	30	150	1500	19	210	133	1500
10	210	130	1000	20	140	88	1000

Фрезерная обработка

Задача Ф.1

Определите основное. штучное время и скорость резания при фрезеровании плиты длиной *l* за несколько рабочих ходов *i* цилиндрической фрезой диаметром $d_{фр}$. со скоростью движения подачи *Vs (*мм/мин), глубиной резания *t* и частотой вращения фрезы *n*. Приведите схему обработки с обозначением на ней всех элементов режима резания.

Варианты исходных данных к задаче Ф.1

№	*l*	$d_{фр}$	*i*	*t*	*Vs*	*n*	№	*l*	$d_{фр}$	*i*	*t*	*Vs*	*n*
1	350	80	1	3	22,4	50	11	200	90	1	4	22,4	50
2	400	90	2	4	31,5	71	12	350	120	2	3	31,5	71
3	480	100	3	5	45	100	13	260	100	3	4	45	100
4	450	110	4	5	63	140	14	280	100	1	3	63	100
5	380	90	1	3	90	200	15	450	90	2	4	34,5	70
6	440	80	2	2	22,4	280	16	380	120	3	2,5	22,4	55
7	300	80	1	5	63	140	17	180	80	1	4	63	60
8	320	100	2	3	90	200	18	220	110	2	3	90	90
9	360	110	3	5	63	150	19	320	100	3	4	63	100
10	420	120	4	4	73,5	240	20	300	120	4	3	73,5	110

Задача Ф.2

Определите скорость резания, основное и штучное время при фрезеровании паза длиной *l* за несколько рабочих ходов *i* дисковой трехсторонней фрезой диаметром $d_{фр}$. и числом зубьев *z*. Условия обработки: подача на 1 зуб фрезы s_z , частота вращения фрезы *n*, глубина резания *t*. Приведите схему обработки с обозначением на ней всех элементов режима резания.

Варианты исходных данных к задаче Ф.2

№	*l*	$d_{фр}$	*i*	*t*	*z*	s_z	*n*	№	*l*	$d_{фр}$	*i*	*t*	*z*	s_z	*n*
1	350	80	1	3	18	0.05	50	11	200	90	1	4	18	0,03	50
2	400	90	2	4	18	0,03	71	12	350	120	2	3	18	0,06	71
3	480	100	3	5	200	0,02	100	13	260	100	3	4	200	0,01	100
4	450	110	4	5	22	0,05	140	14	280	100	1	3	22	0,02	100
5	380	90	1	3	18	0,04	200	15	450	90	2	4	18	0,03	70
6	440	80	2	2	18	0,03	280	16	380	120	3	2,5	18	0.05	55
7	300	80	1	5	16	0,06	140	17	180	80	1	4	16	0,03	60
8	320	100	2	3	22	0,01	200	18	220	110	2	3	22	0,02	90
9	360	110	3	5	22	0,02	150	19	320	100	3	4	22	0,05	100
10	420	120	4	4	24	0,03	240	20	300	120	4	3	24	0.05	110

Литература

1. Сафонов Б.П., Брагин Л.П., Марценко К.Н. Сборник задач по материаловедению и технологии конструкционных материалов. НИРХТУ, Новомосковск, 2003. – 78 с.
2. Дальский А. М. и др. Технология конструкционных материалов. – М.:Машиностроение, 1992.
3. Д альский А. И. и др. Технология металлорежущих материалов. М., Машиностроение, 2008 , 664 с.
4. Петруха П. Г. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. М., Машиностроение, 2007 , 614 с.
5. Обработка металлов резание. А. П. Панов и др. Справочник технолога. М., Машиностроение, 2009 , 736 с.
6. Марочник сталей и сплавов. / В.Г. Сорокин, А.А. Волосникова, С.А.
7. Виткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение,
8. 1989. – 640 с.
9. Справочник сварщика. Под ред. В.В. Степанова. Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1975. – 520 с.
10. Карпенков В.Ф., Баграмов Л.Г., Стрельцов В.В., Карпенкоа А.В. Технология конструкционных материалов. Основы обработки металлов резанием. – М.:Компания Спутник+, 2002. – 396 с.

Учебное издание

Татьяна Петровна Глинникова
Сергей Александрович Волегов

Технология конструкционных материалов

Учебное пособие по практической и самостоятельной работе по теме «Обработка металлов давлением», «Сварка», Обработка металлов резанием»
длястудентовнаправлениябакалавриата:
15.03.01 - «Машиностроение»,
15.03.02 - «Технологические машины и оборудование» (ТМО)
и среднего профессионального образования
15.02.01 - «Монтаж техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)» очного
и заочного обучения

Редактор В. В. Баклаева

Подписано в печать. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 4,6. Уч.-изд. л. 2. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

Конспект лекций по дисциплине "Процессы формообразования и инструменты"

Разделы: «Обработка резанием», «Электрофизическая и электрохимическая обработка»

для специальности 15.02.16 - "Технология машиностроения"

Автор: доц., Глинникова Т.П., к.т.н.

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Эксплуатации горного оборудования	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Симисинов Д.И.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09. 2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

1. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

1.1. Общие понятия и определения

Обработка резанием – технологический процесс изготовления деталей, заключающийся в образовании новых поверхностей путём отделения поверхностных слоев материала с образованием стружки.

Примеры схем обработки различных поверхностей (рис. 1.1).

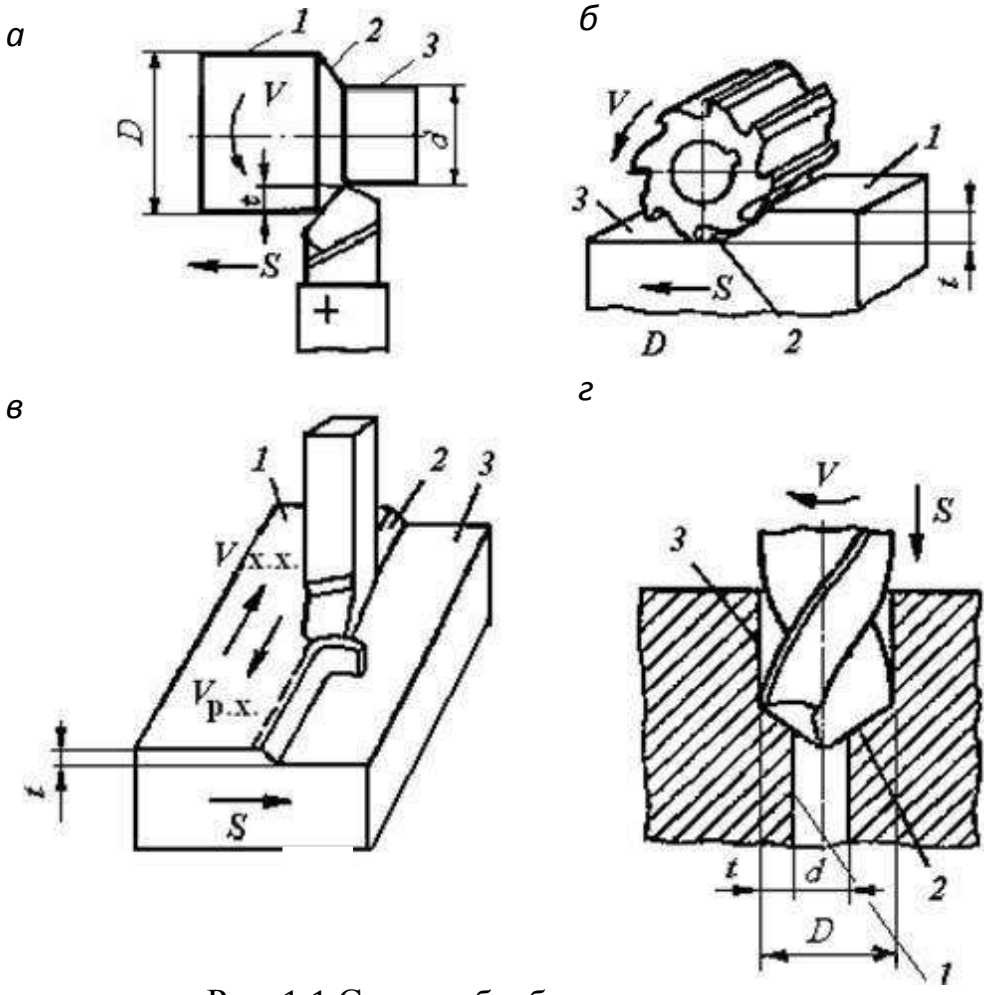


Рис. 1.1 Схемы обработки заготовок:
а – точением; *б* – фрезерованием; *в* – строганием; *г* – сверлением (рассверливанием);
1 – обрабатываемая поверхность; *2* – поверхность резания;
3 – обработанная поверхность

Для осуществления процесса резания необходимо относительное движение между заготовкой и режущим инструментом. Совокупность относительных движений инструмента и заготовки, необходи-

мых для получения заданной поверхности, **называют кинематической схемой обработки.** *Движения резания* – это движения, обеспечивающие снятие слоя металла со всей обрабатываемой поверхности.

Движение, происходящее с наибольшей скоростью и определяющее скорость снятия стружки (прямолинейное или вращательное движение инструмента или заготовки), называют *главным движением резания* – $\boldsymbol{D_v}$. Скорость главного движения обозначают буквой ***V*.**

Движение (прямолинейное поступательное или вращательное) инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания, обеспечивающее непрерывность снятия стружки со всей обрабатываемой поверхности, называют *движением подачи* – $\boldsymbol{D_s}$. Скорость движения подачи обозначают буквой ***S*.**

На обрабатываемой заготовке различают *три поверхности:* обработанную (3), полученную на заготовке в результате обработки; обрабатываемую (*1*), подлежащую обработке, и поверхность резания (*2*), образуемую режущей кромкой инструмента (рис.1, *а – г*).

1.2. Элементы режима резания

Процесс обработки задаётся режимом резания. Элементами режима резания являются **скорость резания, подача и глубина резания**. Совокупность этих значений принято называть **режимом резания**. ***Режим резания выбирается в следующей последовательности:***

- глубина резания – *t*;
- подача – *S*;
- скорость резания – *V*.

Глубина резания – определяется как расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное по нормали. Глубина резания измеряется в мм (см. рис.1.1).
$t = (D - d)/2$ (*а* и *г* – при точении и рассверливании); $t = d/2$ (при сверлении); $t = H - h$ (*б* и *в)* при фрезеровании и строгании).

Глубина резания зависит от следующих факторов:

– величины припуска *а* (слой металла, подлежащий удалению в процессе обработки);

– вида обработки (черновая или чистовая);

– мощности станка.

Глубина резания может быть равна припуску $t = a$, или $t = a / i$, если припуск снимается за несколько проходов (i – количество ходов, за которое снимется весь припуск при данной глубине резания).

Подача (S) – это перемещение заготовки или инструмента в направлении движения подачи за цикл движения резания.

При точении и сверлении подача задается в миллиметрах (мм) за 1 оборот (мм/об), при фрезеровании подача может быть задана в миллиметрах на зуб (мм/зуб), в миллиметрах в минуту (мм/мин), при строгании – в миллиметрах за двойной ход стола (мм/дв. х.).

Величина подачи зависит от требований к обработанной поверхности: шероховатости и точности поверхности – чем выше точность и чистота обработки, тем меньше величина подачи.

Скорость резания (V) – перемещение точки режущей кромки инструмента относительно заготовки за единицу времени. Скорость резания измеряют в метрах в минуту (м/мин.) ***при всех видах обработки резанием***, кроме шлифования и полирования (метры в секунду (м/с)).

Если главное движение резания является вращательным, то скорость резания определяется по формуле

$$V = \pi D n /1000,$$

где D – диаметр заготовки или инструмента, мм; n – частота вращения заготовки или инструмента, об/мин.

При возвратно-поступательном движении скорость резания определяется по формуле

$$V = 2L n (k + 1) /1000,$$

где L – длина хода инструмента или детали при обработке данной поверхности, мм; n – число двойных ходов в минуту ($n = 500 \cdot V / L (k + 1)$); k – коэффициент отношения скорости рабочего хода к скорости холостого хода ($k = V_{р.х.} / V_{х.х.}$).

По выбранным элементам режима резания определяется ***основное технологическое время,*** $T_о$, затрачиваемое непосредственно на обработку резанием данной поверхности (изменение формы и размеров заготовки).

Основное время определяется по формуле (рис. 1.2):

$$T_о = L \cdot i / S \cdot n,$$

где $L = l + l_1 + l_2$; l – длина обрабатываемой поверхности, мм; l_1 – величина врезания инструмента, мм; l_2 – величина перебега инструмента, мм.

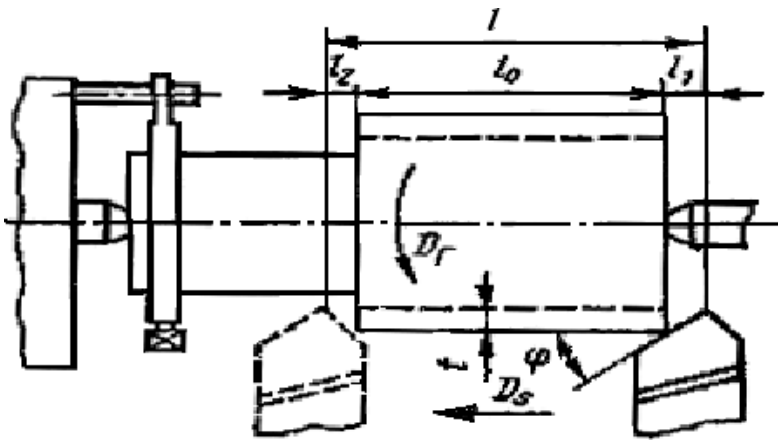


Рис. 1.2. Схема к расчёту T_o при обработке цилиндрической поверхности

1.3. Геометрические параметры режущего клина

Геометрические параметры клина режущего инструмента рассмотрим на примере токарного проходного резца (рис. 1.3). Резец состоит из двух частей: режущей *A* и крепежной *B*. Крепежная часть служит для закрепления резца в приспособлении. Режущая часть осуществляет резание и состоит из следующих элементов: *1* – передняя поверхность (по ней сходит стружка); *2* – главная задняя поверхность (обращена к поверхности резания заготовки); *3* – вспомогательная задняя поверхность (обращена к обработанной поверхности заготовки); *4* – главная режущая кромка; *5* – вспомогательная режущая кромка; *6* – вершина резца.

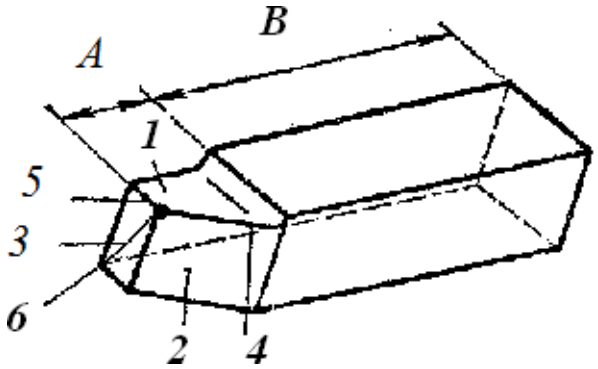


Рис. 1.3. Элементы токарного резца

Углы резца рассматриваются в сечении и в плане. Для определения углов в сечении через режущую кромку перпендикулярно главной режущей кромке проводят секущую плоскость. В сечении получаем режущий клин (рис. 1.4).

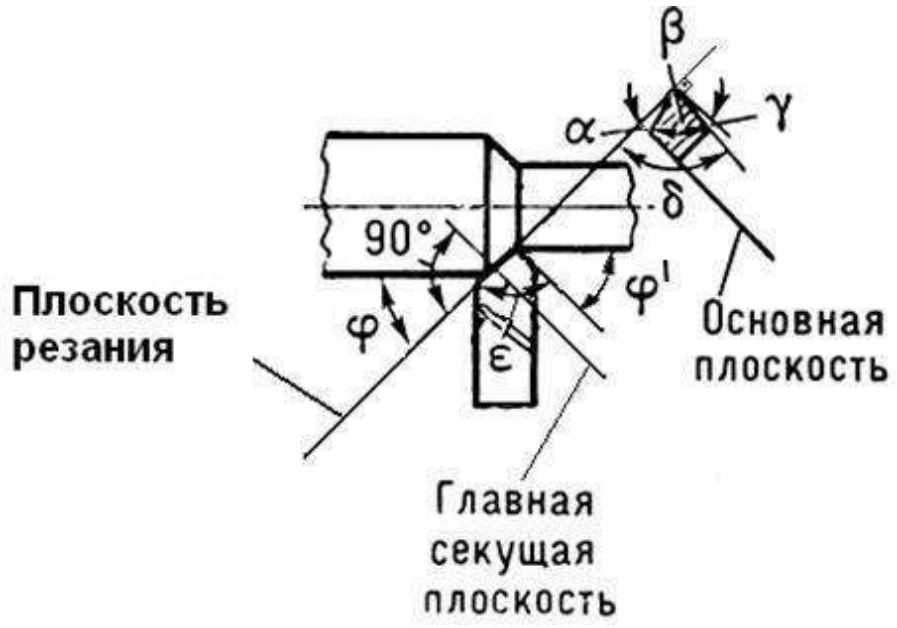


Рис. 1.4. Основные углы резца

Углы резца в сечении:

γ – главный передний угол; α – главный задний угол резца; β – угол заострения резца; δ – угол резания.

Углы в плане:

φ – главный угол в плане – между главной режущей кромкой и направлением движения подачи; φ' – вспомогательный угол в плане – между вспомогательной режущей кромкой и направлением движения подачи; ε – угол при вершине резца.

Передний угол γ оказывает большое влияние на процесс резания. С увеличением переднего угла уменьшается работа, затрачиваемая на процесс резания, улучшаются условия схода стружки и повышается качество обработанной поверхности. Вместе с тем, увеличение переднего угла приводит к снижению прочности режущего лезвия. Поэтому при обработке закаленных сталей, а также при прерывистом резании для увеличения прочности лезвия назначают отрицательные углы γ. В зависимости от механических свойств обрабатываемого и инструментального материала углы γ назначают от –10° до +20° (для обработки обычных конструкционных сталей $\gamma = 0 \div 10^{o}$).

Задний угол α служит для уменьшения трения между задней поверхностью лезвия и поверхностью резания заготовки. При обработке вязких материалов применяют резцы с большими углами α. При обработке твердых и хрупких материалов, а также при большом сечении срезаемого слоя выбирают меньшие углы. Для различных условий угол α назначают в пределах 6÷12°.

Главный угол в плане φ существенно влияет на стойкость режущего инструмента и на шероховатость обработанной поверхности (рис. 1.5). С уменьшением угла φ уменьшается шероховатость обработанной поверхности.

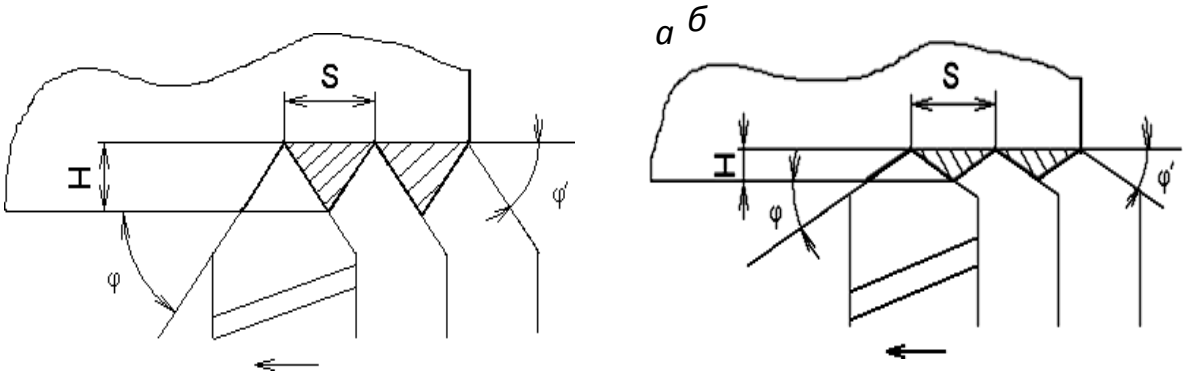


Рис. 1.5. Влияние углов φ и φ' на шероховатость обработанной поверхности:
а – больших; *б* – малых

Одновременно с уменьшением φ увеличивается длина активной части режущей кромки и уменьшается толщина срезаемого слоя, что приводит к снижению тепловой и силовой нагрузки на единицу длины режущей кромки, следовательно, к уменьшению износа инструмента. Однако при малых углах φ резко возрастает составляющая силы резания, перпендикулярная оси заготовки, что приводит к ее прогибу. Угол φ назначают в зависимости от вида обработки и типа резца в пределах 30÷90°. При обработке заготовок малой жёсткости угол φ берут близким или равным 90°.

Вспомогательный угол в плане φ' служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности об обработанную поверхность. С уменьшением угла φ' уменьшается шероховатость обработанной поверхности, увеличивается прочность вершины лезвия для проходных резцов, обрабатывающих жесткие заготовки, φ' = 5÷10°; при обработке заготовок малой жесткости φ' = 30÷45°.

Угол наклона главной режущей кромки λ определяет направление схода стружки: при λ = 0 стружка сходит в направлении главной секущей плоскости перпендикулярно главной режущей кромки (рис. 1.6, *в*). При положительном λ стружка сходит к обработанной поверхности, при отрицательном λ стружка сходит к обрабатываемой поверхности. Положительный угол λ служит также для упрочнения режущей кромки, так как в момент врезания ударная сила приходится не на вершину лезвия, а на более прочное место режущего лезвия.

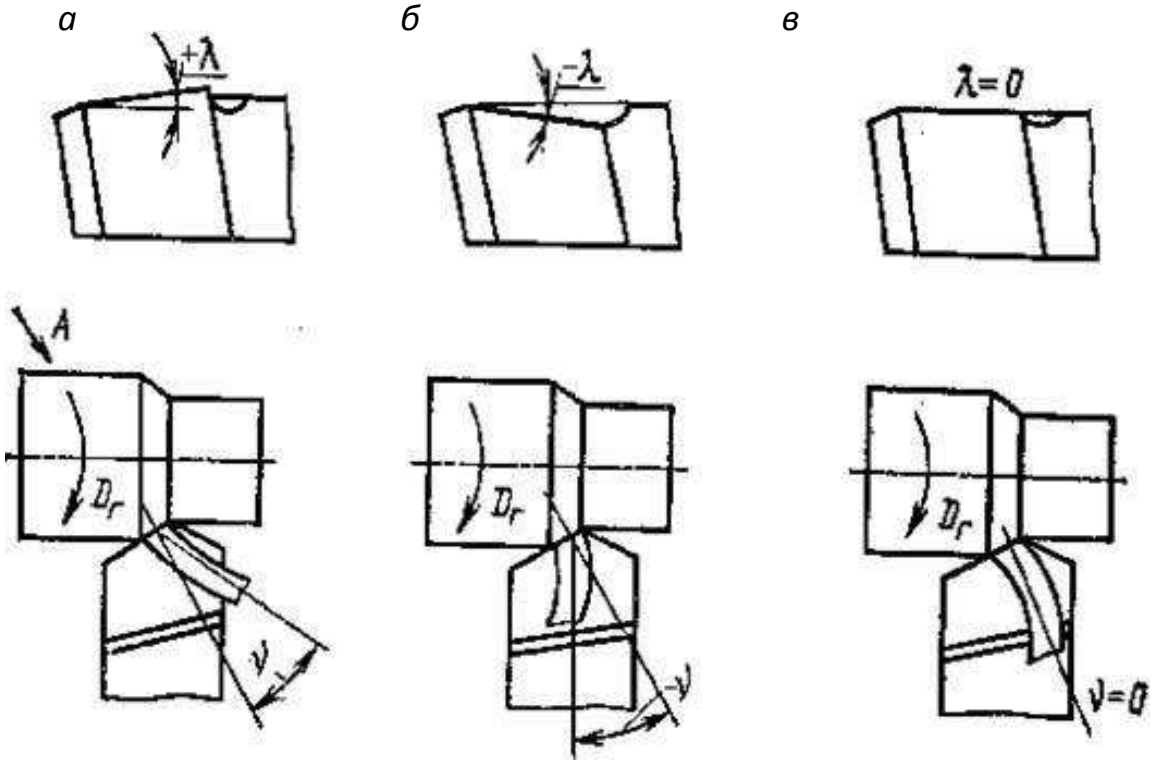


Рис. 1.6. Углы наклона главной режущей кромки:
а – $\lambda > 0$; *б* – $\lambda < 0$; *в* – $\lambda = 0$

1.4. Материалы для изготовления режущих инструментов. Требования, предъявляемые к инструментальным материалам

Режущие лезвия инструмента в процессе работы находятся под действием больших давлений, трения и высоких температур, что приводит к изнашиванию режущего инструмента.

Поэтому *инструментальные материалы должны обладать особыми физико-механическими свойствами и отвечать определенным требованиям,* связанным с условиями протекания процесса резания, технологическими особенностями каждого вида обработки, *свойствами и состоянием обрабатываемого материала, а именно:*

- высокими механическими свойствами (прочность на изгиб и твердость);
- высокой износостойкостью, заключающейся в способности инструментальных материалов сопротивляться разрушению при работе;

- высокой теплостойкостью – свойство инструментальных материалов сохранять свою твёрдость, а следовательно, и режущие свойства при нагреве;
- инструментальные материалы должны обладать определенной технологичностью, к которой относят: обрабатываемость резанием, свариваемость, шлифуемость, закаливаемость и т. д.;
- экономичностью, т. е. режущие инструменты не следует целиком изготавливать из дорогих и дефицитных материалов.

Краткая характеристика инструментальных материалов приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Инструментальные материалы

Инструмен-тальный материал	Химический состав	Марка материала	Твердость *HRC*	Теплостой-кость, °С	V_{max}, м /мин	Область применения
1	2	3	4	5	6	7
Инструментальные стали						
Углероди-стые	(0,7–1,3 %)С	У7, У13, У12А	60 – 62	200 – 250	5 – 15	Слесарный инструмент (нож. полотна метчики, плашки и т. д.)
Легированные стали						
Низколеги-рованные	С + Cr + +V+W+ + Si и т. д.	Х, В2Ф, 13Х	62 – 64	250 – 350	15 – 25	То же
Высоколеги-рованные		ХВГ, 9ХС, ХВСГ				Развертки, сверла, протяжки, метчики, плашки и т. д.)
Быстрорежу-щие	8,5 – 19 %W, 3,8 – 4,4 %Cr 2 – 10 % Co,V	Р9, Р12, Р6М5, Р9Ф5, Р18К5Ф2, Р9, Р18, Р6М5, Р9К5, Р18Ф2	62 – 64	До 650	80 – 100	Резцы, фрезы зенкеры (Р9, Р18, Р6М5)
						Для труднообраб. сталей (Р18К5Ф2, Р9К5)
						Для чистовой обраб. (Р9Ф5, Р14Ф4)
						Черновая обработка (Р9М4, Р6М3) Протяжки, долбяки, фрезы, сверла

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
Твердые сплавы						
Вольфрамовые (однокарбидные)	WC	ВК2, ВК3, ВК6, ВК8	*HRA* 74 – 86	800 – 900	До 800	Для обработки хрупких материалов, пластмасс, чугуна
Титановольфрамовые (двухкарбидные)	TiC + WC	Т5К10, Т14К8, Т15К6				Пластичные и вязкие материалы
Титанотанталовольфрамовые (трехкарбидные)	TiC + WC,	ТТ7К12, ТТ7К15, ТТ8К6				Для повышенной износостойкости сложного инструмента
Минералокерамика						
Оксидная керамика		ЦМ – 332, ВО – 13	*HRA* 91 – 93	1200	1500	Для чистовых операций (сталь, чугун), для труднообрабатываемых сталей
Абразивы						
Электрокорунды	Al_2O_3 + + SiC + CrO	15А, 53С	–	1800 – 2000	15 – 100 м /с	Шлиф. круги, бруски и т. д. Окончательная обработка
Природные алмазы и синтетические сверхтвердые материалы						
Алмазы и кубический нитрид бора	С	А, АСО, АСБ, АСВ, КНБ	–	1150	> 100 м /с	Резцы, сверла – тонкое точение – алюминий, бронза, латунь, пластмасса

1.5. Физические основы резания

1.5.1. Стружкообразование при резании

Резание является сложным физическим процессом, при котором возникают упругие и пластические деформации. Процесс сопровождается трением, тепловыделением, наростообразованием, усадкой стружки, наклепом обработанной поверхности и изнашиванием инструмента. Знание физической сущности резания и закономерности явлений, которыми он сопровождается, позволяет рационально управлять этим процессом и качеством обработанной поверхности.

В начальный момент, когда движущийся резец под действием силы *P* соприкасается с металлом (рис. 1.7, *а*), в материале возникают упругие деформации. При дальнейшем движении резец своей кромкой вдавливается в металл, вызывая его пластическое деформирование (рис. 1.7, *б*).

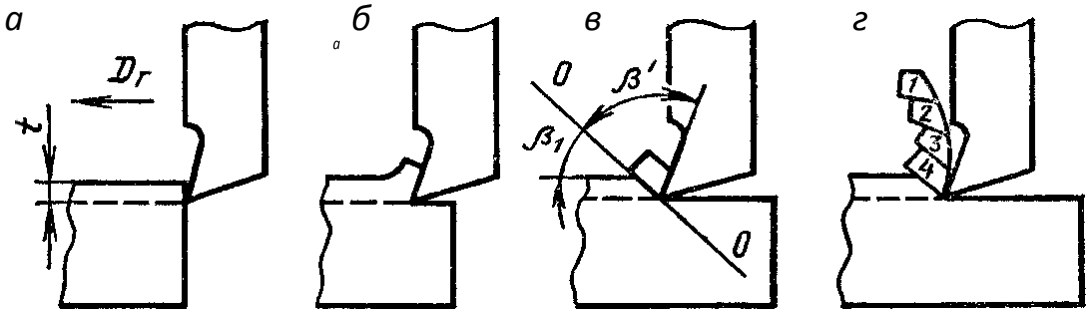


Рис. 1.7. Последовательность образования элементов стружки

По мере перемещения резца объем пластически деформированного металла возрастает, и внутренние напряжения достигают значений, превышающих временное сопротивление металла. В этот момент весь пластически деформированный металл под действием сил сдвигается резцом в виде окончательно сформированного элемента стружки (рис. 1.7, *в*). Далее процесс повторяется.

Срезаемый слой подвергается дополнительному деформированию вследствие трения стружки о переднюю поверхность инструмента. Окончательная структура формируется в виде вытянутых зерен (рис. 1.8).

Характер деформирования зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, геометрических параметров инструмента, режимов резания и условий обработки. По действующей

классификации профессора И. А. Тиме при обработке различных материалов могут образовываться следующие виды стружек: *сливная, скалывания и надлома.* Вид стружки в основном определяется физико-механическими свойствами обрабатываемого материала, режимом резания и геометрическими параметрами инструмента.

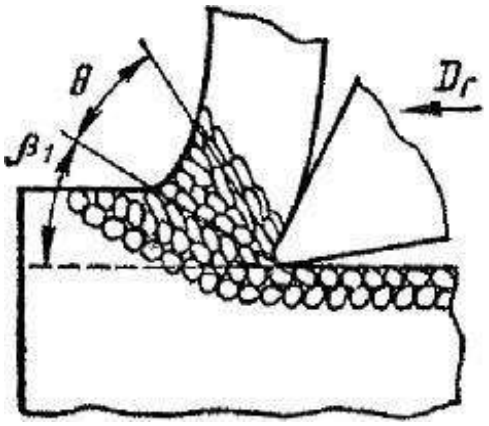


Рис. 1.8. Схема пластически деформированной зоны при резании

Сливная стружка (рис. 1.9, *а*) представляет собой сплошную ленту с гладкой блестящей наружной (прирезцовой) стороной. Внутренняя сторона стружки матовая со слабо выраженными пилообразными зазубринами. Она образуется при резании пластических материалов с большими скоростями резания, с малой толщиной срезаемого слоя и с большими передними углами инструмента.

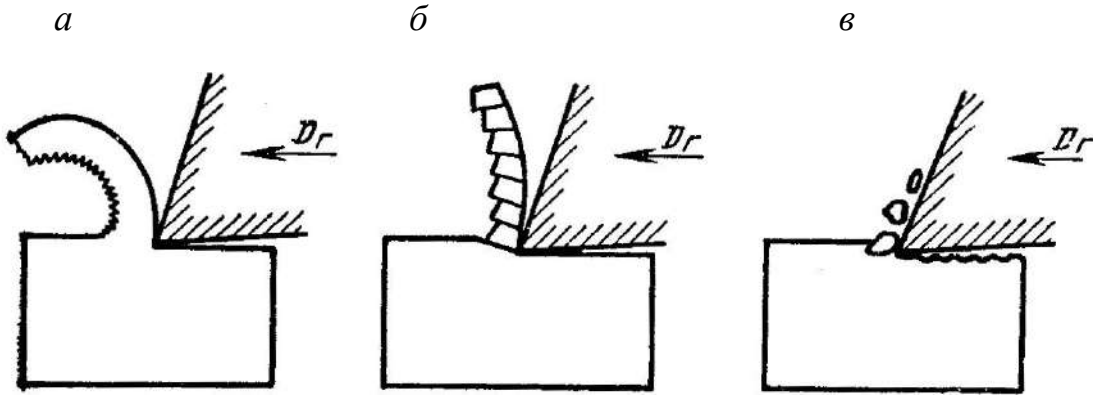


Рис. 1.9. Типы стружек:
а – сливная; *б* – скалывания; *в* – надлома

Стружка скалывания (рис. 1.9, *б*) с наружной стороны гладкая, а на внутренней имеет ярко выраженные зазубрины – отдельные элементы, соединенные между собой в ленту. Такая стружка характерна для обработки материалов средней твердости, при малых скоростях резания, с большой толщиной срезаемого слоя и небольшими передними углами.

Стружка надлома (рис. 1.9, *в*) образуется при обработке хрупких материалов. Под действием силы, приложенной к инструменту, происходит надлом и разрушение материала. Образуются мелкие разнообразных форм и размеров кусочки, не связанные или слабо связанные между собой. Обработанная поверхность при образовании такой стружки получается шероховатой с зазубринами и вырывами.

Изменяя условия и режим резания, можно получить различные виды стружки. По мере увеличения скорости резания большинства углеродистых и легированных конструкционных сталей стружка скалывания превращается в сливную. Повышение скорости резания при обработке хрупких материалов также приводит к упрочнению связей между отдельными элементами. Однако это сцепление легко нарушается и стружка, имеющая вид сливной, рассыпается на отдельные кусочки.

Образующаяся при обработке большинства сталей сливная стружка сходит в виде длинных полос или спирали. Она наматывается на механизмы станка, на инструмент и обрабатываемую заготовку, может травмировать рабочего, повредить обработанную поверхность. Кроме того, такая стружка загромождает цех, так как занимает большой объем. Оптимальной стружкой в массовом производстве считают спираль в виде отрезков длиной 30 – 80 мм, диаметром до 15 мм. Разработан ряд способов дробления стружки: регулирование режимов резания и геометрических параметров режущего инструмента; искусственное дробление с помощью различных приспособлений.

1.5.2. Усадка стружки

В результате пластического деформирования обрабатываемого материала в зоне резания длина стружки L_c (рис. 1.10) получается меньше длины срезаемого слоя L. Изменение размеров срезаемого слоя называется *усадкой стружки:* $k = L / L_c$.

Усадка стружки характеризуется k_l – *коэффициентом усадки стружки*. Коэффициент усадки стружки является обратной величиной усадки:

$$k_l = L_c / L = \frac{1}{k}.$$

В тех случаях, когда длину стружки измерить трудно, k_l определяют по соотношению площадей сечений стружки и срезаемого слоя.

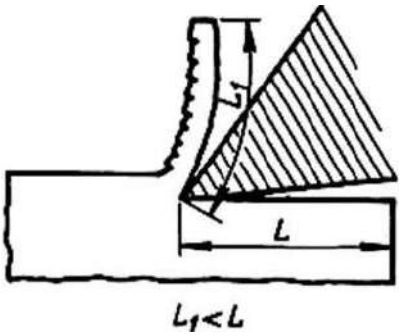


Рис. 1.10. Усадка стружки

Усадка стружки является внешним выражением пластического деформирования и характеризует условия протекания резания: чем меньше усадка стружки, тем меньше пластическая деформация, более благоприятные условия для стружкообразования и меньше расход мощности на обработку данной заготовки.

На усадку стружки основное влияние оказывают механические свойства обрабатываемого материала, передний угол инструмента γ, толщина срезаемого слоя (подача), скорость резания и применяемая смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ).

При резании пластичных материалов усадка стружки больше, чем при резании хрупких материалов. Например, при резании чугуна $k = 1{,}5 \div 2{,}5$, а при резании стали $k = 2 \div 6$.

С уменьшением угла γ усадка стружки увеличивается. Чем больше γ, тем меньше деформируется срезаемый слой. Уменьшение усадки с увеличением скорости резания объясняется снижением коэффициента трения между стружкой и передней поверхностью резца. Увеличение толщины срезаемого слоя (подачи) ведет к уменьшению усадки стружки. Чем тоньше срезаемый слой, тем больше его деформация и больше k_l.

Применение СОЖ снижает коэффициент трения, уменьшает коэффициент усадки стружки. Эффект от влияния СОЖ увеличивается с уменьшением срезаемого слоя.

1.5.3. Силы резания при точении

В процессе резания, в результате сопротивления деформированию, возникает сила сопротивления резанию P. Для практических целей обычно рассматривается не сама сила P, а ее составляющие P_x, P_y, P_z (рис. 1.11).

Главная (касательная) составляющая силы резания P_z совпадает по направлению со скоростью резания в вершине лезвия. С учетом силы

P_z рассчитывают на прочность детали и узлы коробки скоростей станка, определяют потребляемую мощность.

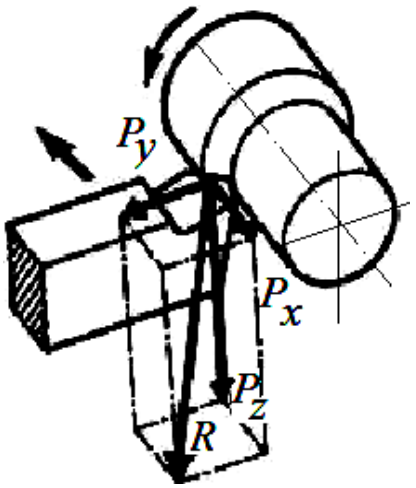


Рис. 1.11. Разложение силы резания на составляющие

Радиальная составляющая силы резания P_y направлена по радиусу (перпендикулярно оси заготовки). Эта составляющая определяет силу отжима резца и прогиб заготовки, влияющие на точность обработки. По силе P_y рассчитывают на прочность механизм поперечной подачи.

Осевая составляющая силы резания P_x действует вдоль оси главного вращательного движения резания. По этой силе рассчитывают механизм продольной подачи станка и изгибающий момент, действующий на тело резца.

Силу P_z называют главной составляющей силы резания и на практике мощность, расходуемая на резание, рассчитывается по силе P_z

$$N_e = P_z \cdot V,$$

где V – скорость резания, м/мин.

С учетом коэффициента полезного действия станка η можно подсчитать необходимую мощность электродвигателя:

$$N_{э.д.} = N_e / \eta,$$

где η = 0,75 – 0,80.

Так как влияние различных факторов на силы резания весьма сложно, для определения сил резания приняты упрощенные эмпирические формулы

$$P_z = C_p t^x S^y V^z k_p,$$

где *x, y, z* – показатели степеней, учитывающие влияние элементов режима резания (*t, S, V*) на величину силы резания; C_p – коэффициенты, учитывающие физико-механические свойства обрабатываемого мате-

риала; $k_р$ – обобщенные поправочные коэффициенты, численно равные произведению коэффициентов, учитывающие условия обработки.

1.5.4. Наклеп при резании

В процессе резания инструмент получает скругление режущей кромки, в стружку переходит часть срезаемого металла, равная $a_ф$ (рис. 1.12). Слой металла, равный (a_t – $a_ф$) и соизмеримый с радиусом режущего клина ρ, упругопластически деформируется и проходит под резцом. После прохождения клина резца относительно обработанной поверхности происходит упругое восстановление поверхностного деформированного слоя на величину $h_у$ – упругое восстановление.

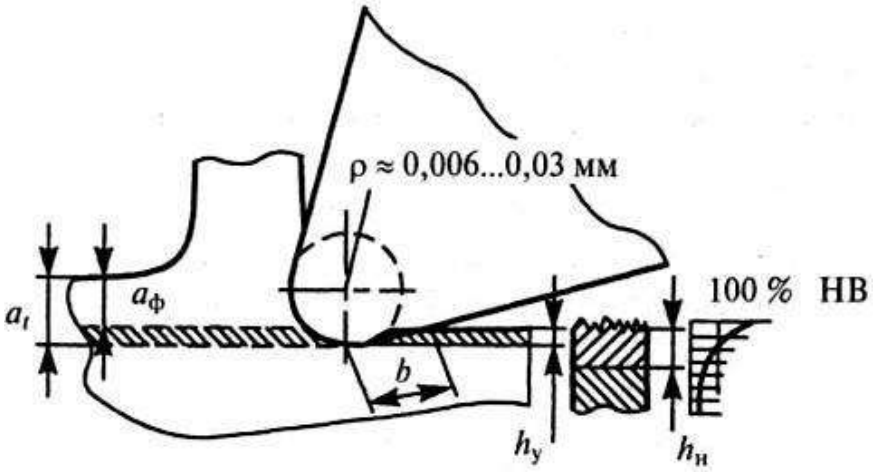


Рис. 1.12. Образование наклепа

В результате сил трения и сил давления, возникающих между задней поверхность резца и обработанной поверхностью, происходит дополнительная упругопластическая деформация поверхностного слоя, сопровождающаяся изменением физических свойств материала (временное сопротивление $σ_в$, предел текучести $σ_т$, твердость *HB*).

Совокупность изменения указанных свойств материала называют **наклепом.** Наклеп характеризуется глубиной $h_н$ и степенью наклепа

$$i_н = HV_{пов} / HV_{исх},$$

где $HV_{пов}$ и $HV_{исх}$ – микротвердость поверхностного и исходного материала.

Глубина и степень наклепа зависят от физико-механических свойств обрабатываемого материала, геометрических параметров инструмента, радиуса кривизны вершины лезвия, режима резания.

Глубина $h_н$ составляет несколько миллиметров при черновой обработке и тысячные доли миллиметров – при чистовой.

Чем мягче и пластичнее обрабатываемый материал, тем больше наклеп. Глубина наклепанного слоя возрастает с увеличением сечения срезаемого слоя, радиуса режущего клина ρ и уменьшением переднего угла γ. Увеличение скорости резания также снижает глубину наклепа $h_н$.

Упрочнение обработанной поверхности полезно при чистовой обработке. Однако повышение твердости поверхностного слоя в результате черновой обработки затрудняет чистовую обработку, так как повышается износ инструмента и увеличивается шероховатость поверхности. Уменьшить глубину и степень наклепа можно применением СОЖ, увеличением скорости резания и термообработкой.

1.5.5. Наростообразование

При некоторых условиях резания под влиянием высоких давлений и температур (> 200 °С) частицы обрабатываемого материала задерживаются на передней поверхности режущего клина, прочно сцепляются с ней, образуя **нарост**. Вследствие значительных деформаций частиц, присоединившихся к передней поверхности клина, твердость нароста в 2 – 3 раза больше твердости обрабатываемого материала и нарост сам начинает резать обрабатываемый материал.

При наличии нароста изменяется форма передней поверхности резца, увеличивается передний угол γ (рис. 1.13). Это облегчает стружкообразование, уменьшает нагрев режущего лезвия, защищает его от износа.

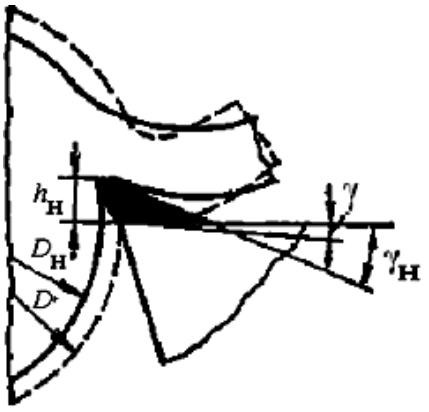


Рис.1.13. Схема наростообразования и влияние нароста на размер детали (γ, $\gamma_н$ – передние углы соответственно без нароста и с нарастом; D и $D_н$ – соответственно диаметры детали)

Образование нароста явление нестабильное. В процессе обработки нарост, постепенно формируясь, достигает максимального значения. Затем за счет сил трения он может быть унесен со стружкой или вдавлен в обработанную поверхность. Нестабильность нароста

приводит к существенному увеличению шероховатости обработанной поверхности и изменяет её размер.

Нарост является положительным явлением при черновой обработке и отрицательным – при чистовой.

Наростообразование зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режима резания, геометрических параметров инструмента, применения СОЖ. Наиболее интенсивно нарост образуется при обработке пластичных материалов. Зависимость высоты нароста $h_н$ от скорости резания Vдана на рис. 1.14. С увеличением подачи размеры нароста увеличиваются.

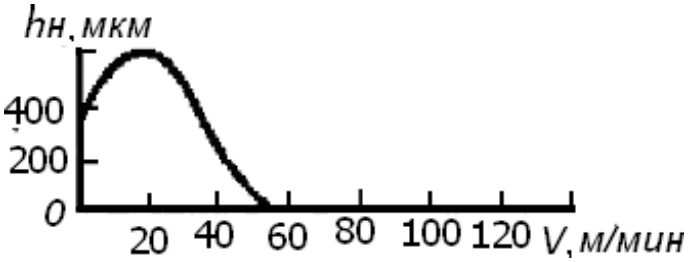


Рис. 1.14. Зависимость величины нароста от скорости резания для стали 40Х

Глубина резания существенного влияния на размеры нароста не оказывает. С уменьшением переднего угла γувеличивается зона деформированного материала и, следовательно, увеличивается нарост. Применение СОЖ уменьшает нарост.

1.5.6. Тепловые явления при резании

Теплота – один из основных факторов, влияющих на резание. Теплообразование оказывает двойное воздействие на процесс резания.

С одной стороны, интенсивное тепловыделение облегчает деформирование материала срезаемого слоя. С другой стороны, тепловое воздействие на режущее лезвие инструмента приводит к снижению твердости.

Кроме того, с повышением температуры инструмента увеличиваются его размеры, что вызывает снижение точности обработки.

Почти вся механическая энергия, затрачиваемая на деформирование, разрушение и трение, переходит в тепловую. Поэтому количество Q выделяющейся теплоты в единицу времени (Дж/с) можно подсчитать по формуле

$$Q = P_z \cdot V,$$

где P_z – сила резания, Н; V – скорость резания, м/мин.

Уравнение теплового баланса можно представить следующим образом:

$$Q_д + Q_{т.п.} + Q_{т.з.} = Q_{стр.} + Q_з + Q_и + Q_{окр},$$

где $Q_д$ – количество теплоты, выделяющееся при пластическом деформировании обрабатываемого материала; $Q_{т.п.}$ – количество теплоты, выделяющееся при трении стружки о переднюю поверхность инструмента; $Q_{т.з}$ – количество теплоты, выделяющееся при трении задней поверхности лезвия о заготовку; $Q_{стр}$ – количество теплоты, уходящей в стружку; $Q_з$ – количество теплоты, уходящей в заготовку; $Q_и$ – количество теплоты, уходящей в инструмент; $Q_{окр.}$ – количество теплоты, передаваемое окружающей среде.

Источниками теплоты при резании являются: пластическое деформирование в зоне стружкообразования $Q_з$, трение стружки о переднюю поверхность инструмента $Q_{т.п.}$ и трение поверхности резания о заднюю поверхность лезвия инструмента $Q_{т.з.}$ (рис. 1.15).

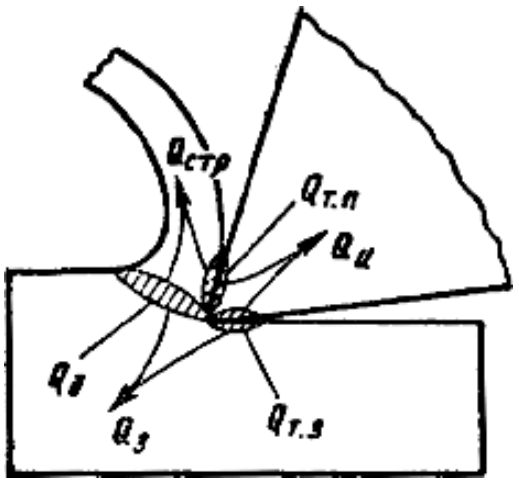


Рис.1.15. Источники образования и распределение теплоты при резании

Количественное выражение составляющих уравнения теплового баланса зависит от вида операции, физико-механических свойств материала заготовки и инструмента, режима резания и геометрических параметров инструмента, условий обработки.

Например, при точении конструкционных материалов наибольшее количество теплоты уходит в стружку, а при сверлении – в обрабатываемую заготовку. При обработке сталей со скоростями резания до 50 м/мин количество теплоты, выделяющееся при пластическом деформировании $Q_д = 0{,}75Q$, при $V = 200$ м/мин – $Q_д = 0{,}25Q$, следовательно, при скоростном резании основным источником теплоты является трение.

С уменьшением переднего угла γ увеличивается сила резания и, следовательно, температура резания. С уменьшением угла в плане φ

удлиняется активная часть режущей кромки, увеличивается угол при вершине **ε** – за счет этого улучшается теплоотвод.

1.5.7. Изнашивание и стойкость инструмента

Одной из основных характеристик работоспособности режущего инструмента является его способность сопротивляться изнашиванию. При изнашивании имеют место абразивный, адгезионный, диффузионный и окислительный процессы (рис. 1.16).

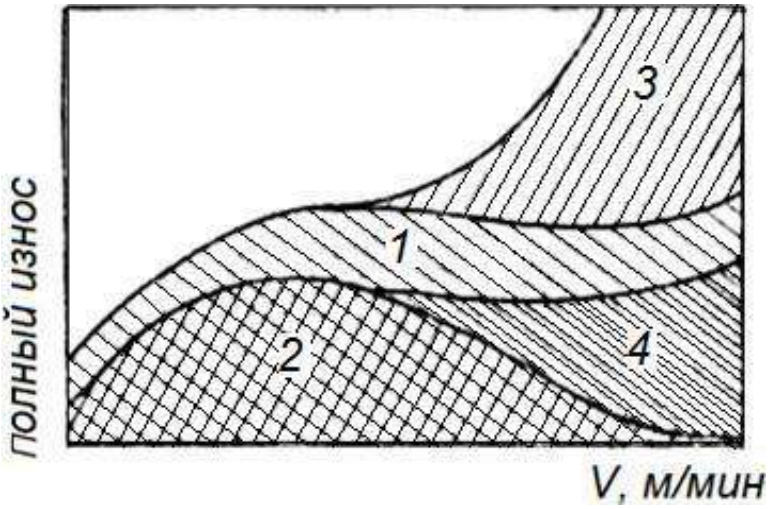


Рис. 1.16.Основные причины износа режущего клина их влияние на износ в зависимости от скорости резания

Абразивное изнашивание (1) – результат царапания и истирания отдельных участков поверхностей инструмента твердыми включениями, находящимися в обрабатываемом материале.

Адгезионное изнашивание (2) происходит в результате действия сил молекулярного сцепления – адгезии, выражающейся в схватывании поверхностных слоев режущего инструмента с обрабатываемым материалом.

Диффузионное изнашивание (3) происходит в результате растворения инструментального материала в обрабатываемом. Взаимному диффузионному растворению способствует высокая температура, большие пластические деформации и схватывание в контакте. При этом происходит диффузия не молекул химического соединения, а отдельных элементов этого соединения, например, углерода, кобальта, титана, вольфрама, входящих в состав инструментального материала. Наиболее подвержены диффузионному изнашиванию твердые сплавы, работающие при высоких скоростях резания, когда температура контактных слоев более 900 – 950 °С.

Окислительное изнашивание (4) происходит в связи с коррозией металлов в условиях активного охлаждения зоны резания и газонасыщения; происходит разрушение поверхностного слоя путем образования оксидов и растравливания зерен в сочетании с царапанием и истиранием.

При обработке резанием в условиях сухого и полусухого трения преобладающим является *абразивное* изнашивание. В результате изнашивания на передней поверхности появляется лунка длиной $l_л$ и глубиной $\delta_л$, а на задней поверхности – площадка высотой $h_з$ (рис. 1.17). В зависимости от условий обработки и свойств обрабатываемого материала может преобладать износ по той или иной поверхности.

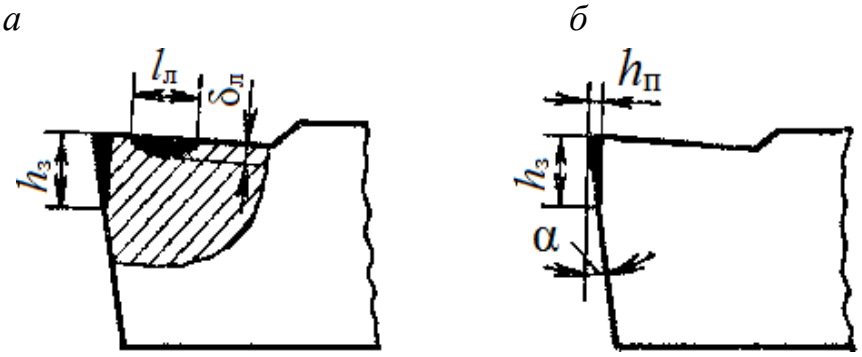


Рис. 1.17. Виды износа инструмента:
а – общий (по задней и передней поверхностям); *б* – по задней поверхности

Износ по задней поверхности преобладает при обработке твердых хрупких материалов, а также и пластичных материалов с малой глубиной резания ($t \leq 0{,}1$) и низких скоростях.

Износ по передней поверхности $h_п$ преобладает при обработке пластичных материалов с глубиной резания более 0,5 мм и высоких скоростях резания без охлаждения. По мере изнашивания резца длина лунки $l_л$ увеличивается, ширина перемычки уменьшается. Для восстановления геометрической формы инструмент затачивается.

Время резания новым или вновь заточенным инструментом от начала резания до отказа (затупления) называется ***периодом стойкости*** инструмента.

Критерий отказа инструмента определяется в зависимости от требований к обработке при выполнении конкретной технологической операции. Например, при предварительной обработке с невысокими требованиями к шероховатости поверхности и точности размеров, за критерий отказа могут быть приняты значения износа инструмента по задней поверхности лезвия (высота площадки износа по

задней поверхности $h_з$). На рис. 1.18 показана зависимость $h_з$ от продолжительности работы инструмента. Кривую изнашивания можно разделить на три периода: ***I*** – период приработки, в который происходит истирание выступающих частиц поверхности инструмента; ***II*** – период нормального изнашивания; ***III*** – период катастрофического изнашивания. Величину $h_з$, соответствующую точке перегиба на кривой износа, называют *оптимальным износом.*

При чистовой обработке установлен так называемый *технологический критерий затупления*. Инструмент считается изношенным, когда шероховатость обработанной поверхности и точность ее размеров перестают отвечать заданным техническим условиям.

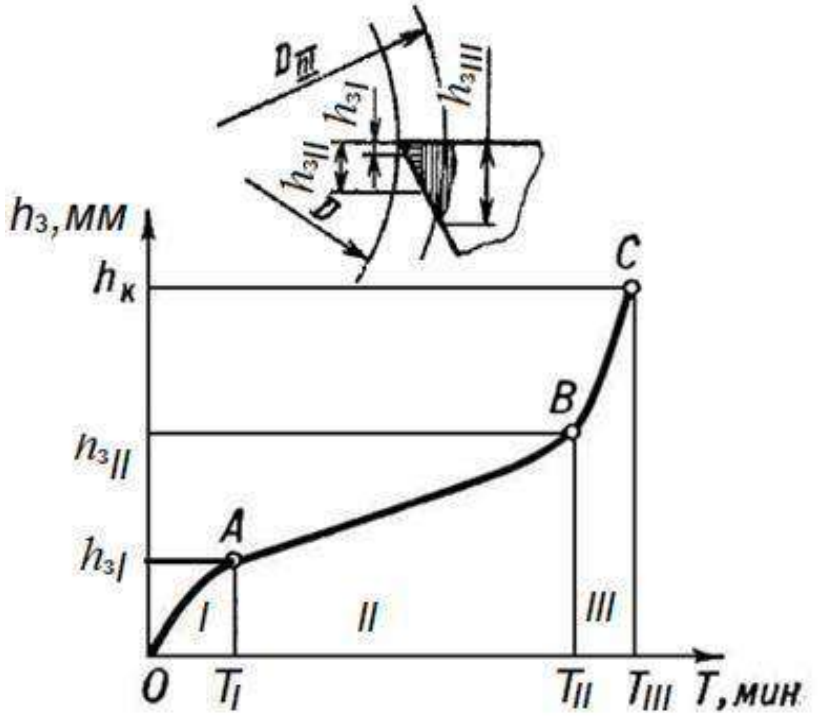


Рис. 1.18. Характер изнашивания задней поверхности режущего инструмента:
OA – период приработки; *AB* – период рабочего изнашивания;
BC – период катастрофического изнашивания

Наибольшее влияние на интенсивность изнашивания оказывает скорость резания. Чем выше скорость резания, тем быстрее начинается катастрофическое изнашивание (см. рис. 1.18), что вызвано возрастанием температуры в зоне резания. Чем выше скорость резания, тем меньше стойкость инструмента из инструментальных сталей.

Стойкость инструмента T – время его работы между переточками при определенном режиме резания (т. е. время до достижения износом критерия затупления).

Стойкость инструмента зависит от материалов инструмента и заготовки, а также параметров режима резания. Наибольшее влияние на стойкость инструмента оказывает скорость резания, при этом для твердосплавного инструмента эта зависимость имеет более сложный характер (рис. 1.19), что объясняется преобладанием разных видов износа на разных скоростях резания. Зоной рационального использования твердого сплава является участок, расположенный вправо от максимальной стойкости.

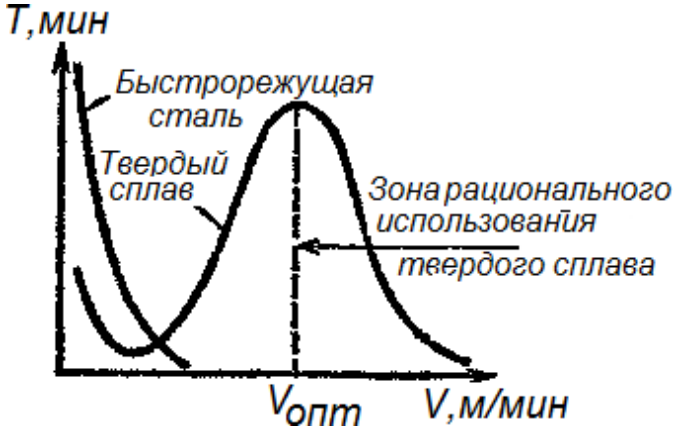


Рис. 1.19. Зависимость стойкости резца от скорости резания *V*

1.5.8. Охлаждение и смазывание при резании

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) при обработке резанием значительно уменьшают изнашивание режущего инструмента и силы резания, улучшают качество обработанной поверхности, повышают эксплуатационные характеристики деталей.

Применение СОТС является одним из основных способов улучшения резания труднообрабатываемых материалов. СОТС всех видов должны отвечать следующим требованиям: не вызывать коррозию материала заготовки и оборудования; не оказывать вредного физиологического влияния на рабочего (раздражение кожи и слизистых оболочек, запах); быть устойчивыми при эксплуатации и хранении; не воспламеняться при температурах, сопровождающих процесс резания.

В зависимости от технологического метода обработки, физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов, режима резания **применяют различные смазочно-охлаждающие средства:** ***твердые, жидкие, пластичные и газообразные.***

К твердым смазочно-охлаждающим средствам относятся: неорганические материалы со сложной структурой (тальк слюда, графит, бура, нитрид бора, дисульфиды молибдена вольфрама и титана, сульфат серебра и др.); *твердые органические соединения* (мыло,

воск, твердые жиры); *полимерные пленки и ткани* (нейлон, полиамид, полиэтилен и др.); *металлические пленочные покрытия* (медь, латунь, свинец, олово, барий, цинк); *лед и перешедшие при низких температурах в твердое состояние жидкости и газы.*

К смазочно-охлаждающим жидкостям (СОЖ) относятся: водные растворы минеральных электролитов, эмульсии; минеральные, животные и растительные масла; минеральные масла с добавками фосфора, серы и хлора (сульфофрезолы); керосин и растворы поверхностно-активных веществ в керосине; масла и эмульсии с добавками твердых смазывающих веществ; расплавы металла и др.

К пластичным смазочным веществам **относятся:** густые мазеобразные продукты, занимающие по консистенции промежуточное положение между твердыми и жидкими смазочными веществами. Их получают загущением минеральных и синтетических масел. Применяют в основном четыре вида загустителей: мыльные, углеводородные, неорганические и органические.

К газообразным смазочным веществам **относятся:** воздух, азот, двуокись углерода, кислород, пары поверхностно-активных веществ, распыленные жидкости.

Выбор СОТС определяется физико-механическими свойствами обрабатываемого и инструментального материалов и технологического метода обработки. Для каждого конкретного случая подбирают определенное, наиболее эффективное, СОТС.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дайте определение элементам режима резания.
2. Назовите основные элементы лезвия токарного резца и дайте им определение.
3. Дайте определение углам γ, α, β, δ, φ, φ', λ и укажите назначение каждого из них.
4. Как изменяются углы резца в зависимости от положения его вершины относительно оси вращения обрабатываемой заготовки?
5. Перечислите требования, предъявляемые к инструментальным материалам.
6. Перечислите основные группы материалов, применяемых для изготовления режущего инструмента.
7. Сравните теплостойкость быстрорежущих сталей и твердых сплавов.
8. При каких режимах резания целесообразно использовать режущий инструмент из керамического материала?

9. Назовите область применения инструментов из сверхтвердых материалов.
10. Назовите основные виды стружки.
11. Какие силы действуют на лезвие инструмента со стороны обрабатываемого материала?
12. Что называют наклепом обработанной поверхности?
13. Какое влияние оказывает нарост на процесс резания и качество обработанной поверхности?
14. Перечислите источники теплоты при резании.
15. Какое влияние оказывает теплообразование на процесс резания?
16. Какие процессы изнашивания инструмента имеют место при резании?
17. Какие факторы влияют на стойкость инструмента?
18. Каково назначение СОТС?

2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

В основу классификации металлорежущих станков (М. с.) положен технологический принцип.

В зависимости от характера выполняемых работ и применяемого режущего инструмента ***в нашей стране была принята единая система классификации и условного обозначения М. с.*** (табл. 2.1), разработанная в ЭНИМС.

Все М. с. делятся на группы, которые, в свою очередь, разбиваются на типы.

По этой классификации каждому М. с. серийного производства присваивается шифр (индекс), который образуется, как правило, числом из 3 или 4 цифр; *первая цифра* указывает группу, *вторая* – тип, третья и *четвёртая* характеризуют основные размеры рабочего пространства М. с. или обрабатываемого на нём изделия.

Например, шифр 2150 обозначает вертикально-сверлильный станок с максимальным диаметром сверления 50 мм.

После модернизации М. с. в его шифр за первой цифрой добавляется какая-либо буква.

Например, шифр 1К62 обозначает модернизированный токарно-винторезный станок с высотой центров 200 мм. *Модификация* (видоизменение) *базовой модели обозначается введением какой-либо буквы в конце шифра.* Например, 6Н12К обозначает модификацию модернизированного консольного вертикально-фрезерного станка (см. табл. 2.1). Буква, стоящая в конце шифра, может означать точность станка.

По точности различают 5 классов М. с.: Н – нормальной точности (например, большинство универсальных М. с.), П – повышенной точности (на базе Н), В – высокой точности, А – особо высокой точности (прецизионные), С – особо точные, или мастер-станки.

По универсальности и специализации станки делятся *на универсальные, специализированные и специальные.*

Универсальные станки предназначены для изготовления широкой номенклатуры деталей малыми партиями, их используют в единичном и мелкосерийном производствах.

Специализированные станки используют для изготовления больших партий деталей одного типа (зубчатые колеса, коленчатые валы, кольца подшипников и т. п.)

Специальные станки применяют для обработки одной или нескольких мало различающихся заготовок в условиях крупносерийного и массового производства. Эти станки обеспечивают наивысшую производительность и имеют высокий уровень автоматизации.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Поясните принципы классификации и обозначения станков.
2. Какие движения в станках называют формообразующими?
3. Какое движение называют главным движением резания?
4. В чем преимущество геометрического ряда частот вращения?
5. Каким образом увеличить крутящий момент на шпинделе?

К Л А С С И Ф И К А Ц И Я

<table>
<tr><td rowspan="2">Группа</td><td rowspan="2">Наименование группы станков</td><td colspan="4">Т и п ы</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">Токарные</td><td colspan="2">Автоматы и полуавтоматы</td><td rowspan="2">Револьверные</td><td rowspan="2">Токарно-револьверные полуавтоматы</td></tr>
<tr><td>одношпиндельные</td><td>многошпиндельные</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">Сверлильные и расточные</td><td rowspan="2">Вертикально-сверлильные</td><td colspan="2">Полуавтоматы</td><td rowspan="2">Координатно-расточные</td></tr>
<tr><td>одношпиндельные</td><td>многошпиндельные</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Шлифовальные и доводочные</td><td>Круглошлифовальные</td><td>Внутришлифовальные</td><td>Обдирочно-шлифовальные</td><td>Специализированные шлифовальные</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Электрофизические и электрохимические</td><td>–</td><td>Светолучевые</td><td>–</td><td>Электрохимические</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Зубо- и резьбообрабатывающие</td><td>Зубострогальные для цилиндрических колёс</td><td>Зуборезные для конических колёс</td><td>Для цилиндрических колёс и шлицевых валов</td><td>Для червячных колёс</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Фрезерные</td><td>Вертикально-фрезерные консольные</td><td>Фрезерные непрерывного действия</td><td>–</td><td>Копировальные и гравировальные</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7</td><td rowspan="2">Строгальные, долбёжные и протяжные</td><td colspan="2">Продольные</td><td rowspan="2">Поперечно-строгальные</td><td rowspan="2">Долбёжные</td></tr>
<tr><td>одностоечные</td><td>двухстоечные</td></tr>
<tr><td rowspan="2">8</td><td rowspan="2">Разрезные</td><td colspan="3">Отрезные работающие</td><td rowspan="2">правильно-отрезные</td></tr>
<tr><td>токарным резцом</td><td>абразивным кругом</td><td>гладким или насеченным диском</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Разные</td><td>Муфто- и трубообрабатывающие</td><td>Пилонасекательные</td><td>Правильно- и бесцентрово-обдирочные</td><td></td></tr>
</table>

Таблица 2.1

С Т А Н К О В

с т а н к о в					Группа
7	8	9	10	11	12
Карусельные	Токарно-винторезные и лобовые	Многорезцовые	Специализированные для фасонных изделий	Разные токарные	1
Радиально-сверлильные	Расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные	2
Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные и полировальные	Разные станки, работающие абразивом	3
–	–	электроэрозионные, ультразвуковые, прошивочные	–	–	4
Для обработки торцов зубьев колёс	Резьбофрезерные	Зубоотделочные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие	5
Вертикальные бесконсольные	Продольные	Широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные	6
Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания		–	Разные строгальные	7
	внутреннего	наружного			
Ленточнопильные	Пилы отрезные		–	–	8
	дисковые	ножовочные			
Для испытания инструмента	Делительные машины	Балансировочные	–	–	9

3. ОБРАБОТКА НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

3.1. Типы токарных резцов и их назначение

Большое количество различных видов работ, выполняемых на токарных станках, обуславливает многообразие конструкций резцов.

По назначению токарные резцы разделяются на проходные, расточные, подрезные, отрезные, фасонные, резьбовые и канавочные.

Различают следующие виды точения:

- *Обтачивание* – обработка наружных поверхностей (рис. 3.1 – 3.4);

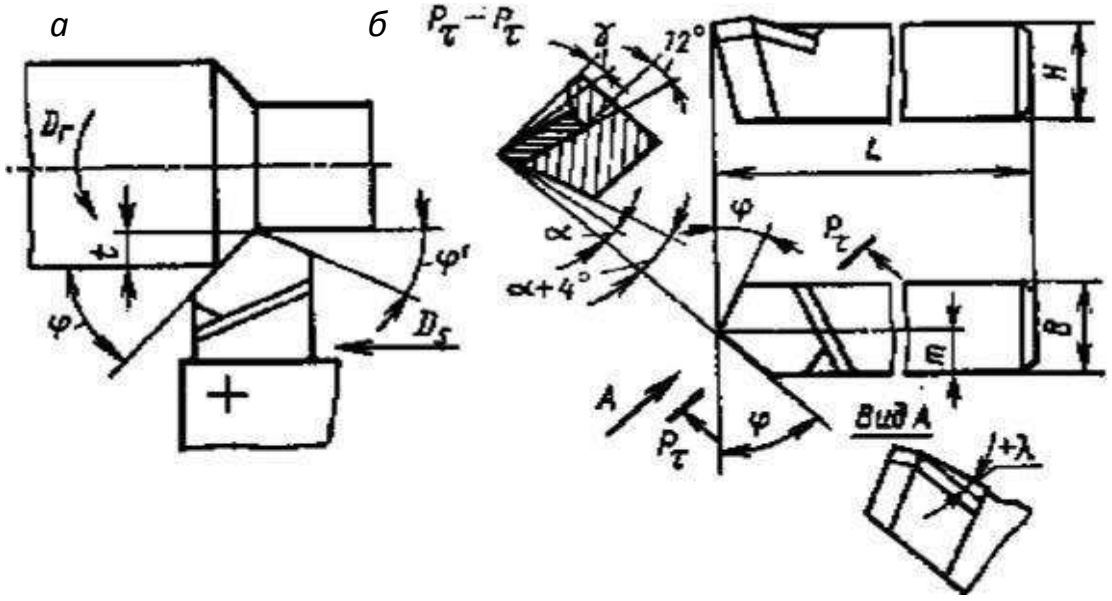


Рис. 3.1. Наружное точение прямым проходным резцом:
а – схема точения; *б* – прямой проходной резец, его геометрические параметры

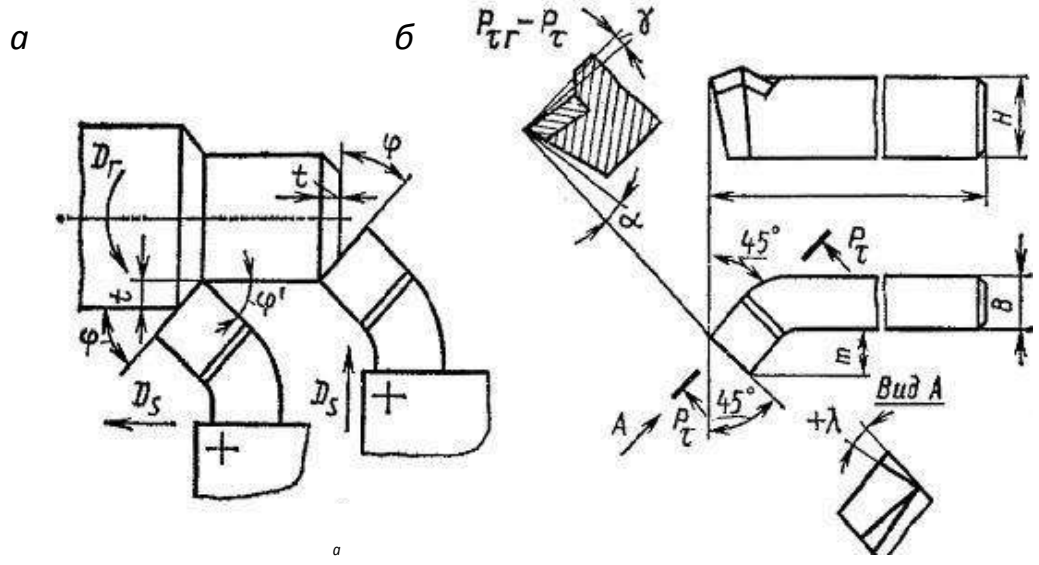


Рис. 3.2. Наружное точение проходным отогнутым резцом:
а – схема точения; *б* – проходной отогнутый резец, его геометрические параметры

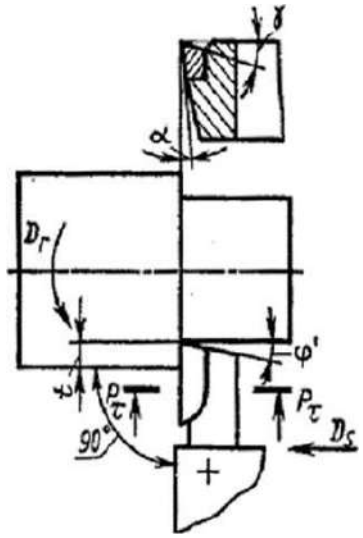


Рис. 3.3. Схема точения проходным упорным резцом

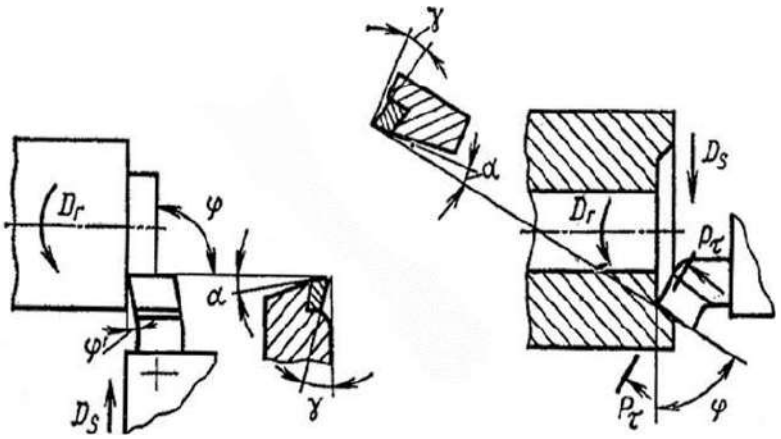


Рис. 3.4. Подрезные резцы

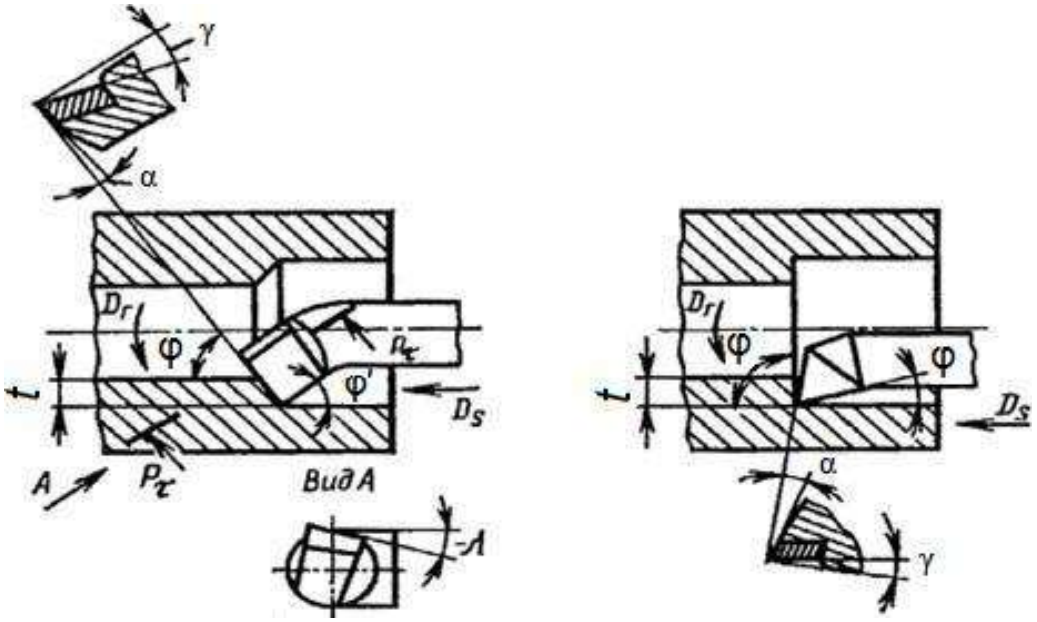


Рис. 3.5. Расточные токарные резцы:
а – проходной резец; *б* – упорный резец

Растачивание – обработка внутренних поверхностей (рис. 3.5);

- *Подрезание* – обработка плоских торцевых поверхностей (рис. 3.4);
- *Отрезка* – разделение заготовки на части, отделение готовой детали от заготовки (рис. 3.6);
- *Точение фасонных поверхностей* (рис. 3.7);
- *Нарезание наружных и внутренних резьб* (рис. 3.8).

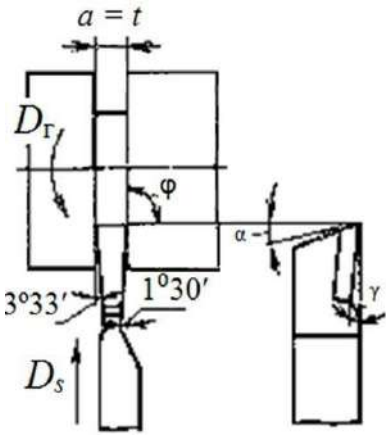


Рис. 3.6. Отрезной резец

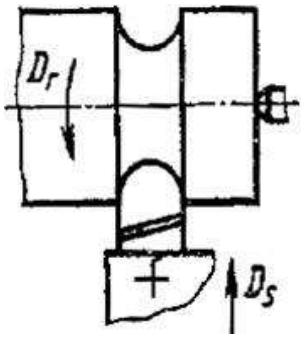


Рис. 3.7. Фасонный резец

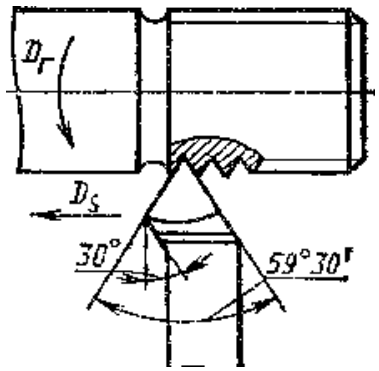


Рис. 3.8. Резьбовой резец

3.2. Станки токарной группы

На станках токарной группы выполняются различные операции по обработке поверхностей тел вращения. В состав этой группы входят токарные полуавтоматы и автоматы, токарноревольверные, токарно-карусельные, токарно-винторезные многорезцовые и специализированные токарные станки.

Токарно-карусельные станки применяются для обработки тяжёлых заготовок больших размеров, у которых соотношение высоты к диаметру составляет 0,3÷0,5. Особенностью таких станков является наличие кругового горизонтального стола с вертикальной осью вращения. Карусельные станки бывают одно- и двухстоечные. Диаметр карусели колеблется в пределах 0,5÷21 м.

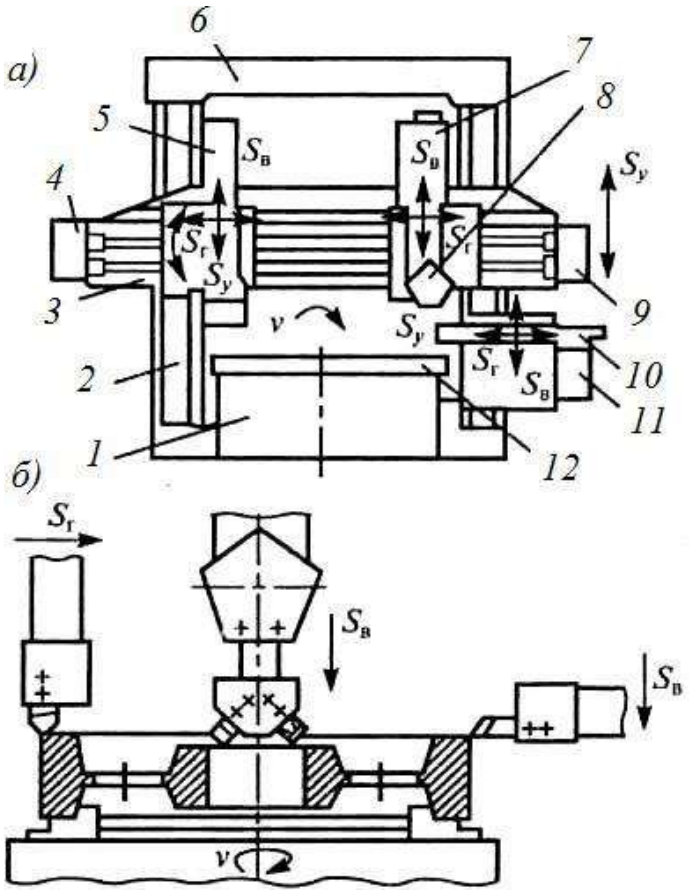


Рис. 3.9. Токарно-карусельный станок (*а*) и схема обработки заготовки (*б*):
1 – станина; *2* – стойки; *3* – подвижная траверса; *4* – коробка подач на траверсе; *5* – верхний суппорт; *6* – поперечина; *7* – револьверный суппорт; *8* – револьверная головка; *9* – коробкой подач на траверсе; *10* – боковой суппорт; *11* – коробка подач на правой стойке; *12* – карусель

На рис. 3.9 показан двухстоечный карусельный станок, состоящий из карусели *12*, смонтированной на станине *1*, и стоек *2*, соединенных поперечиной *6*. По вертикальным направляющим стоек перемещается подвижная траверса *3*. На подвижной траверсе установлены верхний суппорт *5* с коробкой подач *4* и револьверный суппорт *7* с револьверной головкой *8* и коробкой подач *9*. На правой стойке установлен боковой суппорт *10* с коробкой подач *11*.

Токарно-винторезные станки из-за своих широких технологических возможностей получили наибольшее распространение. Узлы станка и его технологические возможности изучаются на лабораторных и практических занятиях.

Токарно-револьверные станки (рис. 3.10) используются для обработки сложных деталей, требующих применения большого числа режущих инструментов. У этих станков на направляющих станины вместо задней бабки установлен револьверный суппорт *4*, перемещающийся в продольном направлении. На суппорте размещена револь-

верная головка *3*, в радиальных или осевых отверстиях которой закрепляются инструменты (резцы, блоки резцов, осевые инструменты и т. п.).

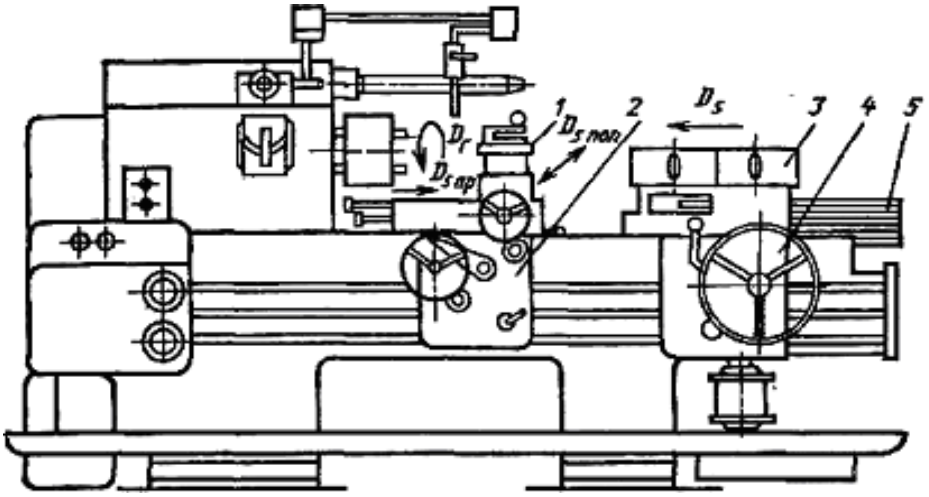


Рис. 3.10. Токарно-револьверный станок с вертикальной осью револьверной головки:
1 – резцедержатель; *2* – суппорт; *3* – револьверная головка; *4* – револьверный суппорт; *5* – барабан упоров

Станки с вертикальной осью вращения револьверной головки имеют суппорт *2*, несущий резцедержатель *1*. Суппорт *2* совершает продольное $D_{S\text{поп}}$ и поперечное $D_{S\text{пр}}$ движения подачи. Особенностью токарно-револьверных станков является использование в их конструкции барабана упоров *5*, вращающегося синхронно с револьверной головкой. Длина упоров определяет длину обрабатываемой поверхности для каждой обрабатываемой поверхности. Наибольшее распространение этим станки получили в серийном производстве. Основные схемы обработки представлены на рис. 3.11.

Многорезцовые токарные полуавтоматы (рис. 3.12) применяются при обработке заготовок типа ступенчатых валов. Станки имеют два суппорта: верхний и нижний. Нижний суппорт имеет только продольную подачу, а верхний – только поперечную.

Заготовка устанавливается на станке в центрах, установленных в шпинделе коробки скоростей *2* передней бабки *3*, и в шпинделе задней бабки *5*. Крутящий момент передается на заготовку через кулачки зажимного патрона. На направляющих станины *1* смонтированы нижний и верхний суппорты. На многорезцовых токарных полуавтоматах обтачивают только наружные поверхности заготовок: цилиндрические, конические, фасонные, плоские торцевые, кольцевые канавки, фаски. Схема обработки представлена на рис. 3.13.

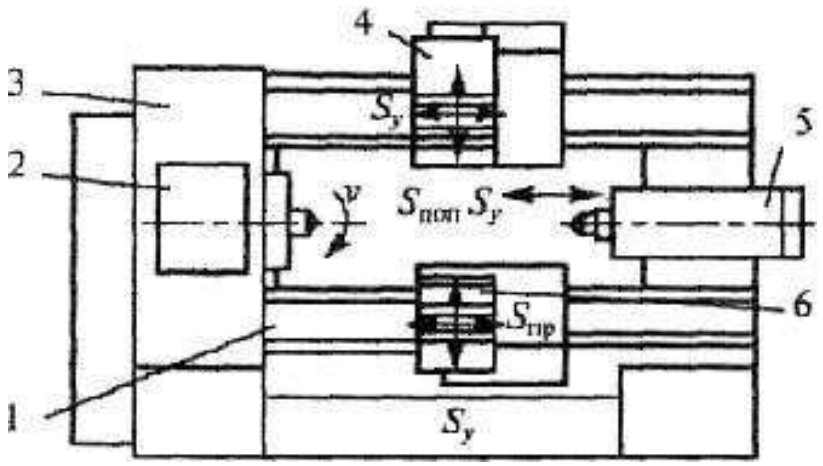


Рис. 3.12. Токарный многорезцовый полуавтомат:
1 – направляющие станины; *2* – коробка скоростей; *3* – передняя бабка;
4 – верхний суппорт; *5* – задняя бабка; *6* – верхний суппорт

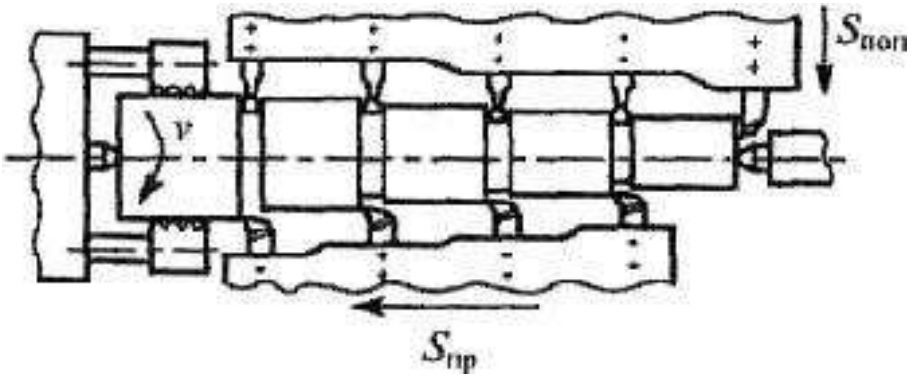


Рис. 3.13. Схема обработки заготовки на многорезцовом полуавтомате

3.2.1. Универсальные приспособления токарных станков

Кулачковые патроны

На токарных станках применяют двух-, трех- и четырехкулачковые патроны. В двухкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют различные фасонные отливки и поковки, причем кулачки таких патронов часто предназначены для закрепления только одной детали. В трехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют детали круглой и шестигранной формы или круглые прутки большего диаметра. В четырехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляются прутки квадратного сечения, а в патронах с индивидуальной регулировкой кулачков детали прямоугольной или несимметричной

формы. Кулачковые патроны выполняются с ручным и механизированным приводом зажимов. Наиболее распространен *самоцентрирующий трехкулачковый патрон* (рис. 3.14). Кулачки *1 – 3* перемещаются одновременно по спирали на диске *4*, в витки которой заходят кулачки ниж-

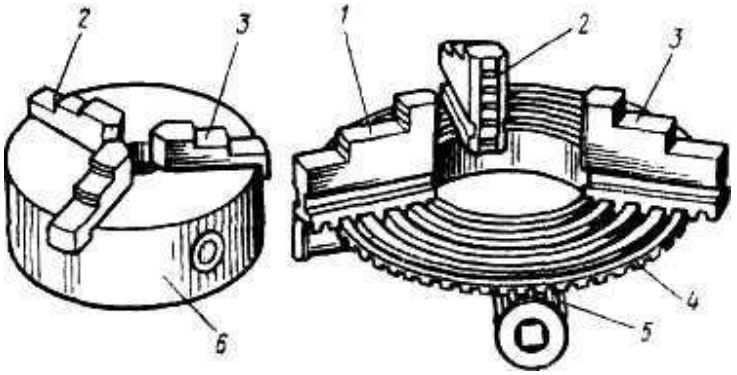


Рис. 3.14. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон: *1–3* – кулачки; *4* – спираль на диске; *5* – конические зубчатые колеса;*6* – корпус патрона

ними выступами. На обратной стороне диска нарезано коническое колесо, сопряженное с тремя коническими зубчатыми колесами *5*. При повороте ключом одного из колес *5* поворачивается диск*4*, который с помощью спирали перемещает одновременно и равномерно все три кулачка по пазам корпуса *6* патрона. В зависимости от направления вращения колес *5* кулачки приближаются или удаляются от центра, соответственно, зажимая или освобождая деталь.

Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков применяют преимущественно для закрепления и обработки деталей некруглой и несимметричной формы. Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков (рис. 3.15) состоит из корпуса *1*, в

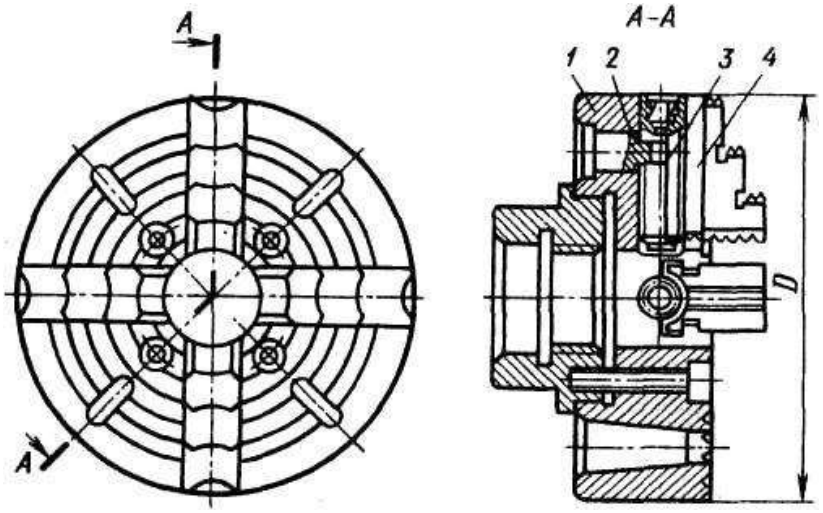


Рис. 3.15. Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков: *1* – корпус патрона; *2* – сухарь; *3* – винт; *4* – кулачок

в котором выполнены четыре паза, в каждом пазу смонтирован кулачок *4* с винтом *3* для независимого перемещения кулачков по пазам в радиальном направлении. От осевого смещения винт *3* удерживается сухарем *2*. Кулачки могут быть повернуты на 180° для закрепления заготовок деталей по внутренней или наружной поверхности. На передней поверхности патрона нанесены концентричные риски (расстояние между ними 10 – 15 мм), которые позволяют выставить кулачки на одинаковом расстоянии от центра патрона.

Центры. Хомутики

Центры. В зависимости от формы и размеров обрабатываемых деталей применяют центры различных типов (рис. 3.16, *а – е*). Угол при вершине рабочей части центра обычно равен 60°. Конические поверх-

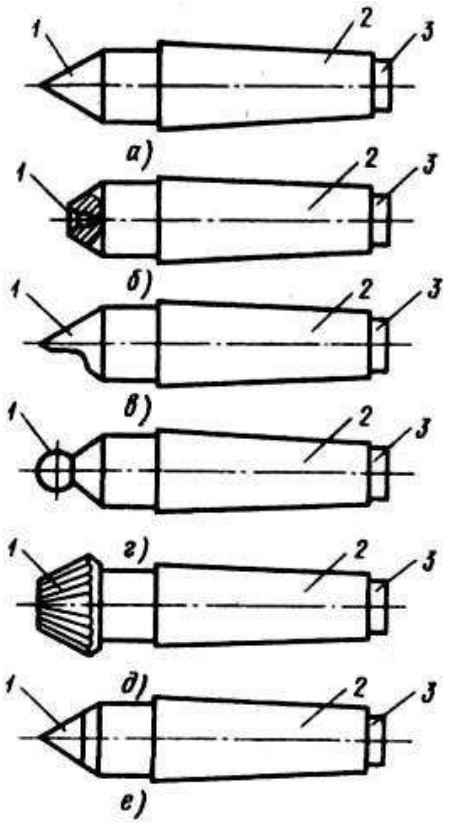


Рис. 3.16. Типы (*а – е*) центров:
1– рабочая часть; *2* – хвостовая часть;
3 – опорная часть

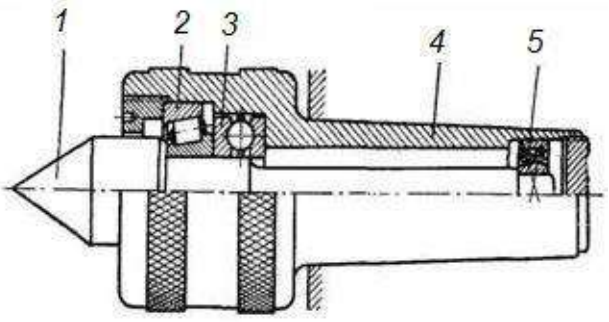


Рис. 3.17. Вращающийся центр:
1 – центр; *2,3,5* – подшипники;
4 – хвостовая часть

ности рабочей и хвостовой части центра не должны иметь забоин, так как это приводит к погрешностям при обработке деталей. Диаметр опорной части 3 меньше меньшего диаметра хвостовой части конуса.

Это позволяет выбирать центр из гнезда без повреждения конической поверхности хвостовой части. Центр, показанный на рис. 3.16, *б*, служит для установки заготовок диаметром до 4 мм. У таких заготовок вместо центровых отверстий имеются наружные конические поверхности с углом при вершине 60°, который входит во внутренний конус центра, названный обратным. Если необходимо подрезать торец заготовки, применяют срезанный центр (рис. 3.16, *в*), который устанавливают только в пиноль задней бабки.

Центр со сферической рабочей частью (рис. 3.16, *г*) применяют в тех случаях, когда требуется обработать заготовку, ось которой не совпадает с осью вращения шпинделя станка.

Центр с рифленой рабочей поверхностью рабочей части (рис. 3.16, *д*) используют при обработке заготовки с большим центровым отверстием без поводкового патрона.

В процессе обработки детали в центрах передний центр вращается вместе с ней и служит только опорой, а задний центр при этом неподвижен. Задний центр изготовляют из углеродистой стали с твердосплавной рабочей частью (рис. 3.16, *г*). При обработке с большими скоростями и нагрузками применяют задние вращающиеся центры (рис. 3.17).

Хомутики. Они предназначены для передачи вращения обрабатываемой детали, установленной в центрах станка. Хомутик надевают на обрабатываемую деталь и закрепляют винтом *1*. Хвостовиком *2* хомутик упирается в палец поводкового патрона (рис. 3.18, *а*).

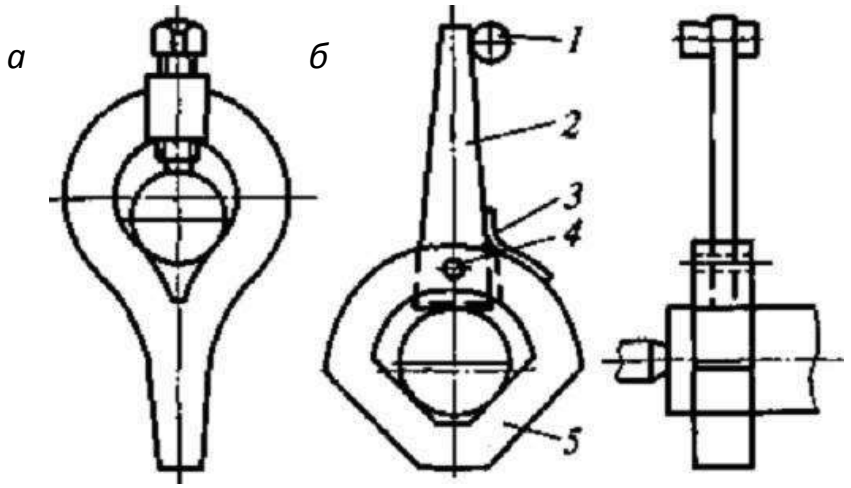


Рис. 3.18. Токарные хомутики:
а – обычный; *б* – самозатягивающийся;
1 – палец-поводок; *2* – хвостовик; *3* – пружина; *4* – ось; *5* – корпус

Поводковые патроны применяют при обработке деталей в центрах *4* и *6* станка (рис. 3.19). Передача вращения осуществляется поводковым патроном *1* через палец-поводок *2* хвостовику *3* хомутика, который крепится на детали *5* винтом.

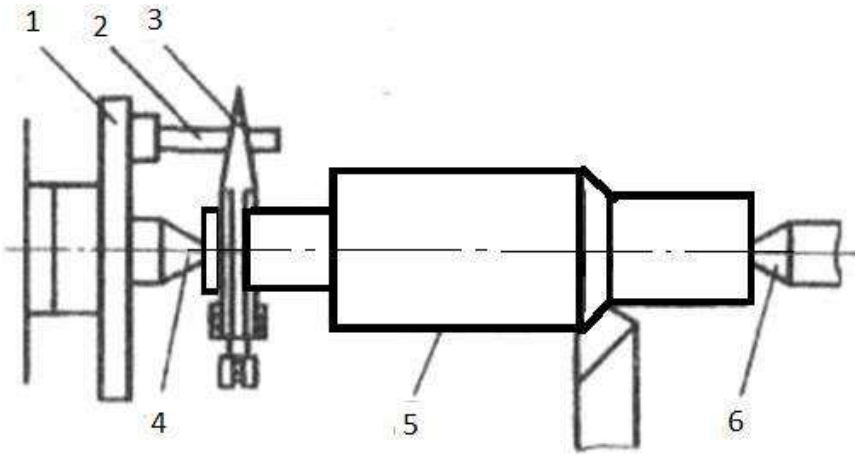


Рис. 3.19. Обработка заготовки в центрах с приводом от поводкового патрона:
1 – поводковый патрон; *2* – палец-поводок; *3* – хомутик; *4* – передний центр;
5 – обрабатываемая заготовка; *6* – задний центр

Люнеты

Для обработки длинных нежестких деталей типа валов используют дополнительные опоры – люнеты.

Неподвижный люнет (рис. 3.20) устанавливают на направляющих станины станка и крепят планкой *5* с помощью болта и гайки *6*. Верхняя часть *1* неподвижного люнета откидная, что позволяет снимать

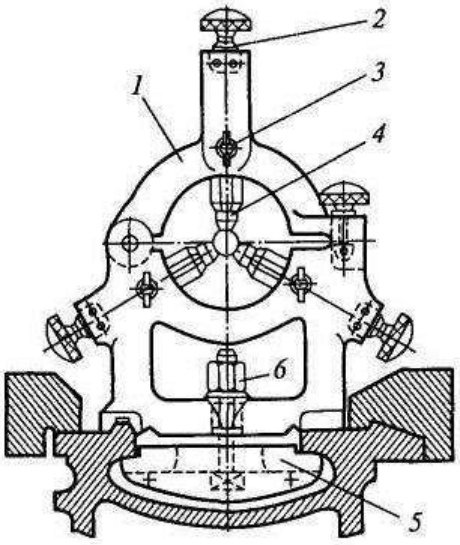


Рис. 3.20. Неподвижный люнет:
1 – откидная часть; *2* – винты;
3 – фиксирующие болты; *4* – кулачки

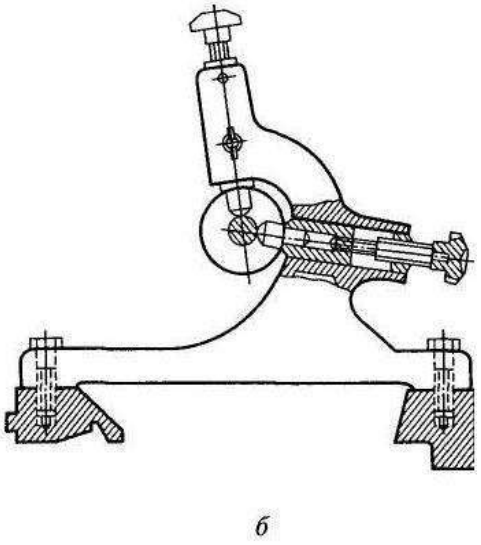


Рис. 3.21. Подвижный люнет

люнета; *5* – планка; *6* – болт с гайкой

и устанавливать заготовки на кулачки или ролики *4* люнета, которые служат опорой для обрабатываемой заготовки и поджимаются к детали винтами *2*. После установки заготовки винты *2* фиксируют болтами *3*.

На заготовке, в местах установки роликов люнета, протачивают канавку. Проточку обычно выполняют посередине заготовки. *Подвижный люнет* (рис. 3.21) крепится на каретке суппорта и перемещается при обработке вдоль детали. Подвижный люнет имеет два кулачка, которые служат опорами для заготовки. Третьей опорой является резец.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. По каким принципам классифицируют резцы?
2. Какие виды креплений режущих элементов используют?
3. Каковы преимущества у резцов с механическим креплением пластин?
4. В каком порядке проводится заточка поверхности лезвий резца?
5. Каково назначение ходового винта и ходового вала токарно-винторезного станка?
6. Где закрепляются инструменты на карусельных станках?
7. В чем различия токарно-револьверных станков основных типов?
8. Чем конструктивно различаются суппорты токарно-револьверного автомата?
9. Зачем и как изменяют частоту вращения распределительного вала за цикл обработки на автомате 1Б265-6К?
10. Какие типы устройств используют для управления работой в токарных автоматах и полуавтоматах?

4. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Сверление, зенкерование и развертывание – широко распространенные в машиностроении процессы обработки глухих и сквозных отверстий в широком диапазоне диаметров (рис. 4.1).

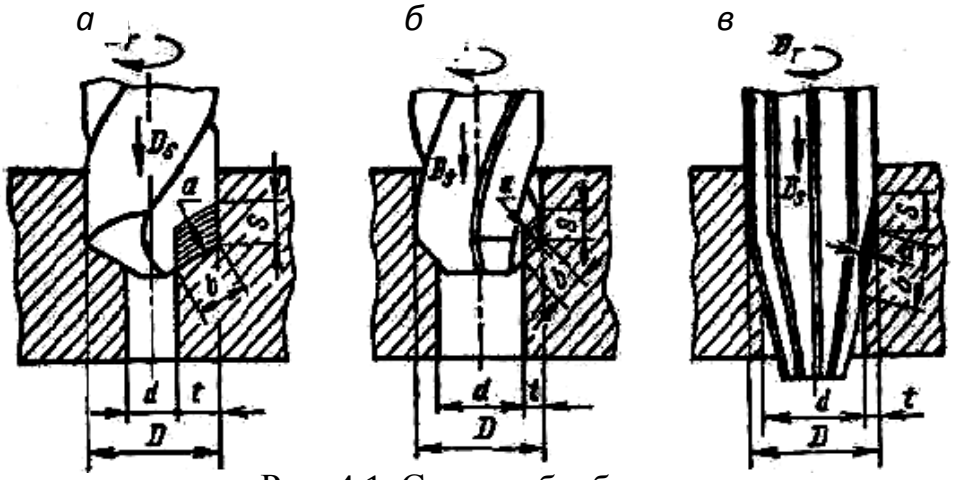


Рис. 4.1. Схемы обработки:
а – при рассверливании; *б* – зенкеровании; *в* – развертывании

Эти процессы осуществляются при сочетании вращательного движения инструмента вокруг своей оси – движения резания, и поступательного движения вдоль оси – движения подачи. Инструменты для этих процессов называют осевыми.

4.1. Характеристика методов обработки осевым инструментом

Сверление **–** черновая обработка отверстий в сплошном материале. Сверлением получают сквозные и несквозные (глухие) отверстия и обрабатывают предварительно полученные отверстия в целях увеличения размеров, повышения точности, снижения шероховатости. Обработанные сверлением отверстия имеют параметр шероховатости Ra = 12,5 мкм.

Процесс резания при сверлении протекает в более сложных условиях, чем при точении. Затруднен отвод стружки и подвод охлаждающей жидкости к режущим кромкам инструмента. При выходе стружки

происходит трение ее о поверхность канавок сверла и сверла о поверхность отверстия. В результате увеличивается тепловыделение.

Зенкерование **–** получистовая обработка отверстий, обеспечивающая более высокую точность и шероховатость *Ra* = 3,2÷6,4 мкм.

Зенкерование применяют при обработке глухих и сквозных отверстий, предварительно обработанных сверлением, либо полученных литьем или ковкой. Увеличенное по сравнению со сверлом число режущих кромок зенкера позволяет получить более точное по размеру и форме отверстие.

Для обработки бобышек и углублений вокруг отверстий применяют специальные зенкеры (рис. 4.2).

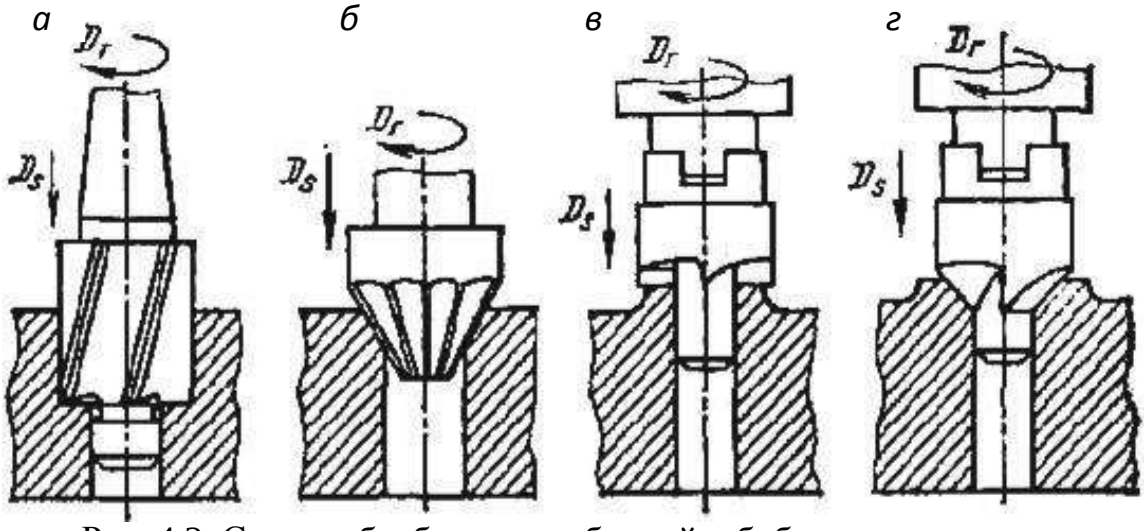


Рис. 4.2. Схемы обработки углублений и бобышек зенкерами:
а, б, г – зенкование; *в* – цекование

Развертывание – чистовая обработка, повышающая точность после зенкерования и обеспечивающая шероховатость *Ra* = 0,5÷1,6 мкм.

4.2. Конструктивные особенности инструментов основных типов

Наиболее распространенными инструментами для обработки отверстий являются сверла. Они используются для сверления отверстий диаметром от десятых долей до десятков миллиметров (мм) различной глубины. По конструктивным признакам сверла можно разделить на спиральные, перовые, для глубоких отверстий, комбинированные центровочные (рис. 4.3).

Наиболее простыми в изготовлении являются перовые сверла, представляющие собой заостренную пластину с весьма несовершенной формой рабочей части. Эти сверла применяют для обработки от-

верстий малого (0,2 – 1 мм) и большого (более 80 мм) диаметра, а также при ремонте. Нашли применение составные перовые сверла в виде пластины, закрепленной в державке (рис. 4.3, *в*). Обработку отверстий в сталях, чугунах, легких сплавах и дереве при глубине более 10 диаметров без периодического вывода сверла проводят шнековыми сверлами (рис. 4.3, *г*).

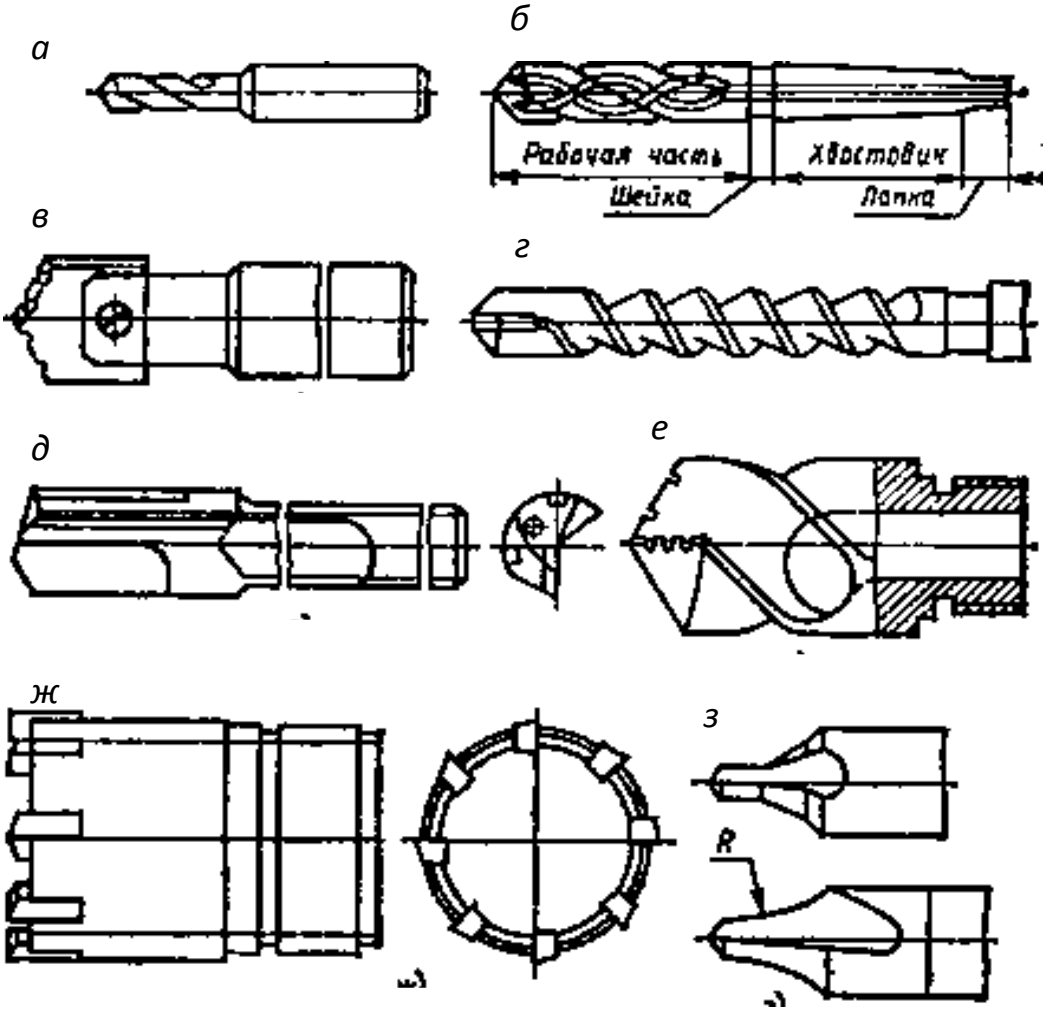


Рис. 4.3. Конструкции сверл:
а – б – спиральные; *в* – перовое; *г* – шнековое; *д, е* – сверла для глубокого сверления; *ж* – кольцевое; *з* – центровочное

Глубокие отверстия с осью, имеющей малое отклонение от прямолинейности, получают сверлами однокромочного резания с вершиной, смещенной относительно оси (рис. 4.3, *д*). Это, а также то, что сверло опирается направляющими пластинами на боковую поверхность отверстия, обеспечивает малое отклонение от прямолинейности его оси.

Сквозные отверстия диаметром 80 – 200 мм и более получают сверлами кольцевого сверления (рис. 4.3, *ж*).

Обработку центровых отверстий проводят центровочными комбинированными сверлами (ГОСТ 14952 – 75) двух типов: без предохранительной фаски и с предохранительной фаской 120°. Сверла этих типов изготовляют из быстрорежущей стали.

Наиболее многочисленной является группа спиральных сверл (рис. 4.4). Размерный ряд спиральных сверл начинается с малоразмерных сверл диаметром 0,1 – 1,5 мм по ГОСТ 8034–76 с утолщенным цилиндрическим хвостовиком.

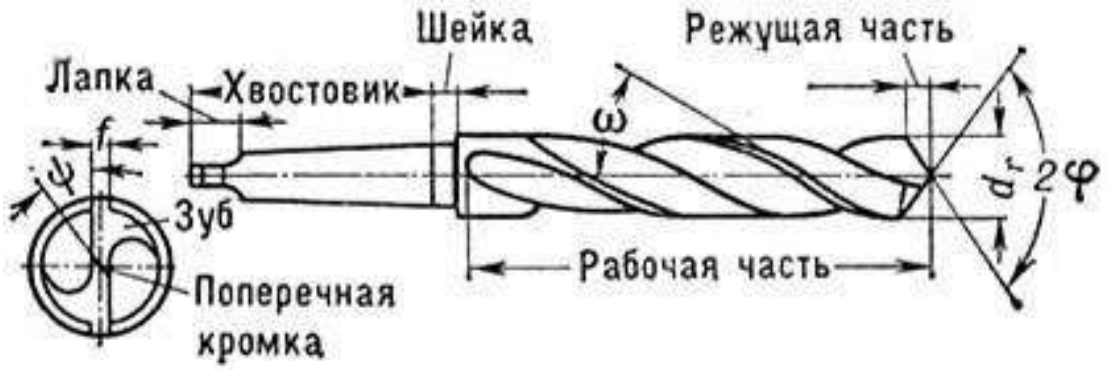


Рис. 4.4. Винтовое сверло по металлу

Спиральные сверла диаметром более 8 мм в целях экономии изготовляют сварными с рабочей частью из быстрорежущей стали и хвостовиком из конструкционной стали. Сверла с пластинами из твердого сплава ВК и сверла с внутренним подводом охлаждающей жидкости (ГОСТ 6647–64) предназначены для сверления труднообрабатываемых материалов.

В отличие от резца передние поверхности сверла винтовые, главные задние поверхности обычно конические, а вспомогательные задние – винтовые ленточки, обеспечивающие направление сверла в процессе резания.

Геометрия сверла характеризуется углами наклона винтовых канавок ω, углом при вершине 2φ; углом наклона поперечной кромки ψ ($\psi = 50 \div 55^{o}$); углы γ и α вдоль режущих кромок сверла переменные (рис. 4.5).

У стандартных сверл угол $2\varphi = 116 \div 118^{o}$, $\omega = 20 – 25^{o}$. Для малопрочных обрабатываемых материалов он уменьшается до 90^{o}, а для высокопрочных увеличивают до 140^{o}.

Зенкеры, применяемые в машиностроении для обработки отверстий диаметром до 20÷40 мм, изготовляют цельными (рис. 4.6, *а*).

Обработку отверстий больших диаметров (D > 30 мм) проводят насадными зенкерами (рис. 4.6, *б*), установленными на оправку.

Их изготовляют из быстрорежущей стали либо оснащают твердым сплавом (ГОСТ 12509–75). Для экономии инструментального материала, начиная с диаметра 50 мм и выше насадные зенкеры (ГОСТ 255–71) оснащаются вставными ножами из быстрорежущей стали.

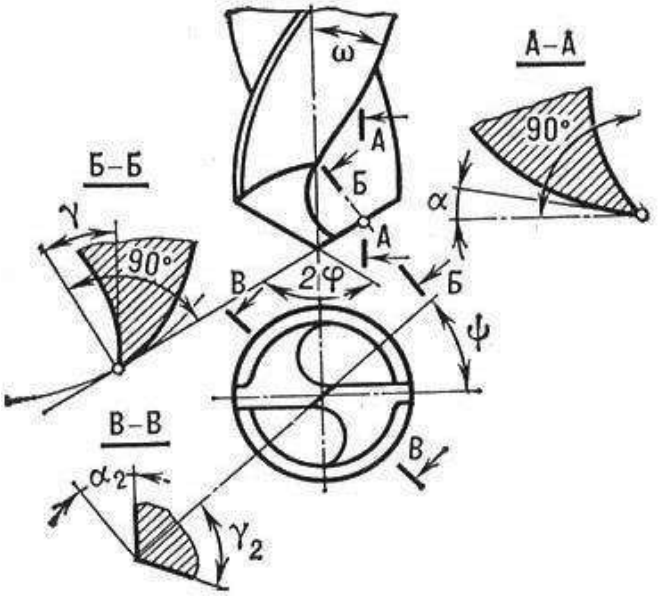


Рис. 4.5. Углы винтового сверла по металлу

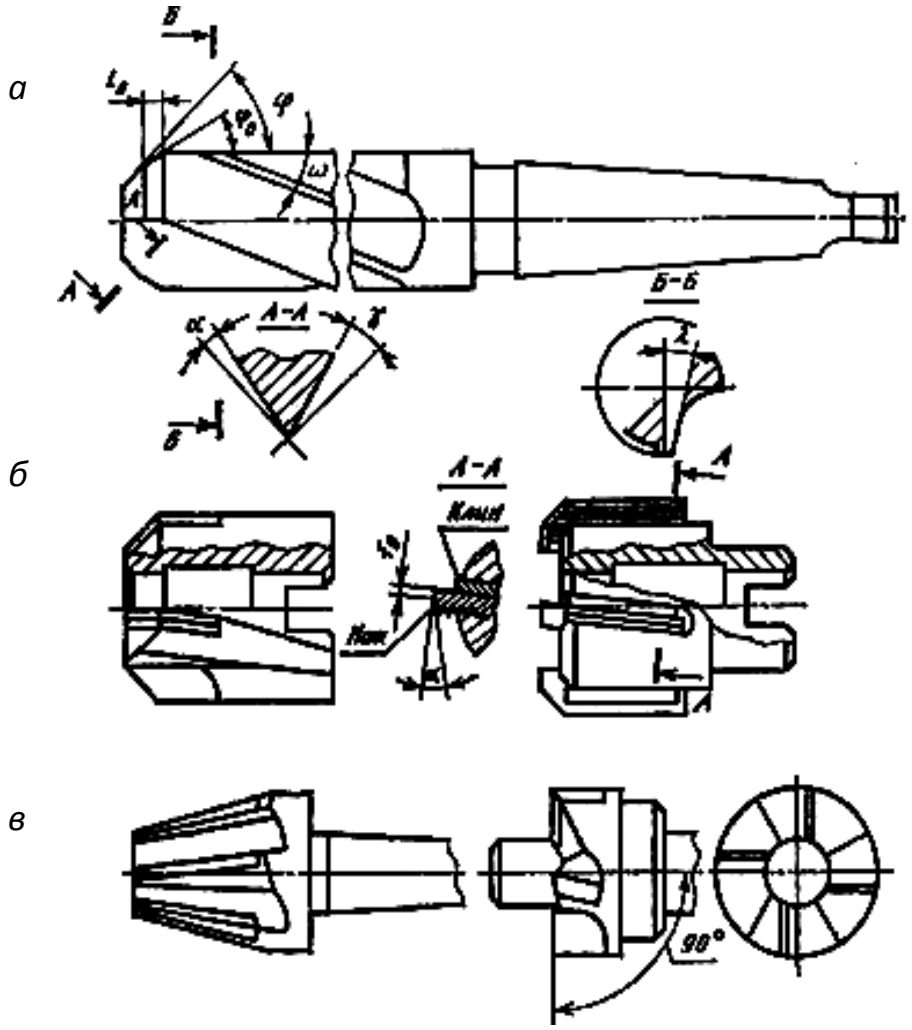


Рис. 4.6. Конструкции зенкеров:
а – цельный цилиндрический зенкер с коническим хвостовиком;
б – цилиндрические насадные зенкеры; *в* – конический и торцевой зенкеры

Обработку прилегающих к отверстиям поверхностей проводят зенковками коническими, цилиндрическими цековками (рис. 4.6, *в*) из инструментальных сталей либо этими инструментами, оснащенными твердым сплавом. Глубина резания при зенкеровании увеличивается с возрастанием диаметра отверстия, и обычно составляет (0,05÷0,1) $d_з$, где $d_з$ – диаметр обрабатываемого отверстия. Геометрические параметры цилиндрического зенкера показаны на рис.4.6, *а*. Зенкер имеет режущую часть, режущие кромки которой расположены под углом $\varphi_o = 45 – 60^o$.

Передний угол **γ,** в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала и материала зенкера назначается $0÷15^o$.

Задний угол α принимается в пределах $8÷10^o$. *Угол наклона винтовой канавки* $\omega = 10÷30^o$.

В зависимости от формы обрабатываемых отверстий развертки разделяют на цилиндрические (ГОСТ 1523–81Е) и конические

(ГОСТ 11177–84) (рис. 4.7, *а, б*). Они могут быть машинными или ручными. Для ремонтных работ выпускают ручные разжимные развертки (ГОСТ 3509–71) с пределами регулирования диаметра 0,5÷3 мм (рис. 4.7, *г*). Развертки целиком изготовляют из быстрорежущей стали с цилиндрическими (для D <10 мм) либо коническими хвостовиками (для D> 10 мм). Как и зенкеры, развертки для диаметров отверстий более 30 мм делают насадными с ножами из быстрорежущих сталей либо твердых сплавов (рис. 4.7, *е*). Вставные ножи имеют рифления, идентичные рифлениям в пазах корпуса. Это позволяет перестановкой ножей и закреплением их клиньями настраивать развертку на нужный диаметр.

4.3. Режим резания при сверлении

За глубину резания при сверлении отверстий в сплошном материале принимают половину диаметра сверла:

$$t = D/2,$$

а при рассверливании $t = (D - d)/2$, где d – диаметр обрабатываемого отверстия, мм.

За глубину резания при зенкеровании и развертывании отверстий принимают $t = (D - d)/2$.

Подача S (мм /об) равна осевому перемещению сверла за один оборот. Величину подачи при сверлении подсчитывают по формуле

$$S = CD^{0,6},$$

где C – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и иных технологических факторов (чистота поверхности, наличие дальнейшей обработки и т. д); k_{ls} – коэффициент на подачу, зависящий от условия выхода стружки.

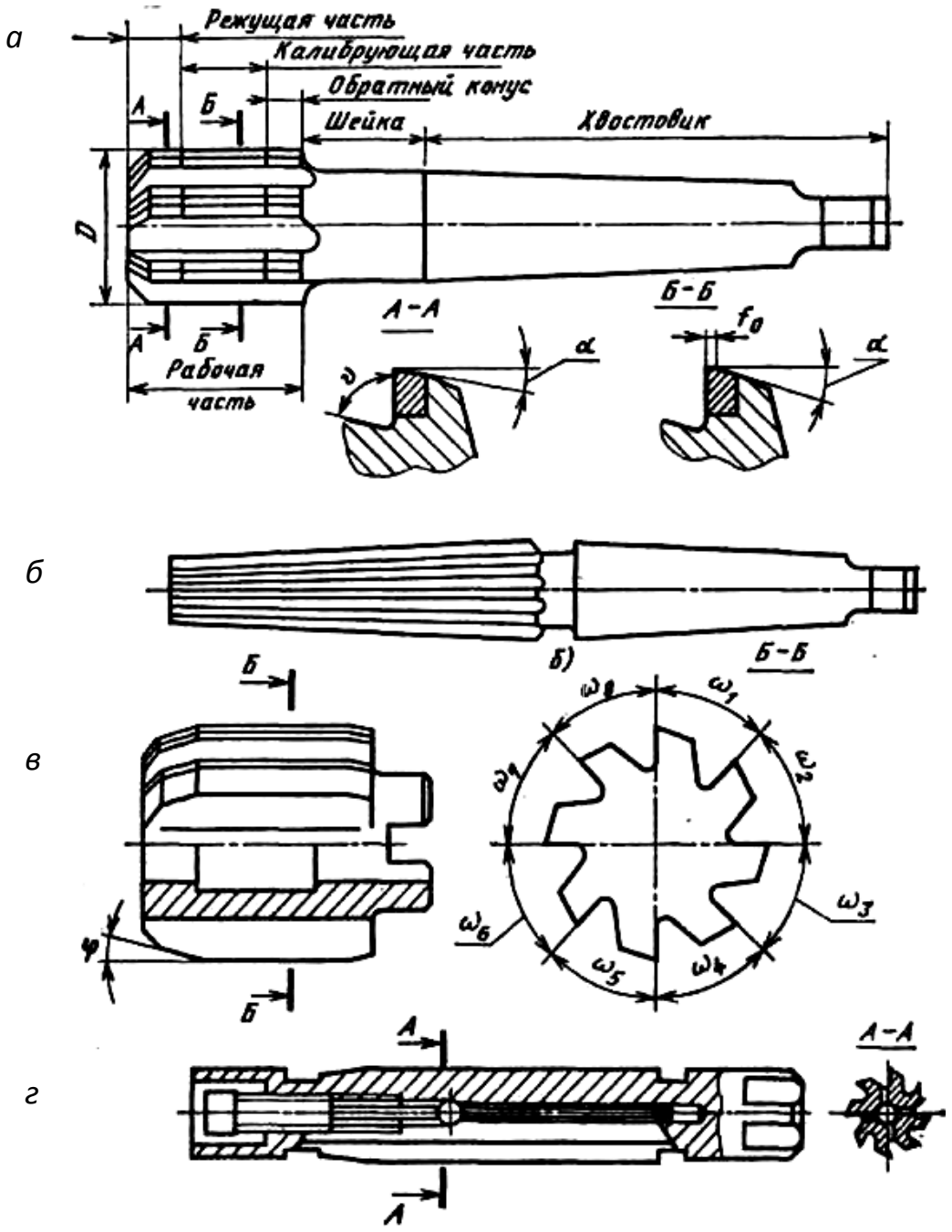


Рис. 4.7. Конструкции разверток:
а – цельная цилиндрическая; *б* – коническая; в – насадная; *г* – регулируемая

Величину подачи за один оборот шпинделя при сверлении принимают равной 0,02÷0,03 от диаметра сверла. Подачу при зенкеровании и развертывании принимают в 2÷2,5 раза больше, чем при сверлении.

За скорость резания при сверлении принимают окружную скорость точки режущей кромки, наиболее удаленной от оси сверла:

$$V = \pi D n /1000,$$

где D – диаметр сверла в мм; n – частота вращения инструмента, об/мин.

При сверлении отверстий глубиной свыше трех диаметров условия сверления ухудшаются, и поэтому необходимо снижать скорость резания, вводя поправочный коэффициент 0,9 при $L \leq 5D$ и 0,5 при $L \leq 10D$.

Стойкость. Наиболее целесообразные величины стойкости сверл, зенкеров и разверток, применяемых в производственных условиях, различны и зависят от их диаметра. Подробные данные по выбору стойкости этих инструментов содержатся в справочниках технолога-машиностроителя.

Основное технологическое время при сверлении, рассверливании, зенкеровании и развертывании определяют по формуле мин.

$$T_O = L / S \cdot n,$$

где L – расчетная длина хода режущего инструмента, мм; S – подача, мм /об; n – число оборотов в минуту. Расчетная длина хода режущего инструмента (рис. 4.8)

$$L = l + l_1 + l_2,$$

где l – длина обрабатываемого отверстия, мм; l_1 – длина перебега инструмента (обычно 1 – 3 мм); l_2 – длина врезания инструмента, мм.

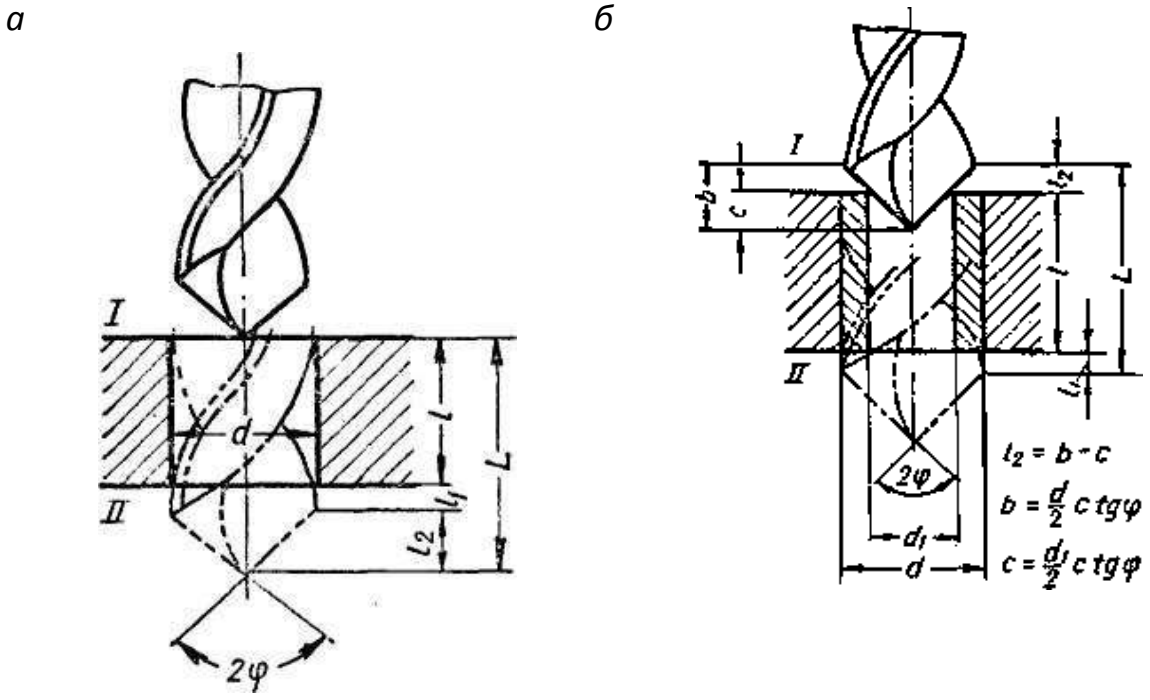


Рис. 4.8. Расчетная длина хода сверла:
а – при сверлении; *б* – при рассверливании

4.4. Силы резания при сверлении

В процессе резания сверло испытывает сопротивление со стороны обрабатываемого материала. Равнодействующую сил сопротивления, приложенную в некоторой точке A режущей кромки, можно разложить на три составляющие силы P_x, P_yи P_z (рис. 4.9).

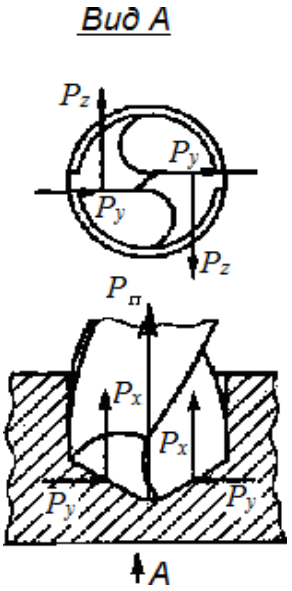


Рис. 4.9. Силы сопротивления резанию при сверлении

Составляющая P_x направлена вдоль оси сверла. В этом же направлении действует сила $P_п$ на поперечную режущую кромку. Суммарная всех указанных сил, действующих на сверло вдоль оси x, называется *осевой силой* $P_о$. Радиальные силы P_y, действующие на каждую режущую кромку сверла, взаимно уравновешиваются.

В расчетах для определения осевой силы $P_о$ (Н) и крутящего момента $M_к$ (Н·м) используют эмпирические формулы:

$$P_о = C_р D^x S^y K_р,$$

$$M_к = C_м D^x S^y K_м,$$

где $C_р$ и $C_м$ – постоянные коэффициенты, характеризующие обрабатываемый материал и условия; $x_р$, $y_п$, $x_м$, $y_м$ – показатели степеней; $K_р$ и $K_м$ – поправочные коэффициенты на измененные условия резания.

Коэффициенты и показатели степеней приведены в справочниках технолога-машиностроителя.

Осевая сила и крутящий момент являются исходными для расчета сверла и узлов станка на прочность, а также для определения эффективной мощности, кВт

$$N_е = M_{кр} \cdot n / (9750),$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м; n – число оборотов режущего инструмента в минуту.

4.5. Станки для обработки отверстий

Для обработки отверстий осевым инструментом **используются станки сверлильной и расточной группы.**

В состав этой группы входят:

а) вертикально-сверлильные станки;

б) радиально сверлильные;

в) горизонтально-расточные;

г) горизонтально-сверлильные станки предназначены для глубокого сверления таких деталей, как стволы винтовок, пушек и т. п.;

д) многошпиндельные сверлильные станки имеют несколько шпинделей, расположенных в ряд или по кругу;

н) центровочные станки предназначаются для центрования заготовок.

Вертикально-сверлильные станки (рис. 4.10) предназначены для сверления сквозных и глухих отверстий, рассверливания, зенкерования, развертывания, цекования, зенкования и нарезания резьбы.

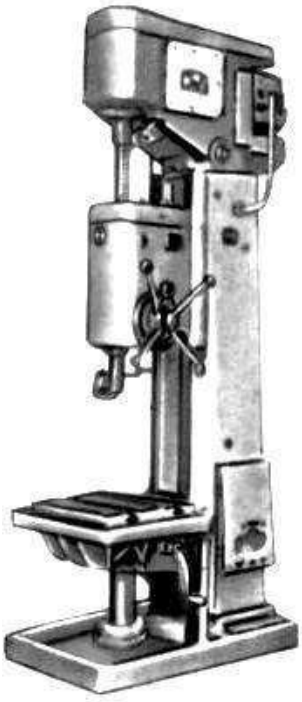


Рис. 4.10. Общий вид вертикально-сверлильного станка

Радиально-сверлильные станки предназначены для выполнения тех же операций, что и вертикально-сверлильные станки, но для изготовления деталей большего размеров. Общий вид радиально-сверлильного станка представлен на рис. 4.11. На станине смонтиро-

вана круглая вертикальная колонна и стол. Траверса перемещается по колонне на нужную высоту. По траверсе перемещается шпиндельная бабка. В результате такого перемещения шпинделя и поворота траверсы вокруг колонны обеспечивается совмещение центров инструмента и обрабатываемого отверстия.

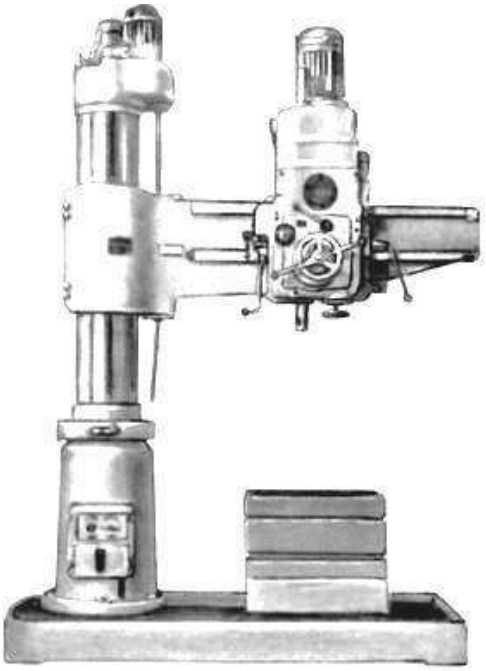


Рис. 4.11. Общий вид радиально-сверлильного станка

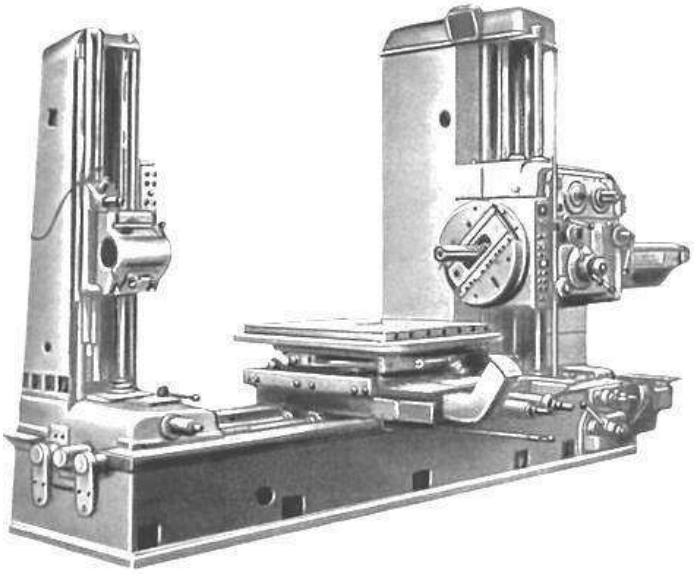


Рис. 4.12. Общий вид горизонтально-расточного станка

Горизонтально расточные станки (рис. 4.12) предназначены для черновой и чистовой обработки отверстий (сверление, зенкерования, развертывание, растачивание и др.), обтачивания цилиндрических наружных поверхностей, подрезки торцов, выточки канавок, нарезания резьб и др. На этих станках в основном обрабатывают крупные детали (корпусные). Возможные схемы обработки приведены на рис. 4.13.

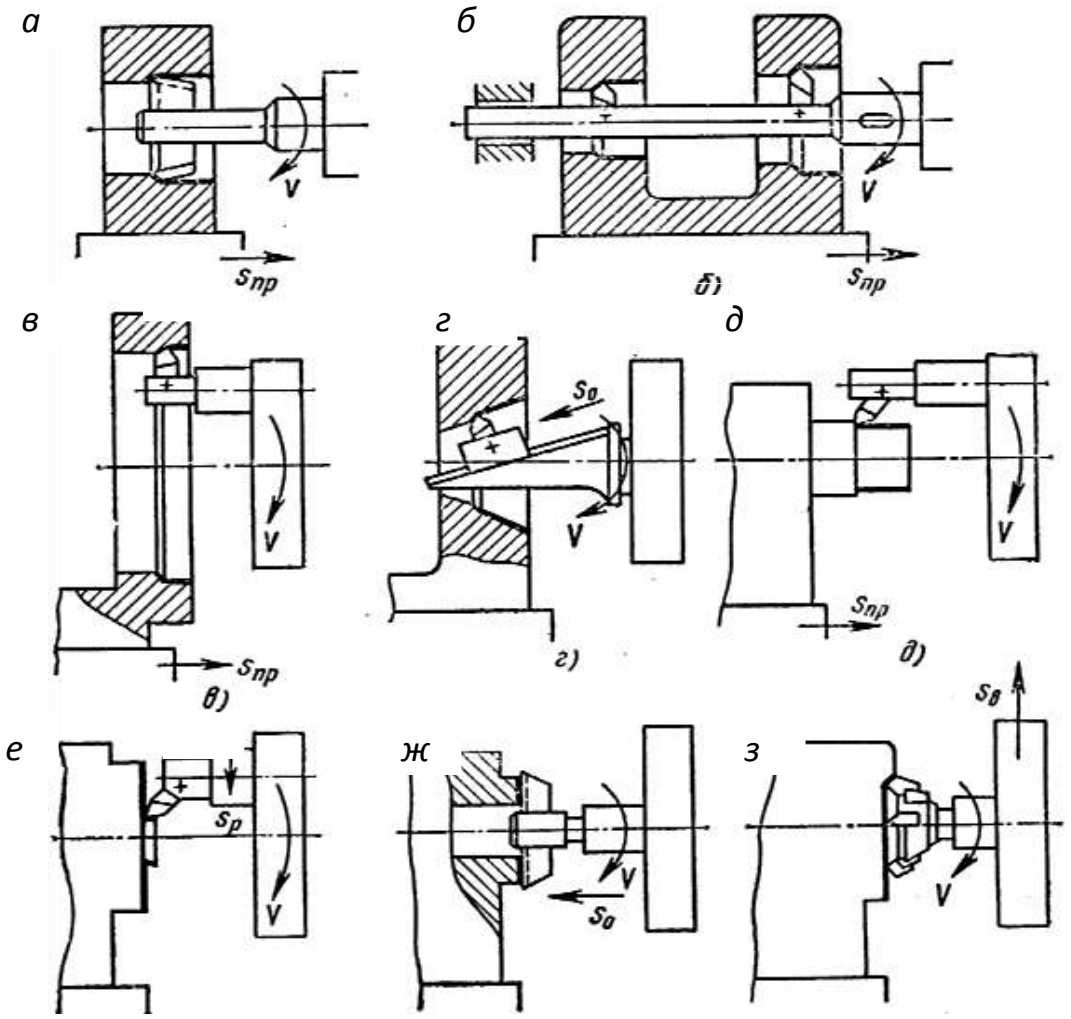


Рис. 4.13. Схемы обработки поверхностей
на горизонтально-расточных станках

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как условия работы влияют на конструкцию инструментов для обработки отверстий?
2. Назовите основные геометрические параметры режущей части сверл.
3. Чем различаются комбинированные инструменты основных типов?
4. По каким поверхностям затачивают сверла и развертки?
5. Как влияет масса обрабатываемой заготовки на конструкцию сверлильного станка?
6. Какая оснастка позволяет повысить точность и производительность обработки на сверлильных станках?
7. Назовите достигаемую точность и параметры шероховатости при обработке на горизонтально-расточных станках.
8. Чем принципиально отличаются координатно-расточные станки от горизонтально-расточных станков?

5. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ ФРЕЗЕРНОЙ ГРУППЫ

Фрезерование – широко распространенный технологический процесс обработки плоских и фасонных поверхностей многозубыми инструментами – фрезами.

При фрезеровании (рис. 5.1, *а*) фрезе сообщается вращение (главное движение *V*), а обрабатываемая деталь получает поступательное движение (движение подачи *S*).

Различают два метода фрезерования:

- *встречное фрезерование* (рис. 5.1, *б*), когда направления вращения фрезы и подачи детали в точке их контакта противоположны;
- *попутное фрезерование* (рис. 5.1, *а*), когда направления вращения фрезы и подачи совпадают.

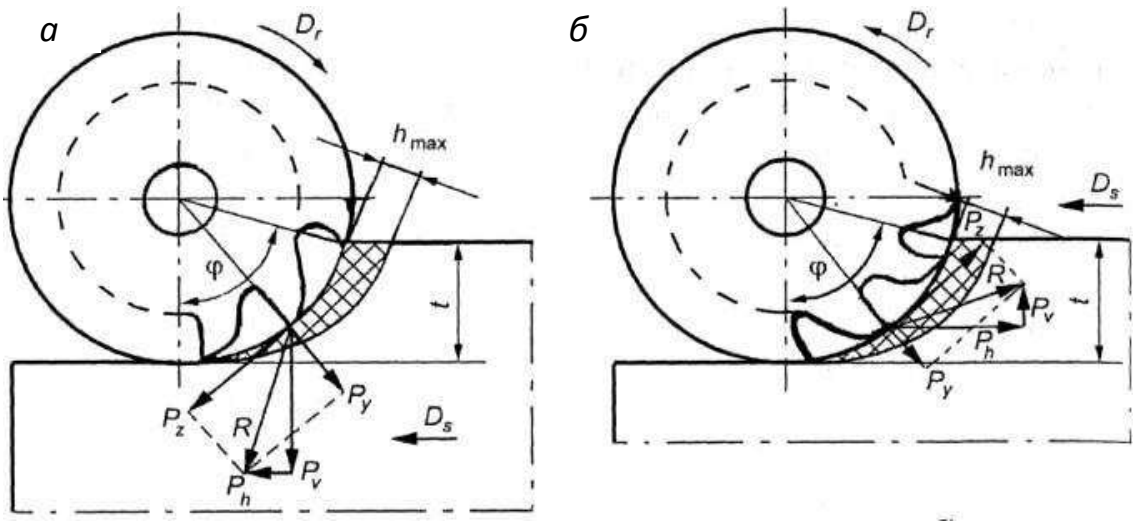


Рис. 5.1 Схемы фрезерования (цилиндрическое фрезерование):
а – попутное фрезерование; *б* – встречное фрезерование

Сравнивая встречное и попутное фрезерование, можно отметить следующее. При встречном фрезеровании происходит постепенное возрастание нагрузки на зуб по мере врезания фрезы в обрабатываемый материал, что обеспечивает более плавную работу, чем при попутном фрезеровании, когда зуб фрезы должен снимать сразу толстую стружку (h_{max}).

При встречном фрезеровании, если обрабатывается поверхность детали с коркой (литье) или окалиной (поковка), наблюдается меньший износ зубьев, так как при этом зуб врезается в металл под корку.

При попутном фрезеровании зуб встречает корку и сильнее изнашивается. При попутном фрезеровании обеспечивается более чистая обработанная поверхность, чем при встречном.

Условия резания при фрезеровании существенно отличаются от условий работы другими инструментами, например, при точении и сверлении. В процессе точения и сверления режущие кромки инструмента находятся все время в контакте с обрабатываемой деталью и стружкой, т. е. режут непрерывно до окончания обработки поверхности, при фрезеровании же каждый зуб фрезы участвует в резании периодически, выполняя работу резания лишь в течение незначительной части своего оборота, определяемой углом контакта фрезы с обрабатываемой деталью. За остальную часть оборота зуб фрезы не режет и успевает несколько охладиться. Кроме того, поскольку фреза является многолезвийным инструментом, вся работа резания выполняется большим количеством зубьев (8 – 12 и больше).

5.1. Фреза и ее элементы

Фреза состоит из корпуса (тела) и режущих зубьев. Зубья можно изготовлять за одно целое с корпусом (цельные фрезы) или делать вставными и закреплять в корпусе (фрезы со вставными зубьями).

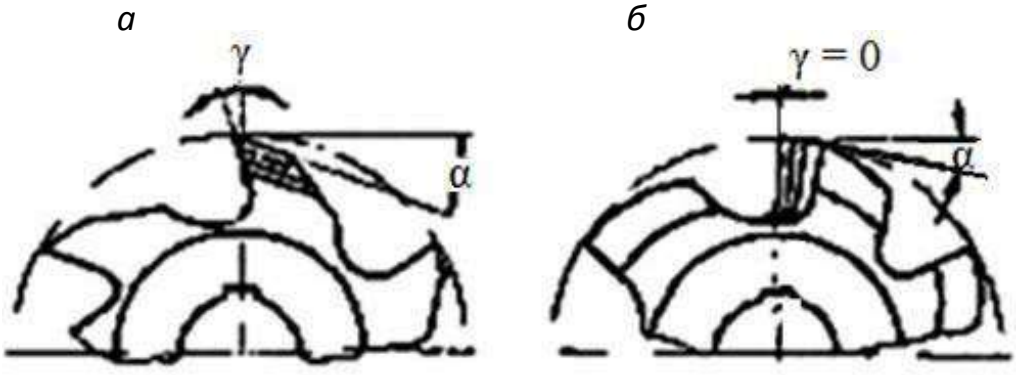


Рис. 5.2. Форма зубьев фрез:
а – остроконечная; *б* – затылованная

В зависимости от конструкции зуба, фрезы бывают с остроконечными (рис. 5.*2, а*) и с затылованными (рис. 5.2, *б*) зубьями.

Фасонные, модульные и резьбовые фрезы изготовляют с затылованными зубьями, остальные – с остроконечными зубьями.

Заднюю поверхность затылованного зуба фрезы обрабатывают по архимедовой спирали (на токарно-затыловочных станках). Особен-

ность фрез с затылованным зубом состоит в том, что их перетачивают только по передней поверхности; наличие зуба с затылком, очерченным по архимедовой спирали, обеспечивает сохранение неизменного фасонного профиля зубьев при переточке и постоянство заднего угла. Передний угол зубьев затылованной фрезы обычно берут, равным нулю.

В отличие от затылованных фрез, переточку фрез с остроконечным зубом производят по задней поверхности.

Фрезы с остроконечным зубом, по сравнению с фрезами с затылованным зубом, *имеют следующие преимущества:*

- простоту изготовления и переточки;
- лучшие условия резания вследствие наличия положительного переднего угла;
- увеличение прочности зуба по мере переточки, в то время как прочность затылованного зуба по мере переточки уменьшается.

К недостаткам фрез с остроконечным зубом относятся:

- невозможность использования для обработки фасонных поверхностей вследствие изменения профиля зубьев при переточке;
- уменьшение пространства между зубьями для размещения стружки по мере переточки.

Фрезы с остроконечным зубом применяют для обработки плоскостей, а с затылованным зубом – для обработки фасонных поверхностей.

5.2. Основные типы фрез

Фрезы для обработки плоскостей. Для обработки плоскостей применяют фрезы цилиндрические цельные (рис. 5.3) и торцевые цельные со вставными ножами, оснащенными пластинками быстрорежущей стали или твердого сплава (рис. 5.4).

Цилиндрические фрезы применяют обычно на горизонтально-фрезерных станках, торцевые – на вертикально-фрезерных, продольно-фрезерных и агрегатных станках.

Фрезы для обработки канавок и пазов. Для обработки канавок и пазов различной формы применяют дисковые фрезы с прямыми или

разнонаправленными зубьями, а также пальцевые или концевые фрезы формы, соответствующей профилю паза (рис. 5.5).

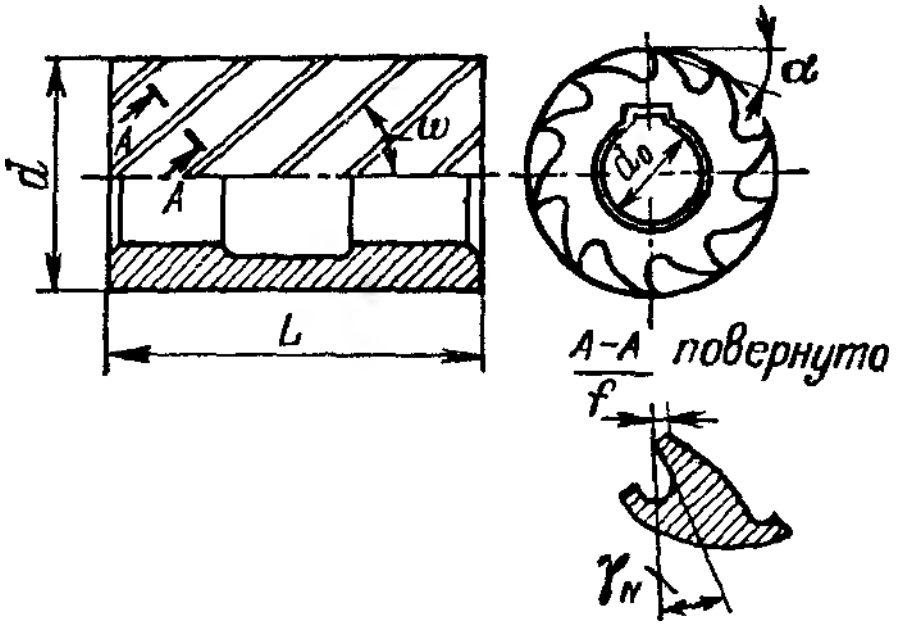


Рис. 5.3. Цилиндрическая фреза

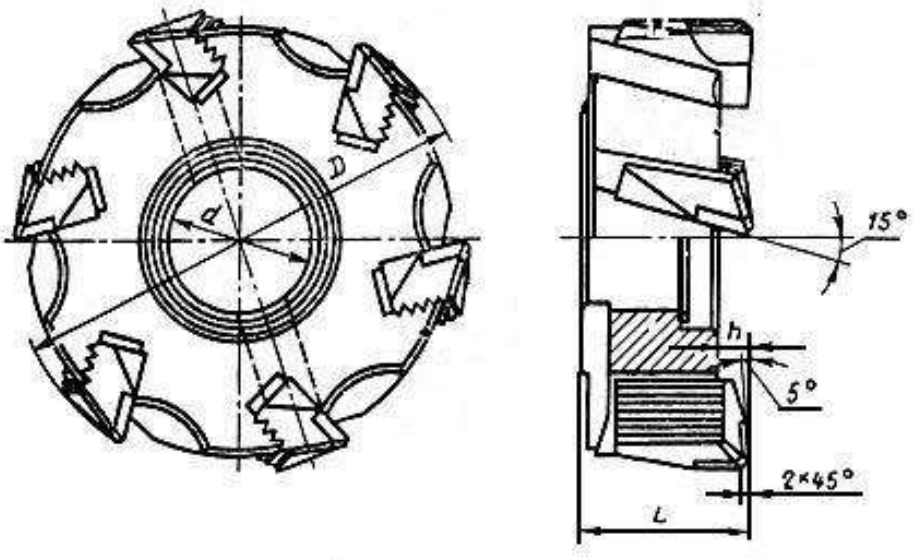


Рис. 5.4. Фреза торцевая со вставными ножами

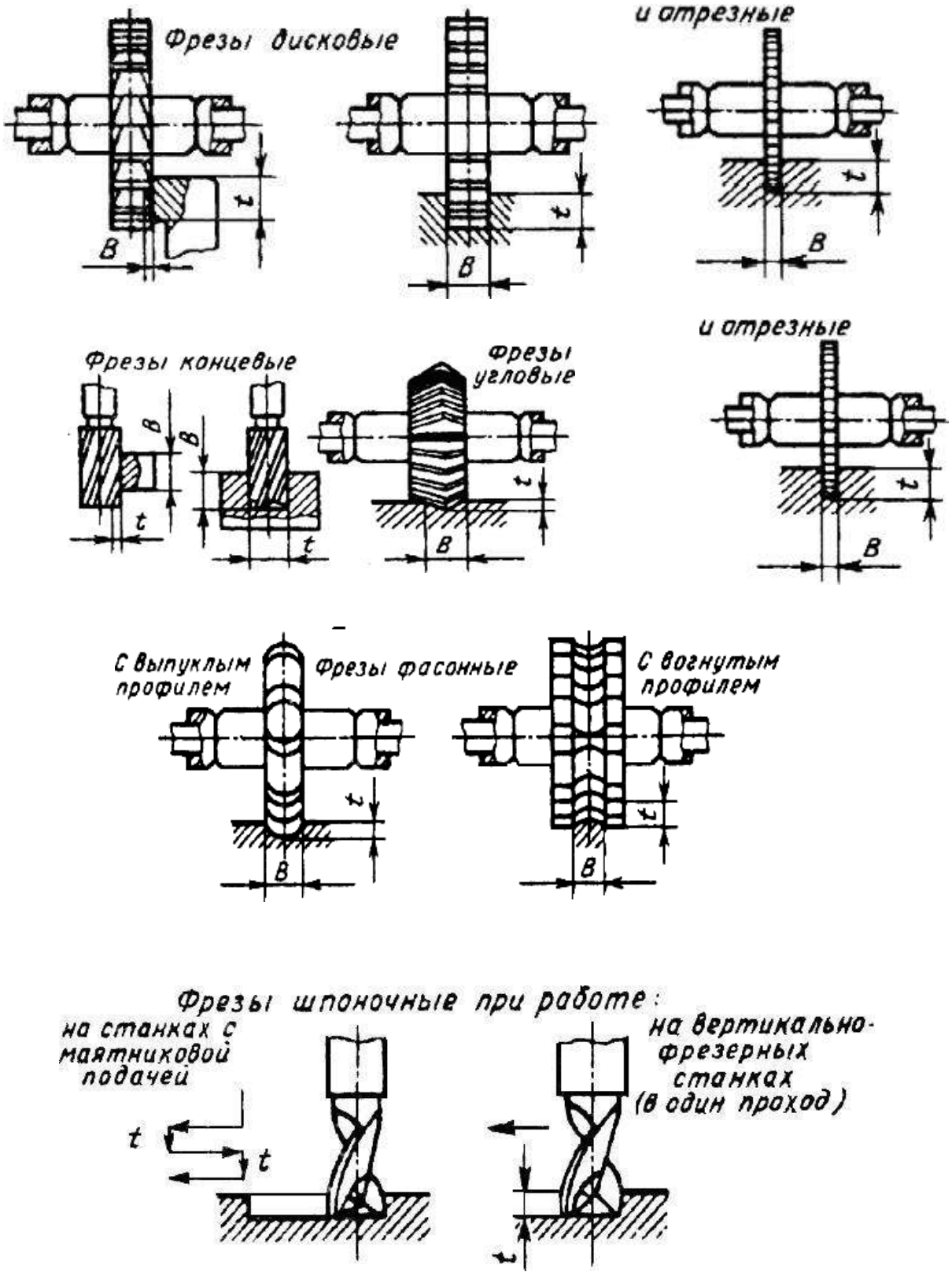


Рис. 5.5. Основные типы фрез

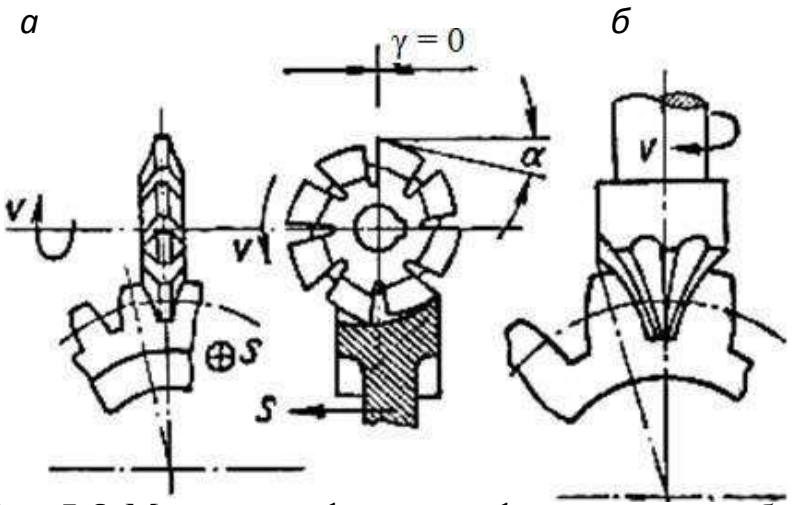


Рис. 5.6. Модульные фрезы для фрезерования зубьев зубчатых колес по методу копирования:
а – дисковая; *б* – пальцевая

Фрезы для обработки зубьев зубчатых колес. Для фрезерования зубьев колес по методу копирования на универсально-фрезерных станках применяют модульные дисковые фрезы (рис. 5.7, *а*) и пальцевые фрезы (рис. 5.7, *б*). При работе на зубофрезерных станках применяют червячные фрезы.

Фрезы для фрезерования резьбы могут быть дисковыми и гребенчатыми. Дисковые фрезы (см. рис. 5.7, *а*) применяют для нарезания трапецеидальной и треугольной резьб. Для фрезерования коротких треугольных резьб употребляют гребенчатые резьбовые фрезы (см. рис. 5.7, *б*).

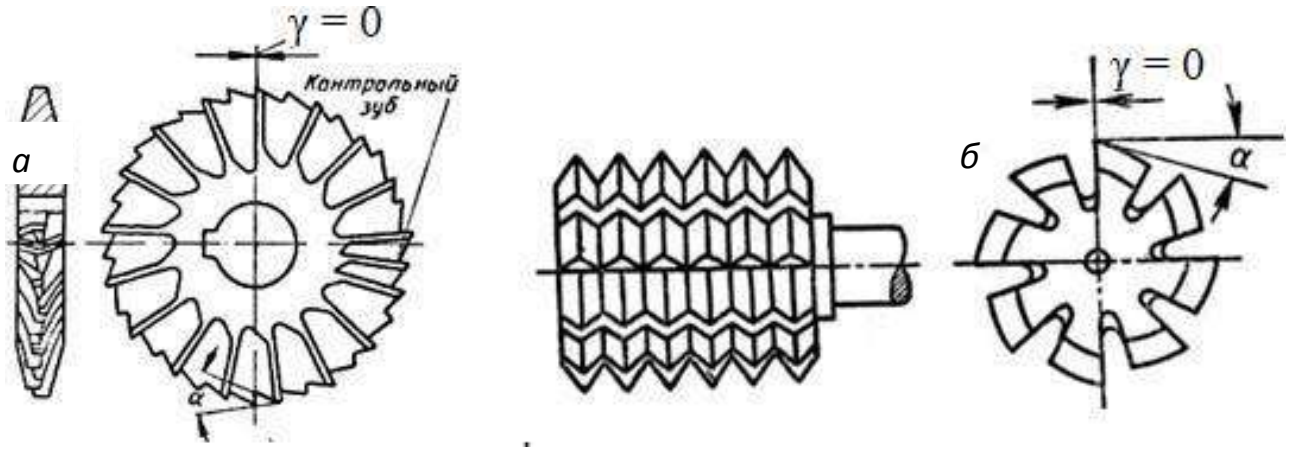


Рис. 5.7. Резьбовые фрезы:
а – дисковая; *б* – гребенчатая

5.3. Режим резания при фрезеровании

Скоростью резания V при фрезеровании называется окружная скорость режущей кромки зубьев фрезы на ее наружном диаметре.

Глубиной резанията называется толщина слоя обрабатываемого материала, снимаемого фрезой за один проход (рис. 5.8, *а, б*).

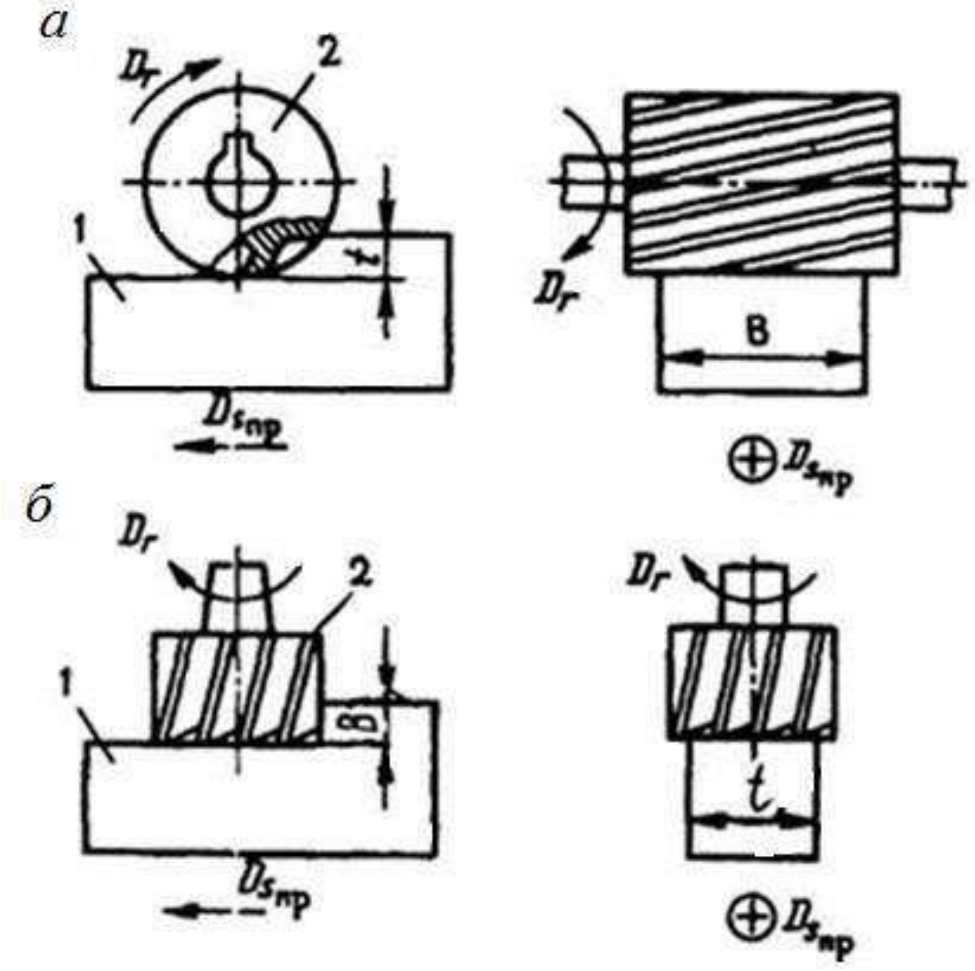


Рис. 5.8. Схемы фрезерования:
а – цилиндрической фрезой; *б* – торцевой фрезой

При симметричном торцевом фрезеровании (рис. 5.8, *б*) глубина резания равна ширине фрезеруемой заготовки, а ширина фрезерования равна толщине срезаемого слоя.

Шириной фрезерования B называется длина поверхности контакта фрезы с обрабатываемой деталью, измеренная в направлении, перпендикулярном к направлению подачи.

Подачей S называется величина перемещения обрабатываемой детали относительно оси фрезы. При фрезеровании различают: подачу на один зуб фрезы S_z, подачу на один оборот фрезы S_o, подачу в

минуту $S_м$. При этом $S_м = S_o \cdot n = S_z \cdot n$, мм/мин, где z – число зубьев фрезы; $n = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D)$ – число оборотов фрезы в минуту.

Величину подачи на один зуб фрезы при фрезеровании стали цилиндрическими фрезами принимают в пределах 0,03÷0,08 мм.

При фрезеровании стали торцевыми фрезами подачи на зуб принимают в пределах 0,04÷0,15 мм.

При обработке чугуна и бронзы значения подачи увеличивают в 1,5 – 2 раза по сравнению с приведенными выше данными для стали.

При фрезеровании деталей тонкостенных, а также имеющих малые опорные поверхности, не обеспечивающие надежного закрепления, подачу следует снижать с целью уменьшения усилий резания.

Основное технологическое время T_o при фрезеровании определяется по формуле, мин.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_м},$$

где $L = l + l_1 + l_2$ – длина фрезеруемой поверхности, мм; l_1 – путь врезания фрезы, мм; l_2 – величина перебега фрезы, мм (рис. 5.9).

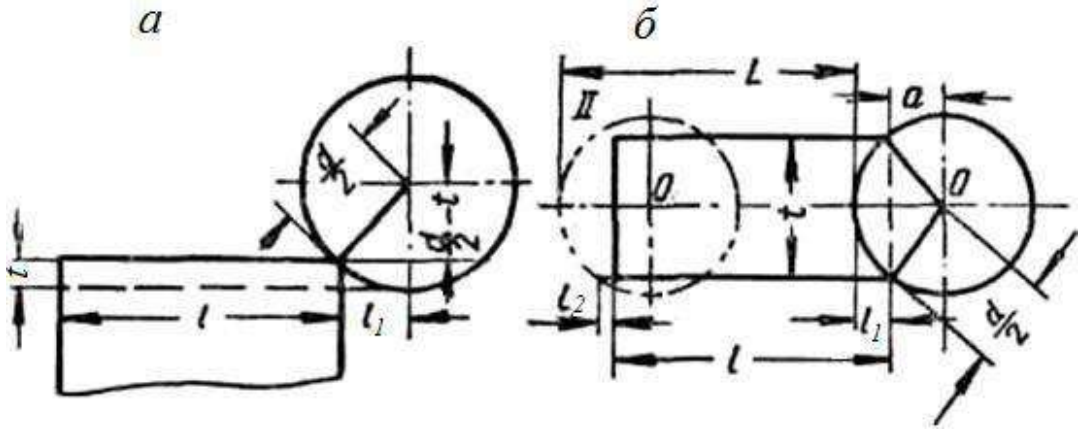


Рис. 5.9. Величины врезания при фрезеровании:
а – цилиндрической фрезой; *б* – торцевой фрезой

При фрезеровании цилиндрическими фасонными фрезами, а также концевыми и дисковыми фрезами (рис. 5.9, *а*) величины врезания и перебега определяются, мм

$$l_1 = \sqrt{t(D - t)} + (0{,}5 \div 3); \quad l_2 = (1 \div 5).$$

При симметричном фрезеровании торцевыми и концевыми фрезами (см. рис. 5.9, *б*), мм:

$$l_1 = 0{,}5\,(D_ф - \sqrt{t(D_ф - B)} + (0{,}5 \div 3{,}5); \; l_2 = (1 \div 6).$$

Величины врезания и перебега, а также рекомендуемые скорости резания и подачи приведены в справочной литературе.

5.4. Силы резания при фрезеровании

Для осуществления процесса фрезерования необходима мощность N_v,

$$N_v = \frac{Mn}{975},$$

где M – крутящий момент на шпинделе станка от сил сопротивлению резания; n – частота вращения фрезы.

В процессе фрезерования на фрезу действуют сила сопротивления резанию, которую можно разложить на три составляющие: радиальную P_y, окружную P_z и осевую P_x (рис. 5.10).

Крутящий момент относительно оси фрезы составляет только сила P_z, следовательно

$$M = \frac{P_z D_ф}{2},$$

где D – диаметр фрезы.

Векторная сумма P_y и P_z составляющих лежит в торцевой плоскости фрезы и может быть разложена на вертикальную P_v и горизонтальную P_s составляющие. P_v стремится оторвать заготовку (прижать) от стола, а сила P_s определяет мощность, необходимую на перемещение стола.

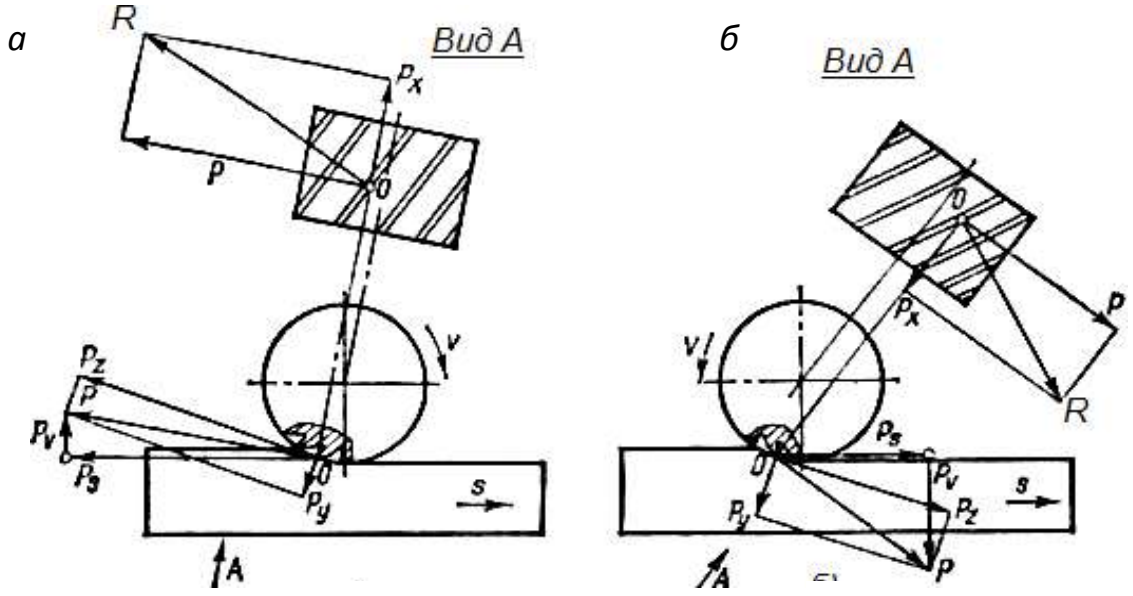


Рис. 5.10. Силы резания:
а – при встречном фрезеровании; *б* – попутном фрезеровании

Сила P_s совпадает с направлением подачи S и называется ***усилием подачи***. Сила P_v называется ***вертикальной силой.***

Для определения составляющей силы резанияR используют окружную силу P_z, а другие составляющие определяют в ее долях. Силу P_z находят по эмпирической формуле

$$P_z = \frac{9{,}85C\ t^x s^y B^u z^r}{D^q n^w} k_\rho,$$

где t – глубина резания, мм; s – подача на зуб, мм/зуб; B – ширина фрезерования, мм; z – число зубьев фрезы; D – диаметр фрезы, мм; n – частота вращения фрезы, об/мин; $x, y, u, r, q. w$ – показатели степени, приведенные в справочниках; C_p – постоянная, учитывающая условия эксперимента, не вошедшие в формулу в явном виде (находится в справочниках); k_p – коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы от экспериментальных при выводе данной формулы

$$P_y = (0{,}3 – 0{,}4)\ P_z;\ P_S = (1 – 1{,}2)\ P_z;\ P_v = (0 – 0{,}2)\ P_z.$$

Чтобы нейтрализовать действие осевого усилия при работе фрезой с винтовыми зубьями, применяют сдвоенные фрезы с правым и левым наклоном зубьев.

5.5. Фрезерные станки

На станках фрезерной группы выполняются различные операции по обработке плоскостей, пазов и фасонных поверхностей с линейной образующей.

Горизонтально-фрезерные станки предназначаются для выполнения разнообразных фрезерных работ. Шпиндель этих станков расположен горизонтально и сообщает вращение фрезе. Обрабатываемая деталь, закрепленная на столе, совершает подачу в продольном направлении.

Универсально-фрезерные станки отличаются от горизонтальных тем, что у них стол может поворачиваться вокруг вертикальной оси (в ограниченных пределах).

Вертикально-фрезерные станки имеют шпиндель, расположенный вертикально; в некоторых моделях этих станков шпиндель может устанавливаться наклонно путем поворота вокруг горизонтальной оси. Общий вид станка представлен на рис. 5.11. На фундаментной плите *1* установлена станина *2*. Вертикальный шпиндель *3* получает вращение от электродвигателя *4* через коробку скоростей *5*.

Станок имеет кронштейн *6*, нижний (поперечный) стол *7*, верхний (продольный) стол *8*. Электродвигатель *9* и коробка подач раз-

мещены в кронштейне станка. Рукоятки P_7 и P_8 переключают зубчатые колеса в коробке скоростей, маховичок P_3 служит для настройки коробки подач. Движениями стола управляют при помощи рукояток от P_5 до P_9.

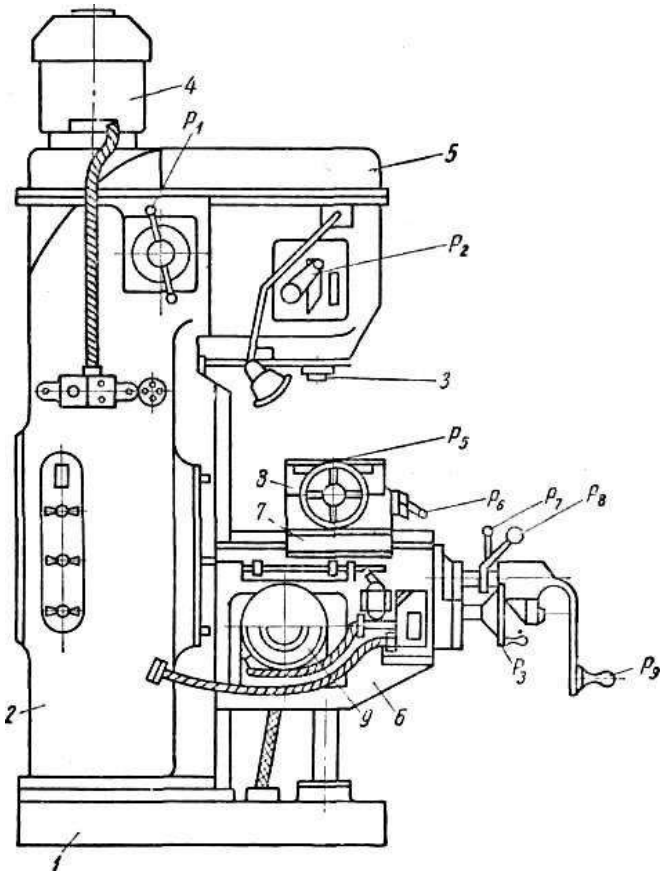


Рис. 5.11. Общий вид вертикально-фрезерного станка:
1 – фундаментная плита; *2* – станина; *3* – шпиндель; *4* – электродвигатель; 5 – коробка скоростей; *6* – кронштейн; *7* – нижний (поперечный) стол; *8* – верхний (продольный) стол; *9* – электродвигатель и коробка подач

Продольно-фрезерные станки бывают одно- двух-, трех- и четырехшпиндельные; в последних двух случаях один или два шпинделя вертикальные, два других – горизонтальные

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Особенности процесса резания при фрезеровании.
2. Что относится к элементам режима резания при фрезеровании?
3. Для чего необходимо знание составляющих силы резания при фрезеровании?
4. Встречное и попутное фрезерование, достоинства и недостатки этих методов.
5. Типы фрез (не менее пяти) и область их применения.
6. Конструктивные особенности режущих элементов фрез.
7. Назовите типы фрезерных станков общего назначения.

8. В чем различие методов простого деления, комбинированного и дифференциального деления на различных делительных операциях при фрезеровании.

9. Какие приспособления используют для закрепления заготовки и инструмента на фрезерных станках? Расскажите, по каким поверхностям затачивают фрезы.

6. ОБРАБОТКА СТРОГАНИЕМ, ДОЛБЛЕНИЕМ И ПРОТЯГИВАНИЕМ

Строганием и долблением производят обработку, главным образом, плоских поверхностей, а также различных пазов и канавок в основном в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Движение резания поступательно-возвратное состоит из рабочего и холостого хода, движение подачи прерывистое, совершается в конце холостого хода.

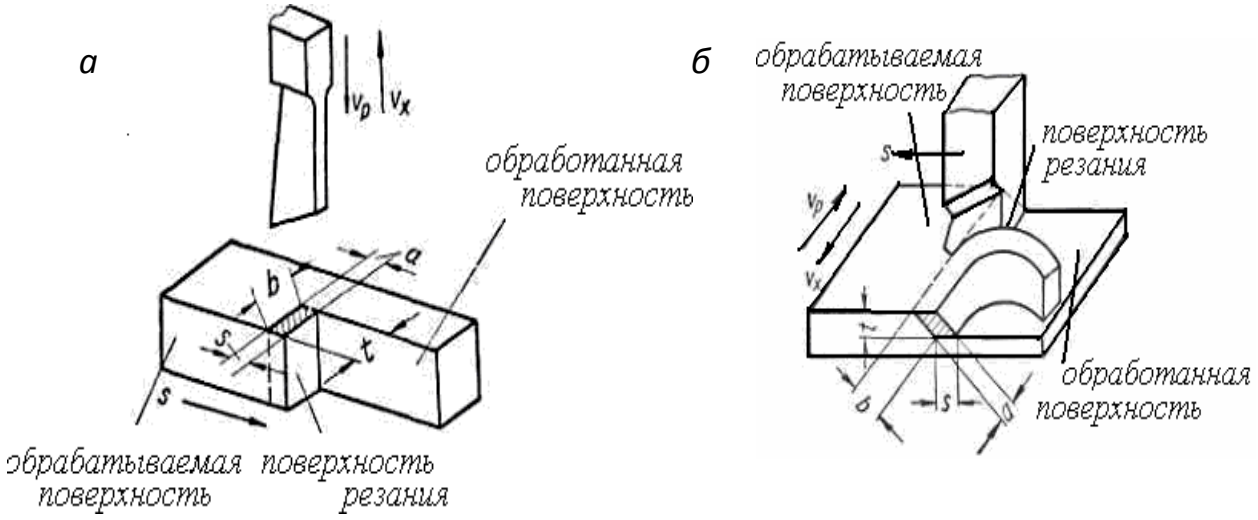


Рис. 6.1. Схемы процесса резания:
а – схема процесса долбления; *б* – схема процесса строгания на продольно-строгальном станке

Строгание производят на продольно-строгальных и поперечно-строгальных станках.

При работе на продольно-строгальных станках поступательно-возвратное движение совершает обрабатываемая деталь, а резец получает периодическую подачу в поперечном направлении (рис. 6.1, *б*).

При работе на поперечно-строгальных станках поступательно-возвратное движение совершает резец, а обрабатываемая деталь получает движение периодической поперечной подачи.

При долблении (рис. 6.1, *а*) резец получает поступательно-возвратное движение в вертикальном направлении, а обрабатываемая деталь – периодическую подачу в одном из трех направлений: продольном, поперечном или круговом.

Особенности процесса резания при строгании и долблении

Работа строгального и долбежного резцов имеет характер прерывистого резания. Врезание в заготовку в начале каждого рабочего хода сопровождается ударами. Во время холостого хода резец остывает. Нестабильный тепловой режим, при котором инструмент претерпевает циклический нагрев и охлаждение, существенно ухудшает условия его работы, приводит к усталостным явлениям, снижает его стойкость по сравнению с токарными резцами. Циклические ударные нагрузки накладывают определенные ограничения на выбор скорости резания. Наличие возвратно-поступательного движения, а также большие перемещающиеся массы и большие инерционные усилия при реверсировании движения ограничивают возможности применения больших скоростей резания.

6.1. Строгальные и долбежные резцы. Элементы резания при строгании и долблении

Элементы строгальных и долбежных резцов представлены на рис. 6.2, *а* и *б*. Геометрия строгальных и долбежных резцов аналогична геометрии токарных.

Строгальные резцы для обработки поверхностей твердых отливок, как правило, делают с изогнутым стержнем, чтобы при встрече с твердыми шлаковыми включениями в корке детали резец отгибался и, описывая дугу окружности вокруг точки *а* (рис. 6.2, *в* и *г*), мог бы приподняться над обработанной поверхностью. Вследствие этого предотвращается порча обработанной поверхности и в то же время режущая кромка предохраняется от повреждения. В случае прямого резца (рис. 6.2, *в*) возможно повреждение обработанной поверхности.

Элементы резания (рис. 6.3). В процессе строгания и долбления поступательно-возвратное перемещение детали или резца является главным движением, а прерывистые (периодические) перемещения резца или детали в направлении, перпендикулярном к направлению движения, представляют собой подачу.

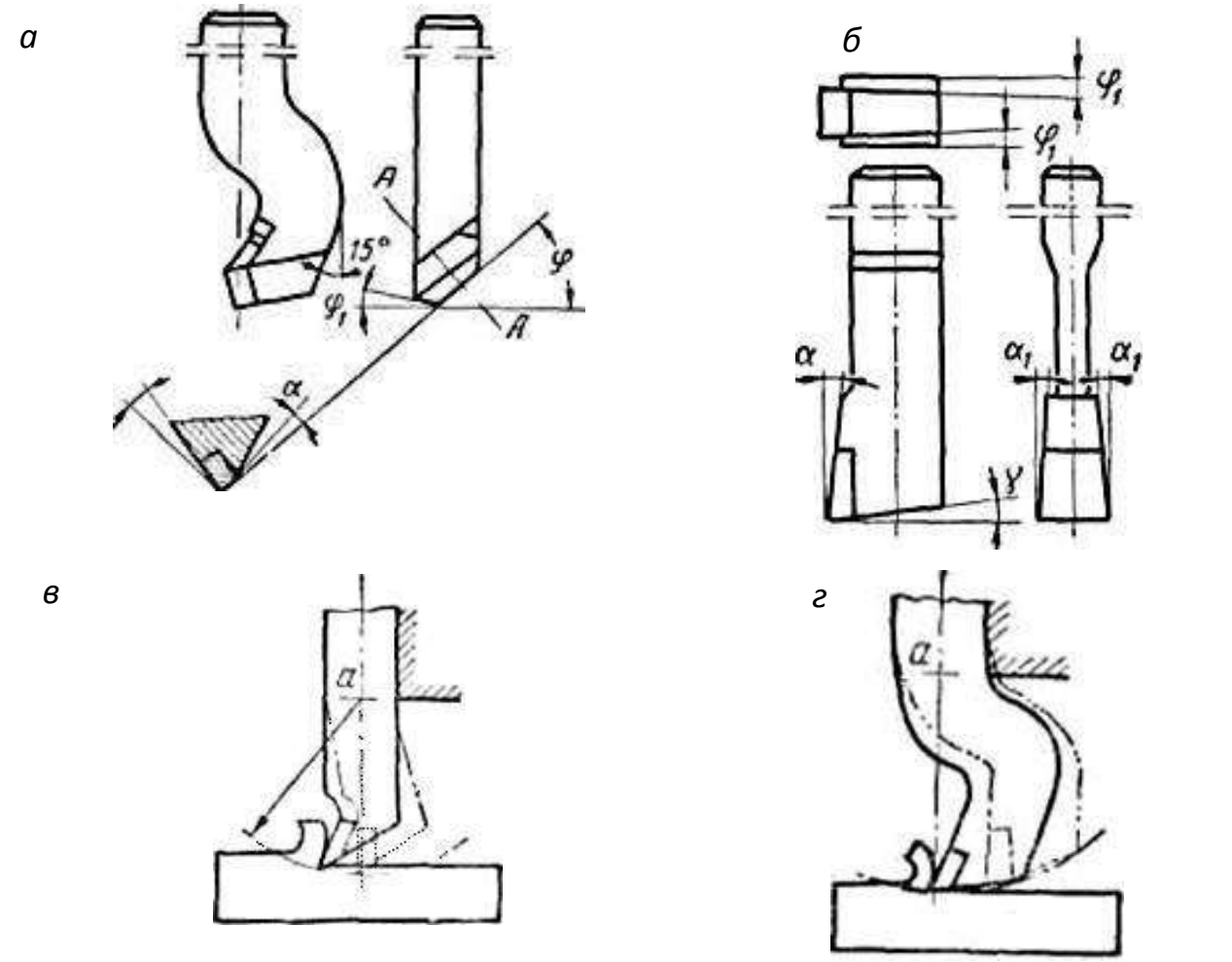


Рис. 6.2. Геометрические параметры резцов:
а и *б* – углы заточки строгального и долбежного резцов; *в* и *г* – схемы деформации строгальных резцов в процессе резания

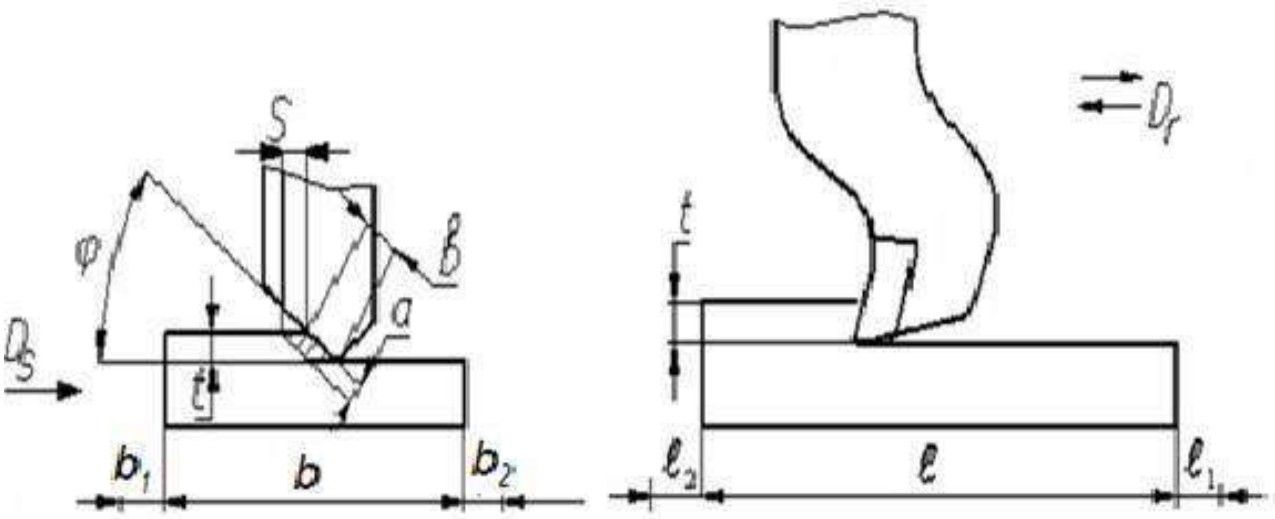


Рис. 6.3. Элементы режима резания при строгании

При работе на строгальных и долбежных станках резание осуществляется только во время рабочего хода. Во время обратного хода

резец не режет и успевает несколько остыть. В связи с этим принудительное охлаждение при строгальных и долбежных работах обычно не применяют.

В начале каждого рабочего хода врезание резца в обрабатываемый материал сопровождается ударом. Эти удары могут явиться причиной поломки резцов, поэтому строгальные резцы делают обычно большего сечения, чем токарные.

В общем случае скорость резания при строгании определяется по формуле

$$V_{\text{р.х.}} = \frac{nL}{1000}(1+m),$$

где $L = l + l_1 + l_2$ – длина хода резца, мм; l – длина поверхности строгания, мм; l_1 – перебег резца при холостом обратном ходе, мм; l_2 – перебег резца при рабочем ходе, мм; n – число двойных ходов резца или стола в минуту; m – отношение скорости рабочего хода $V_{\text{р.х}}$ к скорости холостого хода $V_{\text{х.х.}}$. При работе на поперечно-строгальных станках ($l_1 + l_2$) – принимается равным 35÷75 мм.

При одинаковых скоростях рабочего и холостого ходов

$$V_{\text{р.х}} = V_{\text{х.х}} = \frac{2nL}{1000}, \quad \text{откуда} \quad n = \frac{500V}{L}.$$

Основное технологическое время при строгании и долблении определяется по формуле, мин.,

$$T = B/n\,S,$$

где B – расчетная ширина прохода резца, мм; S – подача за двойной ход, мм; n – число двойных ходов резца или стола, мин.;

$$B = b + b_1 + b_2,$$

где b – ширина детали, мм; b_1 – путь врезания; b_2 – путь перебега резца

$$b_1 = t \cdot \text{ctg}\varphi,\ b_2 = (2 – 10) \text{ мм}.$$

6.2. Станки строгальной группы

Станки строгальной группы подразделяются на следующие типы.

Поперечно-строгальные станки, служащие для обработки деталей с длиной строгания, обычно не превышающей 600 – 700 мм.

Продольно-строгальные станки, применяемые для обработки крупных деталей. Они бывают двух- и одностоечными; к их числу относятся также кромкострогальные станки для обработки кромок стальных листов и плит.

Долбежные станки, применяемые главным образом для изготовления шпоночных пазов в отверстиях, а также вообще для обработки внутренних и наружных поверхностей деталей.

Поперечно-строгальный станок. Общий вид поперечно-строгального станка (с наибольшей длиной хода ползуна 650 мм) показан на рис. 6.4. От электродвигателя движение через коробку скоростей и механизма качающейся кулисы, размещенные внутри станины *1*, передается ползуну *6* и столу *2*. На ползуне *6* закреплен суппорт *4* с откидным резцедержателем. Стол *2* по направляющим траверсы совершает движение периодической подачи при помощи храпового механизма.

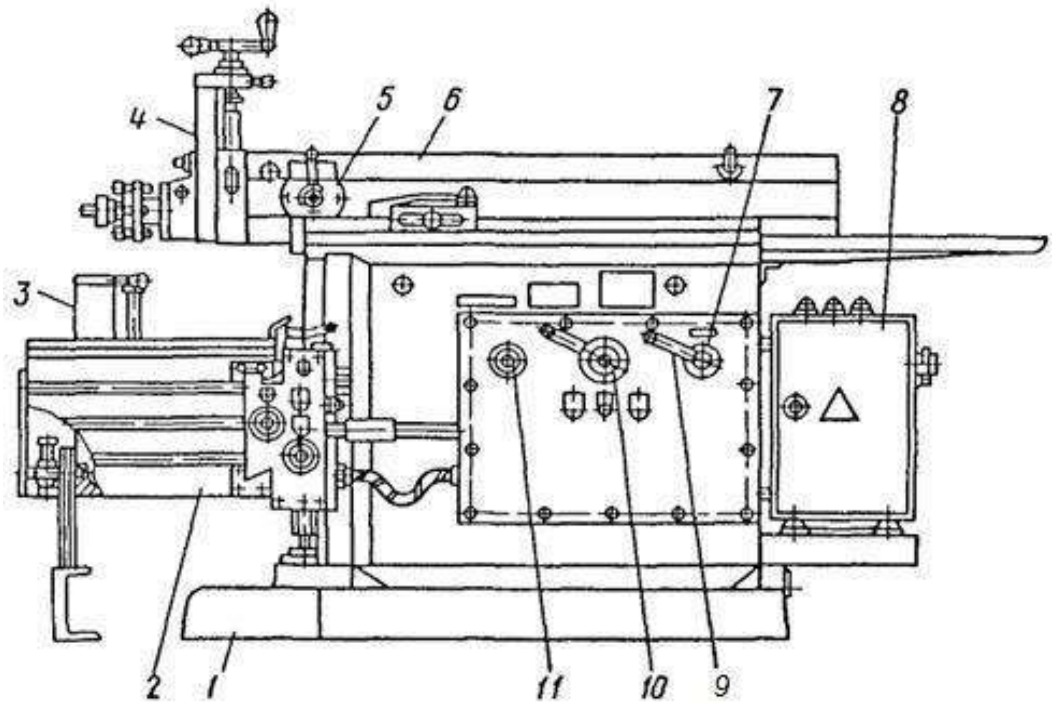


Рис. 6.4. Общий вид поперечно-строгального станка:
1 – станина; *2* – поперечина со столом; *3* – стружкосборник; *4* – суппорт;
5 – механизм вертикальной подачи; *6* – ползун; *7* – коробка скоростей;
8 – электрооборудование; *9* –механизм переключения скоростей;
10 – коробка подач; *11* – механизм кулисный

Подъем и опускание траверсы вместе со столом производятся путем вращения винта *3* (вручную). Суппорт *4* может перемещаться в вертикальном или наклонном направлении вручную P_t или автоматически.

Долбежный станок. Общий вид станка представлен на рис. 6.5. Обрабатываемая деталь может получать продольную, поперечную и круговую подачи. Для этого на основном столе станка, расположенном на горизонтальных направляющих станины, помещен другой вращающийся круглый стол с делительным механизмом. Резец за-

креплен в ползуне, установленном на вертикальных направляющих станины, и ему сообщается возвратно-поступательное движение в вертикальном направлении.

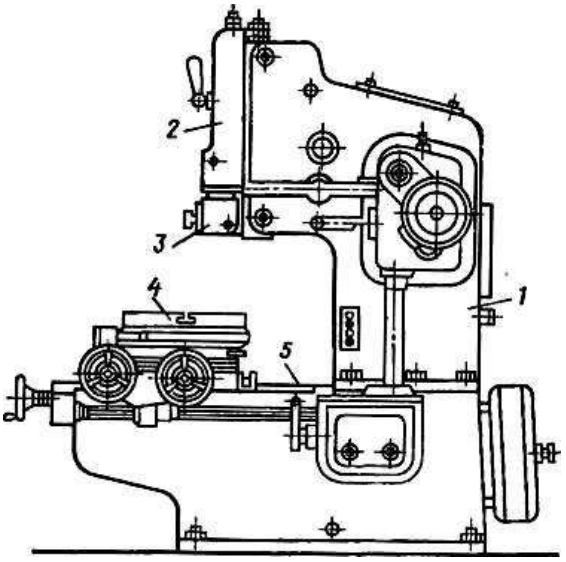


Рис. 6.5. Общий вид долбёжного станка:
1 – станина; *2* – ползун(долбяк); *3* – резцедержатель;*4* – круглый верхний стол; 5 – направляющие станины

В станине *1* расположены все механизмы станка. В ее вертикальных направляющих движется ползун *2*, совершающий вниз рабочий ход и вверх вспомогательный ход. В резцедержателе *3* крепят резец. Деталь устанавливают на столе *4*, перемещающемся по направляющим *5*. Стол, кроме того, может вращаться.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. От каких параметров зависит скорость рабочего хода ползуна?
2. Почему скорость холостого хода ползуна выше скорости рабочего хода?
3. Какие недостатки присущи поперечно-строгальному станку с кривошипно-кулисным приводом ползуна?
4. Почему строгальный резец имеет изогнутую форму? Пояснить эскизом.
5. От чего зависит длина хода ползуна и как она регулируется?

6.3. Обработка на протяжных станках

6.3.1. Протягивание и схемы резания при протягивании внутренних наружных поверхностей

Протягивание – механическая обработка внутренних и наружных поверхностей с прямолинейной образующей с помощью многолезвийного режущего инструмента – протяжки. Главное движение

при протягивании – поступательное движение протяжки. Заготовка при прямолинейном протягивании неподвижна.

Протягивание – высокопроизводительный метод обработки поверхностей различной степени сложности. Особенно эффективно протягивание сложных и фасонных профилей заготовок. Протягивание заготовок находит широкое применение.

Протягиванием обрабатывают различные внутренние и наружные, а также полуоткрытые поверхности (рис. 6.6).

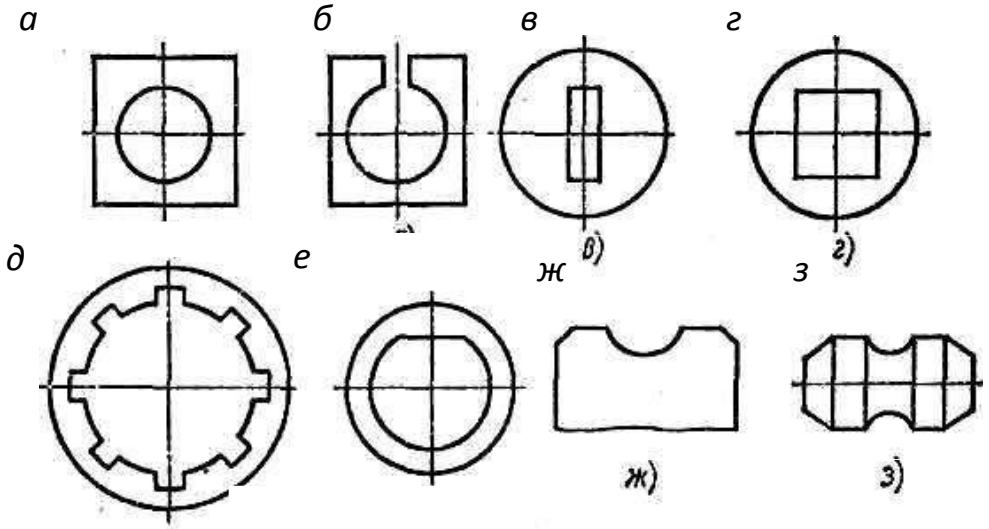


Рис. 6.6. Основные виды обрабатываемых поверхностей при протягивании:
а, б, в, г, д, е – внутренние поверхности; *ж, з* – наружные поверхности

При внутреннем свободном притягивании заготовки *2* (рис. 6.7, *а*), имеющие предварительно обработанное отверстие, базируют торцовой поверхностью на опорной плите *1* протяжного станка. Внутренняя протяжка имеет следующие составные части: хвостовик с замковой частью *8*, переходной конус *3*; переднюю направляющую *7* (для направления протяжки в начале ее работы по предварительно обработанному отверстию); режущую часть *6*, которая срезает основной закреплен в ползуне, установленном на вертикальных направляющих станины, и ему сообщается возвратно-поступательное движение в вертикальном направлении.

Прошивку (рис. 6.7, *б*) устанавливают передней направляющей *4* в отверстие заготовки *5*, установленной на опорной плите *6* прошивочного станка. Прошивка имеет режущую *3* и калибрующую *2* части, а также заднюю направляющую *1*. Прошивки чаще всего применяют для калибрования внутренних отверстий высокой точности. Иногда последние секции прошивки или протяжки выполняют полукруглыми для развальцовки – сглаживания шероховатости и придания поверхности высоких эксплуатационных свойств.

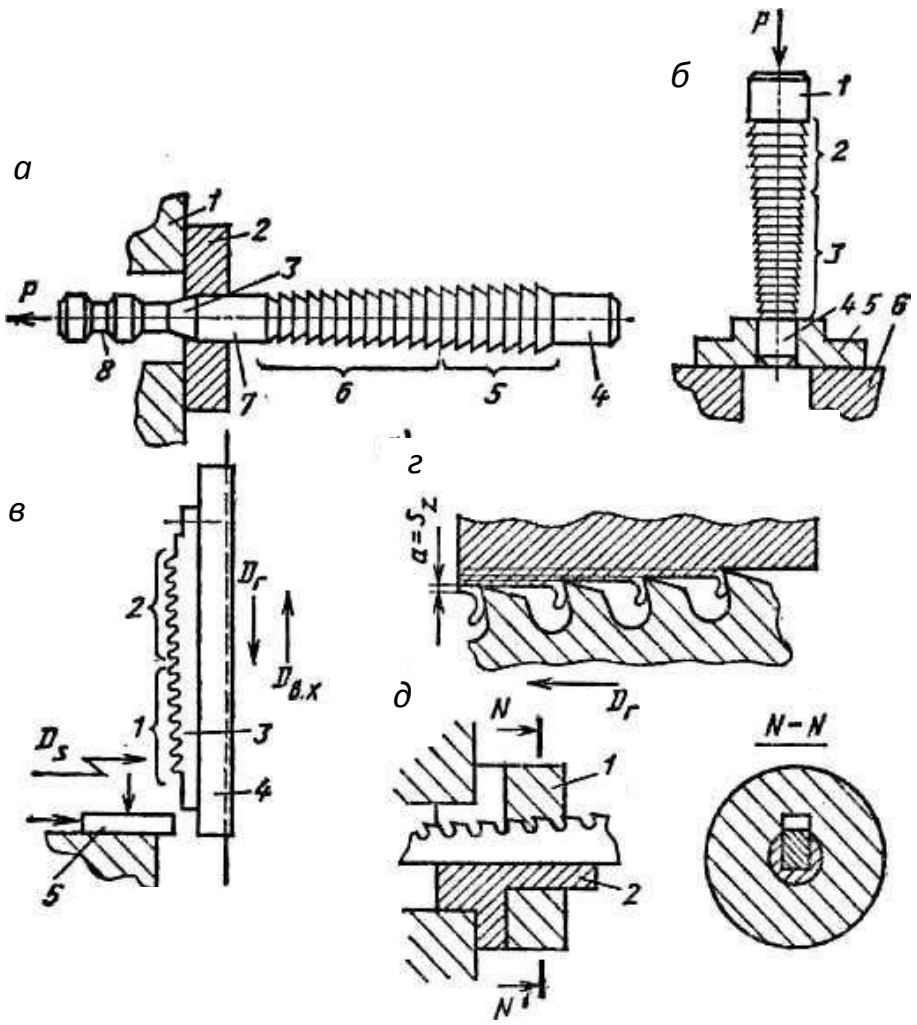


Рис. 6.7. Схемы обработки:
а – на горизонтально-протяжном станке; *б* – на прошивном станке;
в – на вертикально-протяжном станке; *г* – срезание припуска при протягивании;
д – шпоночного паза

Особенности протяжек, осуществляющих протягивание наружных поверхностей, заключаются в том, что они не имеют ни передних, ни задних направляющих. Наружная протяжка *3* (рис. 6.7, *в*), жестко закрепленная на каретке *4* протяжного станка, имеет также режущую *1* и калибрующую *2* части. Заготовка *5*, жестко закрепленная на столе станка, отводится по окончании цикла обработки и снимается со станка. Схема срезания припуска при протягивании приведена на рис. 6.7, *г*. На рис. 6.7, *д* показана схема протягивания шпоночного паза заготовки *1*, установленной на оправке *2*.

При протягивании применяют профильную, генераторную и прогрессивную схемы срезания припуска (рис. 6.8). При профильной (рис. 6.8, *а*) схеме срезания припуска геометрическая форма всех зубьев подобна профилю окончательно обработанной поверхности

заготовки. Вписанный контур соответствует форме первого зуба, а описанный – форме последнего зуба протяжки.

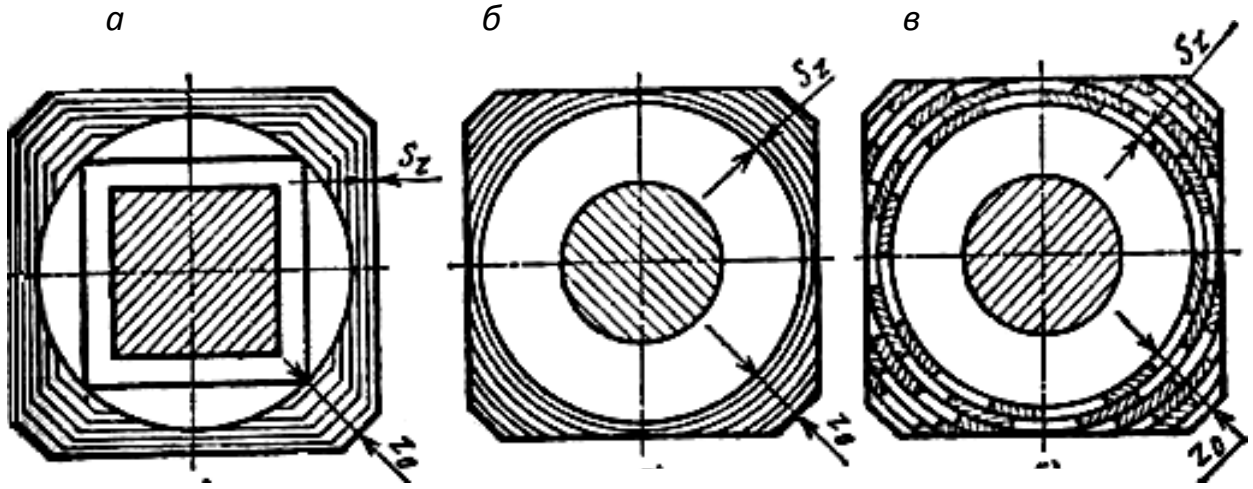


Рис. 6.8. Схемы резаН ри протягивании:
а – профильная; *б* – генераторная схема; *в* – прогрессивная

Такая схема резания имеет ограниченное применение вследствие трудности изготовления профильных протяжек. По профильной схеме работают протяжки круглого профиля, а также наружные протяжки, обеспечивающие высокое качество обработанной поверхности.

При генераторной схеме срезания припуска первый зуб протяжки имеет круглую форму, все последующие зубья имеют также круглую форму в виде частей окружности – дуг (рис. 6.8, *б*). Протяжки, работающие по генераторной схеме, более просты в изготовлении, их проще затачивать повторно и себестоимость их изготовления ниже, чем протяжек, работающих по профильной схеме. Квадратные, многогранные, координатные протяжки для срезания припуска изготовляют по генераторной схеме.

Если невозможно резание по генераторной схеме (сила резания первыми тремя зубьями превышает предельно допустимую силу разрыва опасного сечения или припуск на зуб менее 0,02 мм – когда резание становится неэффективным), применяют прогрессивную схему резания (рис. 6.8, *в*). Эта схема предусматривает разделение срезаемого слоя на несколько слоев с большим припуском на зуб. У протяжки, работающей по этой схеме, режущие зубья разделены на группы (два, три и т. д.), имеющие одинаковый наружный размер. При этом срезаются узкие стружки. Стойкость такой протяжки в среднем в 2 раза выше, чем протяжки, работающей по генераторной схеме резания.

Протяжки, работающие по прогрессивной схеме, более сложны в изготовлении, чем протяжки, работающие по профильной или генераторной схеме.

В качестве СОТС при протягивании используют эмульсии, сульфофрезол, а также смесь керосина и масла. Обработка чугунных заготовок производится без охлаждения.

6.3.2. Элементы режима резания при протягивании

Определение режимов резания при протягивании сводится к назначению скорости резания, так как толщина a и ширина b срезаемого слоя обусловлены конструктивными особенностями протяжки.

Скорость резания при протягивании – скорость относительного перемещения протяжки и заготовки в главном рабочем движении. Скорость резания выбирают, исходя из требования к качественным параметрам обрабатываемой поверхности. Обычно V = 3÷20 м/мин или V = 0,05÷0,4 м/с. При конструировании протяжки задается S_z = 0,015÷0,08 мм/зуб – при профильной схеме срезания припуска и S_z = 0,15÷0,35 мм/зуб – при прогрессивной схеме резания, в зависимости от обрабатываемого материала. Ширина срезаемого слоя b измеряется вдоль режущей кромки. У шпоночной протяжки – это ширина паза, у протяжек других видов ширина равна длине активной части режущей кромки. У круглых протяжек ширина резания равна длине окружности.

Основное время (мин) при протягивании выбирают за один цикл протягивания:

$$T_{\text{о}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{1000Vq}k,$$

где L – длина рабочего хода протяжки, мм; k = 1,2÷1,5 – коэффициент, учитывающий соотношение скоростей рабочего и вспомогательного хода протяжки; V – скорость резания, м/мин; q – число одновременно обрабатываемых заготовок.

Длина рабочего хода $L = l_{\text{р}} + l_{\text{З}} + l_{\text{д}} + l_{\text{доп}}$; где $l_{\text{р}}$ – длина рабочей части протяжки; $l_{\text{з}}$ – длина задней направляющей; $l_{\text{д}}$ – длина протягиваемой поверхности; $l_{\text{доп}}$ = 30÷50 мм – суммарная длина на вход и перебег протяжки.

6.3.3. Сила резания при протягивании

Для расчета протяжек на прочность и для определения мощности привода станка необходимо знать силу резания при протягивании. Она определяется по формуле

$$P_z = F_y \cdot \Sigma b,$$

где F_y – сила резания, приходящаяся на единицу длины режущей кромки зуба (удельная сила резания); Σb – суммарная длина режущих кромок, одновременно участвующих в резании, определяется по формулам:

– для цилиндрических отверстий – $\Sigma b = \pi d z_i$;

– шлицевых отверстий и шпоночных пазов – $\Sigma b = b_i n z_i$,

где d – наибольший диаметр протяжки; z_i – наибольшее число одновременно работающих зубьев; b_i – ширина шлица или шпонки; n – число шлицев или шпоночных пазов.

Внутренние протяжки рассчитываются по напряжению на разрыв по опасному сечению хвостовика и стружечной канавки перед первым режущим зубом:

$$\sigma = \frac{Pz}{F},$$

где F – площадь наименьшего сечения протяжки, м^2.

Эффективная мощность (Вт) резания при протягивании

$$N_э = P_z V,$$

где P_z, V – сила и скорость резания при протягивании.

$$V = \frac{C v_y}{T^m S_z},$$

где C_v – коэффициент, характеризующий условия резания; T – стойкость инструмента, мин; S_z – подача на зуб, мм. Значения C_v и показателей степеней m и y приведены в справочной литературе.

6.3.4. Типы протяжек, их конструктивные элементы и геометрические параметры

Принципиальное отличие протягивания от других видов механической обработки заключается в том, что при протягивании отсутствует движение подачи D_s. Значение подачи при протягивании заложено в конструкции инструмента. Размер каждого последующего режущего элемента протяжки больше предыдущего на величину, численно равную S_z – подаче на зуб. Каждый зуб протяжки в отличие от зуба фрезы только один раз участвует в обработке данной заготовки;

так как суммарное число зубьев, участвующих в резании, велико, то в работе одновременно находится несколько зубьев (три – шесть).

Существуют протяжки нескольких типов. Круглые протяжки предназначаются для обработки внутренних цилиндрических поверхностей (см. рис. 6.7, *а,* 6.9).

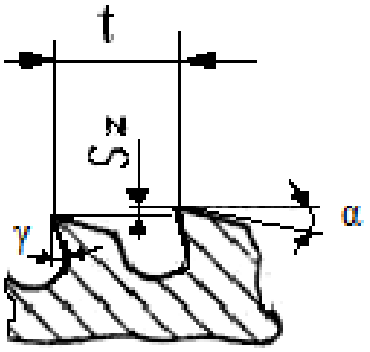


Рис. 6.9. Геометрические параметры зубьев протяжки

Шлицевые протяжки применяют для обработки прямых и винтовых шлицевых канавок. Канавки изготовляют прямыми и эвольвентного профиля.

Шпоночные протяжки применяют для обработки шпоночных пазов. Обработка заготовки *1* шпоночной протяжкой производится с помощью специального приспособления – оправки *2* (см. рис. 6.7, *д*).

Многогранные протяжки применяют для обработки граненых отверстий с любым числом сторон. Многогранные протяжки работают по генераторной схеме резания.

Плоские протяжки предназначаются для обработки плоских поверхностей (см. рис. 6.7, *в*). Они работают по профильной и прогрессивной схемам резания.

Протяжки являются сложным по конструкции и дорогим инструментом, в связи с чем они должны иметь максимально возможную стойкость. У шпоночных протяжек из быстрорежущих сталей стойкость $T > 120$ мин, у шлицевых $T > 420$ мин при обработке стальных заготовок. Для изготовления цельных протяжек применяют следующие быстрорежущие стали: Р6М5, Р9, Р9Ф5, Р9К5 и др. В некоторых случаях применяют для изготовления протяжек углеродистые и легированные стали (9ХС, ХВГ и др.). Стойкость протяжек из легированных сталей в 2 – 2,5 раза выше стойкости протяжек из быстрорежущих сталей.

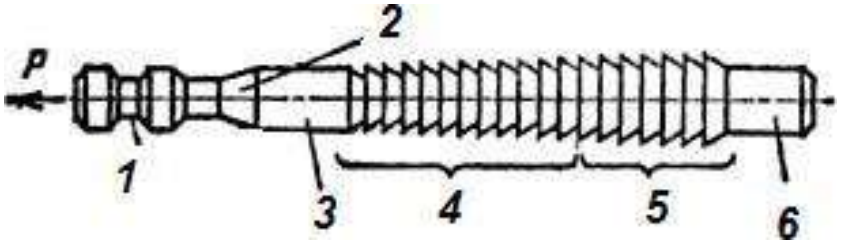


Рис. 6.10. Конструкция внутренней протяжки:
1 – хвостовик; *2* – переходный конус; *3* – передняя направляющая поверхность;
4 – режущая часть протяжки; *5* – калибрующая часть протяжки;
6 – задняя направляющая

Переходной конус внутренней протяжки *2* (рис. 6.10) служит для плавного входа протяжки в обрабатываемое отверстие. Его длина обычно равна 20 мм. Угол конуса 15 – 30°. Передняя направляющая *3* протяжки обеспечивает ее центрирование по предварительно обработанному отверстию и тем самым гарантирует правильный вход режущих зубьев протяжки в начальный период обработки. Диаметр или размер направляющей равен наименьшему диаметру или размеру предварительно обработанного отверстия. Задняя направляющая *6* необходима для правильного выхода последних зубьев протяжки из обрабатываемого отверстия (во избежание перекоса заготовки). Длина задней направляющей равна половине длины обрабатываемого отверстия.

Рабочая часть протяжки состоит из режущих *4* и калибрующих *5* зубьев. Иногда вместо калибрующих зубьев применяют выглаживающие. Число режущих зубьев

$$z_p = \frac{z_0}{S_z} + (2 \div 4),$$

где z_0 – припуск на обработку поверхности; S_z – подача на зуб.

Число калибрующих зубьев берут равным 3 – 8, в зависимости от точности обрабатываемой поверхности. Чем выше точность, тем больше число калибрующих зубьев. Точность поверхностей, обрабатываемых протягиванием, соответствует 6 – 7-му квалитету.

Передний угол γ выбирают для режущих и калибрующих зубьев $\gamma = 5 \div 10°$. Задний угол α у протяжек выбирают, исходя из условия сохранения размеров при повторных заточках. Для внутренних протяжек для режущих зубьев $\alpha = 2 \div 4°$, а для калибрующих $\alpha = 1 \div 30'$. Для наружных протяжек $\alpha = 7 \div 10°$ для режущих зубьев, а для калибрующих $\alpha = 3 \div 4°$.

Подачу на зуб S_z при конструировании протяжек выбирают, исходя из конкретных условий; она зависит от обрабатываемого материала.

Для уменьшения износа и улучшения условий срезания припуска S_z >> 0,02 мм. Для сталей S_z = 0,07÷0,15 мм; для чугуна S_z = 0,1 ÷0,2 мм; для бронз, латуни S_z = 0,2 мм; для алюминия S_z = 0,1 мм.

6.3.5. Протяжные станки. Основные параметры

Протяжные станки подразделяют на несколько основных типов:

- *по степени универсальности* – станки общего назначения и специальные;
- *назначению* – станки для внутреннего и наружного протягивания;
- *направлению главного движения и степени автоматизации* – станки с вертикальным и горизонтальным главным движением и станки непрерывного действия.

Основными характеристиками протяжного станка являются наибольшая тяговая сила, длина хода штока и диапазон скоростей протягивания. Современные протяжные станки создают усилие $3 \cdot 10^4 \div 10^5$ Н. Диапазон скоростей протягивания на протяжных станках 0,3÷20 м/мин.

На протяжных станках главное движение чаще совершает протяжка, а заготовка установлена неподвижно (см. рис. 6.6), подача обеспечивается конструкцией протяжного инструмента.

Горизонтально-протяжные станки

Горизонтально-протяжные станки применяют в основном для обработки внутренних поверхностей, их тяговая сила составляет 30÷100 000 Н, скорость рабочего хода 0,3÷20 м/мин. Длина хода каретки 1000 – 2000 мм. Горизонтально-протяжной станок (рис. 6.11) состоит из станины *1* коробчатой формы, гидронасоса *2*, гидроцилиндра *3*, каретки *4*, несущей шток, и замкового приспособления. Каретка перемещается по горизонтальным направляющим *7*.

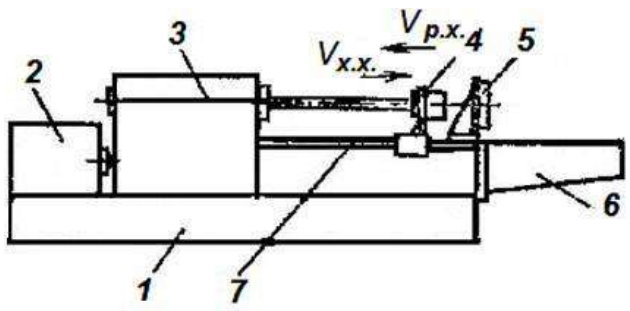


Рис. 6.11. Горизонтально-протяжной станок:
1 – станина; *2* – гидронасос;
3 – гидроцилиндр; *4* – каретка;
5 – опорная плита; *6* – корыто;
7 – направляющие

Для установки заготовки служит опорная плита *5*. Для фиксирования тяжелых протяжек устанавливают иногда дополнительный люнет на направляющие корыта *6*. Люнет удерживает задний хвостовик протяжки во время протягивания, предохраняя ее от провисания. Корыто служит также для приема стружки, отработанной СОЖ и мелких заготовок.

Протягивание осуществляется следующим образом. Обрабатываемую заготовку устанавливают на опорную плиту *5* станка и протяжку, вставленную в предварительно обработанное отверстие заготовки, закрепляют в тяговом патроне каретки *4*. В процессе протягивания шток гидроцилиндра перемещается вместе с кареткой и протяжкой в левое положение, осуществляя рабочий ход протяжки. После снятия заготовки каретка возвращается в исходное положение, и на этом рабочий цикл станка заканчивается.

Вертикально-протяжные станки

Вертикально-протяжные станки (рис. 6.12) более удобны в обслуживании, обработка на них легче поддается механизации и автоматизации. Эти станки *используют для внутреннего и наружного протягивания легких и средних заготовок*. Тяговая сила, развиваемая вертикально-протяжными станками, 50000 – 200000 Н. Скорость рабочего хода 0,5 – 15 м/мин, длина хода каретки 600 – 1600 мм.

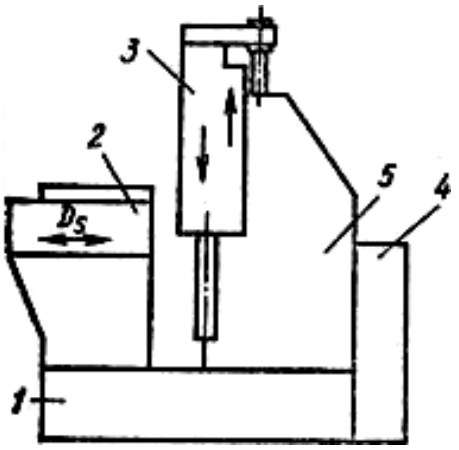


Рис. 6.12. Вертикально-протяжной станок:
1 – основание; *2* – горизонтальный стол; *3* – ползун;
4 – гидронасосная станция; *5* – станина

Вертикально-протяжные станки широко применяют в настоящее время и для внутреннего протягивания. Рабочий цикл станка для обработки внутренних поверхностей тот же, что и для наружного протягивания. При внутреннем протягивании протяжка захватывается патроном после подачи ее через отверстие заготовки. Подача протяжки осуществляется дополнительной вспомогательной кареткой, которая после зажима протяжки патроном рабочей каретки останавливается.

Кроме рассмотренных протяжных станков, в крупносерийном и массовом производстве находят применение многопозиционные станки (два и более суппорта), а также станки непрерывной обработки.

Протяжные станки непрерывной обработки

Протяжные станки непрерывной обработки обладают очень высокой производительностью. Заготовки *2* (рис. 6.13) устанавливают в специальных приспособлениях на бесконечной тяговой ленте *1*, которая сообщает им главное поступательное движение со скоростью резания. Протяжка *3* неподвижно закреплена в процессе обработки. Заготовки в процессе обработки силами резания прижимаются к неподвижной подкладке *4*.

На протяжных станках непрерывной обработки карусельного типа заготовки устанавливают на круглом вращающемся столе.

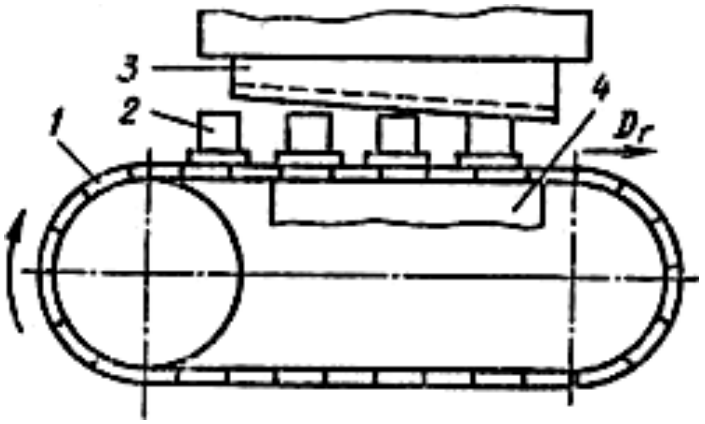


Рис. 6.13. Схема обработки на протяжном станке непрерывной обработки:
1 – бесконечная тяговая лента; *2* – заготовки; *3* – протяжка;
4 – неподвижная подкладка

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем различие схем срезания припуска при протягивании?
2. Что относят к элементам режима резания при протягивании?
3. Назовите область применения протягивания и наиболее распространенные поверхности, обрабатываемые протяжным инструментом.
4. Назовите основные типы протяжных станков и область их применения.
5. В чем отличие протяжных станков непрерывной обработки от горизонтально- и вертикально-протяжных станков?

7. ОБРАБОТКА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХСТАНКАХ

7.1. Особенности процесса шлифования. Абразивный инструмент

Шлифование является одним из производительных методов обработки различных поверхностей. Обработка осуществляется абразивным инструментом (шлифовальные круги, бруски, сегменты, шкурки и т. п.), абразивные зерна которых являются режущими элементами. Зерна в инструменте закреплены связующим компонентом – связкой с обязательным наличием пор (рис. 7.1).

Особенностью шлифования является **одновременное микрорезание несколькими зернами,** каждое из которых имеет два-три режущих лезвия и более, у каждого режущего лезвия свои угловые параметры. **Передний угол γ** у режущих лезвий зерен часто бывает **отрицательный**. Радиус округления режущих кромок абразивных зерен **близок к нулю**, поэтому в совокупности абразивные зерна на поверхности круга способны срезать тончайшие слои с обрабатываемой заготовки (несколько микрометров), в отличие от лезвийного инструмента, радиус при вершине «клина» которых составляет от нескольких десятков до нескольких сотен микрометров.

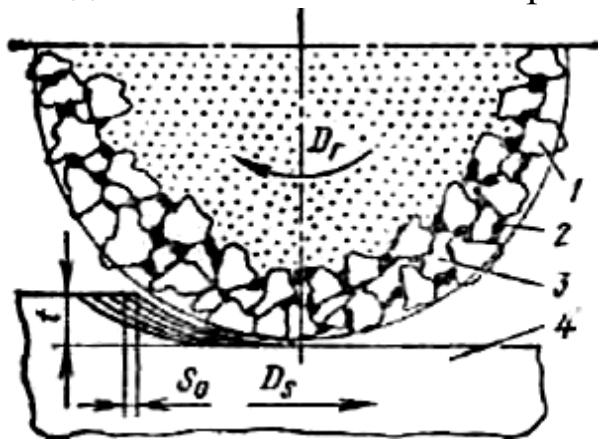


Рис. 7.1. Схема срезания припуска при шлифовании и конструктивные особенности абразивного инструмента: *1* – зерна; *2* – связка; *3* – поры; *4* – заготовка

Зерна, закрепленные связкой в инструменте, находятся на различном уровне; чем меньше толщина срезаемого слоя, тем меньше зерен участвует в резании. Чем больше зерен участвует в резании, тем меньше шероховатость обработанной поверхности. Абразивный инструмент, как и любой лезвийный инструмент, нуждается в периодической заточке (правке) по мере затупления режущих элементов. Так как скорость резания при шлифовании во много раз превышает скорость резания при лезвийной обработке, и, ввиду геометрических особенностей режущих элементов абразивного инструмента, снятие припуска происходит с **большим выделением теплоты (1000÷1500 °С).** Это оказывает влияние на физико-химические и эксплуатационные свойства обрабатываемой поверхности. Во избежание или для уменьшения влияния высокой температуры и силовых факторов необходимы **обильное охлаждение** (СОТС), оптимальные характеристики круга, шлифования, правящий инструмент и режимы правки.

7.2. Схемы обработки при шлифовании

В современном машиностроении шлифованию подвергают различные поверхности деталей машин: плоские, цилиндрические, фасонные, внутренние, наружные и т. п. Наиболее часто обрабатывают поверхности деталей, имеющих ось вращения (валы, втулки, резьбы и др.), а также плоские поверхности (плоскости, уступы, пазы и др.).

Существуют различные схемы шлифования этих поверхностей. Для всех способов шлифования главным движением резания является вращательное движение шлифовального круга $D_Г$, а движение подачи D_s совершает заготовка.

Обработка заготовок на круглошлифовальных станках. При наружном круглом шлифовании возвратно-поступательное продольное движение (рис. 7.2) подачи осуществляется столом с закрепленной

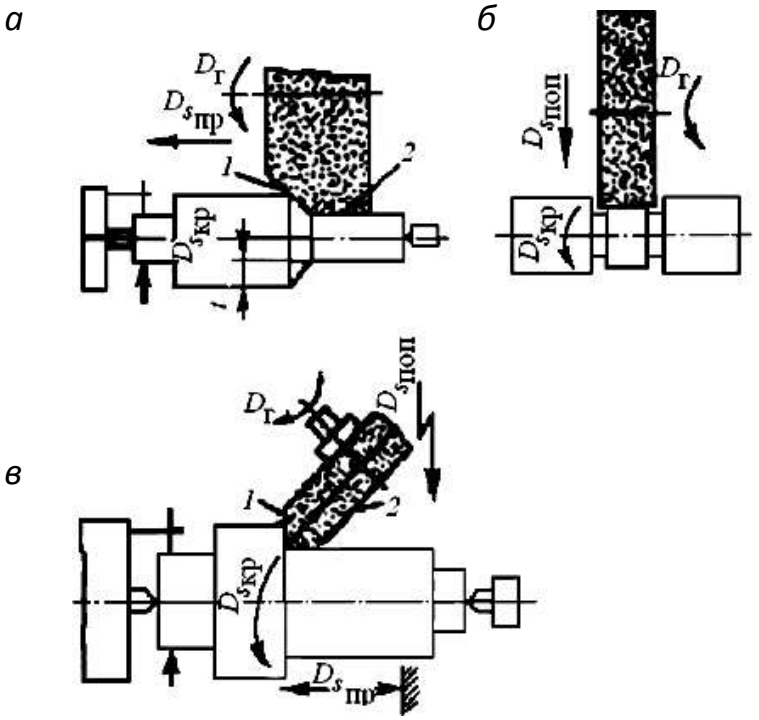


Рис. 7.2. Схемы наружного шлифования в центрах:
а – глубинное; *б* – врезное; *в* – шлифование двух взаимно перпендикулярных поверхностей

на нем заготовкой. Круговое движение подачи заготовки производится передней бабкой шлифовального станка, а поперечное движение подачи шлифовальным кругом осуществляется на каждый ход стола или двойной ход стола вне зоны обработки. Такой способ круглого шлифования называют ***осциллирующим шлифованием.***

В зависимости от направления поступательного движения подачи, различают еще несколько видов круглого шлифования: *глубинное; врезное* шлифование и шлифование *уступами* (рис. 7.2, *в*). Глубинное

шлифование может производиться по схеме с продольным движением подачи и врезным.

Обработка заготовок на плоскошлифовальных станках. При плоском шлифовании периферией круга (рис. 7.3) обеспечивается наиболее высокая точность обработки, лучшие показатели качества обработанной поверхности. Возможна обработка заготовок малой жесткости.

Заготовки, обрабатываемые этим методом, устанавливают на плоском столе и закрепляют либо механически, либо, что чаще всего, на магнитной плите.

При плоском шлифовании возвратно-поступательное продольное движение подачи ($D_{пр}$) и прерывистое движение поперечной подачи ($D_{Sпоп}$) совершает заготовка или шлифовальный круг.

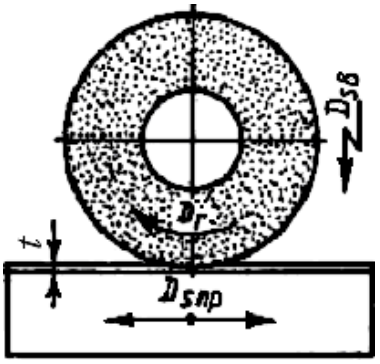


Рис. 7.3. Схема обработки заготовки на плоскошлифовальном станке периферией круга

Плоское шлифование периферией круга большой партии однотипных заготовок производится на плоскошлифовальных станках с круглым столом (рис. 7.4).

Плоское шлифование торцом круга (рис. 7.5) также может осуществляться на плоскошлифовальных станках, с прямоугольным и круглым столом. Но, в отличие от резания периферией круга, при торцовом шлифовании одновременно участвует в резании намного больше режущих элементов-зерен (большая площадь контакта). Поэтому при торцовом шлифовании выделяется существенно больше теплоты и возможны прижог и коробление тонких заготовок.

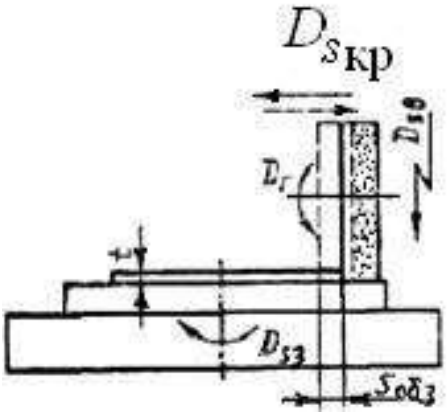


Рис. 7.4. Схема обработки заготовок периферией круга на плоскошлифовальном станке с круглым столом

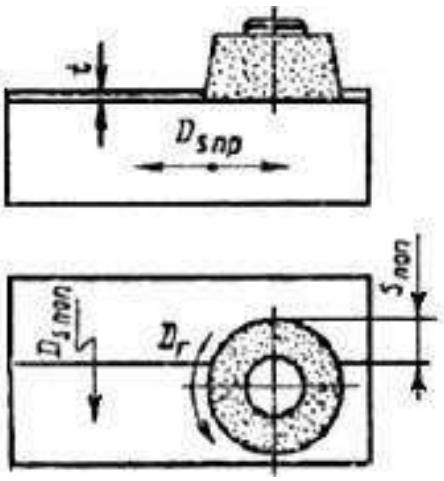


Рис. 7.5. Схема обработки на плоскошлифовальном станке торцом чашечного круга

Чтобы уменьшить выделение теплоты, часто используют сегментные торцовые круги с меньшей площадью контакта.

Способы установки и закрепления заготовок на плоскошлифовальных станках всех видов зависят от размеров, формы обрабатываемых заготовок, типа производства.

Закрепление заготовок на магнитной плите обеспечивает быстрый и надежный прижим заготовок, имеющих поверхность базирования.

Обработка заготовок на внутришлифовальных станках

Внутренним круглым шлифованием обрабатывают внутренние поверхности. Обработка производится следующими методами: шлифование с продольным движением подачи (рис. 7.6, *а, б*), врезное шлифование с поперечным движением подачи, врезное шлифование с дополнительной осцилляцией круга (рис. 7.6, *в*), шлифование с планетарным $D_{S\text{ пл}}$ движением круга (рис. 7.6, *г*). При планетарном движении шпиндель с кругом, помимо главного движения, совершает еще вращательное относительно оси обрабатываемого отверстия. Метод применяют для шлифования отверстий в тяжелых корпусных заготовках.

Бесцентровое круглое наружное шлифование. Сущность бесцентрового шлифования заключается в том, что заготовка в процессе обработки не закрепляется в центрах и других зажимных приспособлениях, а базируется на опорном ноже станка и ведущем круге (рис. 7.7). Таким

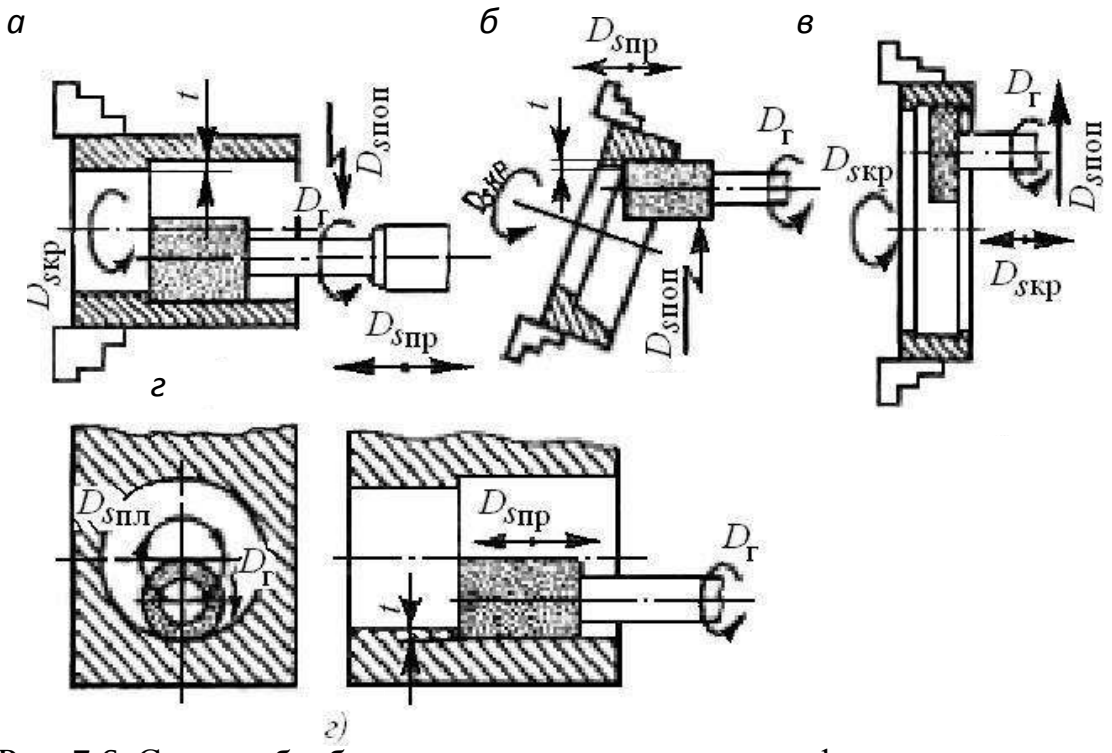


Рис. 7.6. Схемы обработки заготовок на внутришлифовальных станках:
а–в – шлифование в патроне; *г* – планетарное шлифование

образом, возможно шлифование большими партиями не только заготовок колец, гильз, но и заготовок, имеющих большую длину и малый диаметр. Обработка заготовки (заготовок) *2* заключается в следующем.

Шлифовальный *3* и ведущий *1* круги вращаются с разной частотой. Окружная скорость шлифовального круга в 50 – 60 раз выше окружной скорости ведущего круга. Конструктивно ведущий круг выполнен также, как шлифовальный, но на основе вязких, вулканитовых связующих веществ, обеспечивающих контакт с заготовкой практически без

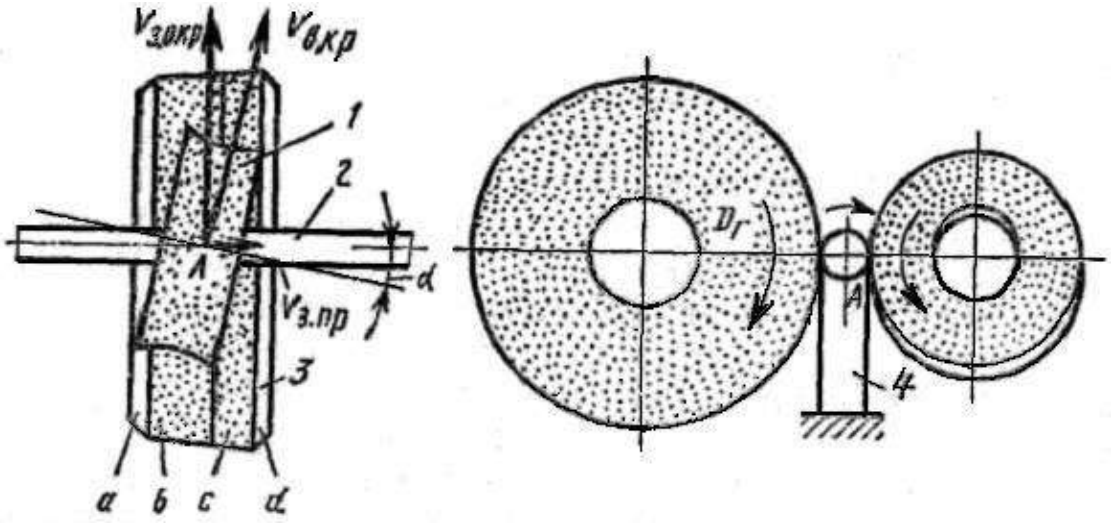


Рис. 7.7. Схема обработки на бесцентрово-шлифовальном станке
1 – ведущий круг; *2* – заготовка; *3* – шлифовальный круг; 4 – опора

скольжения. В этом случае мгновенная окружная скорость в точке А (точка контакта) будет одинаковой для заготовки и ведущего круга.

Рассмотрим схему бесцентрового шлифования напроход (см. рис. 7.7). Для обеспечения перемещения заготовки вдоль оси шлифовального круга у ведущего круга предусмотрен наклон в вертикальной плоскости на 0 – 8° к оси шлифовального круга. Учитывая это, а также одинаковые окружные скорости ведущего круга и заготовки в месте контакта, разложим вектор угловой скорости ведущего круга на составляющие относительно заготовки: вертикальную – вектор угловой скорости заготовки и горизонтальную – вектор скорости перемещения заготовки вдоль своей оси. Меняя угол наклона ведущего круга α, можно изменять в значительной степени угловую скорость и скорость поступательного движения заготовки. При α = 0 и $V_{з\ пр.} = 0$ происходит врезное шлифование.

Рабочая поверхность шлифовального круга состоит из четырех участков, каждый из которых выполняет свою функцию. ***а*** – участок входа заготовки, или заборный конус. Высота этого конуса 10 – 30 мм. Угол его наклона способствует беспрепятственному вхождению заготовок в зону резания с предельными значениями припуска. Основную часть круга по высоте занимает рабочий конус ***в***, который снимает припуск с заготовки и обеспечивает равномерность его съема. Цилиндрическая калибрующая зона ***с*** обеспечивает заданный параметр шероховатости поверхности после срезания основного припуска. Длина калибрующего участка не более 110 мм. Зона ***d*** имеет обратную конусность и служит для направления заготовок после обработки, длина этого конуса не превышает 20 – 30 мм.

7.3. Элементы режима резания при шлифовании

Элементы срезаемого слоя при шлифовании относятся не к единичным режущим зернам, а к их совокупности – режущей поверхности абразивного инструмента. Основными элементами режима резания при шлифовании являются: окружная скорость круга $V_{кр}$, окружная скорость (перемещения) заготовки $V_з$, глубина резания t, подача S. Элементы режима резания при плоском, круглом шлифовании показаны на рис. 7.2 – 7,5; а при внутреннем шлифовании – на рис. 7.6.

Скоростью резания (м/с) при шлифовании $V_{кр}$ называют линейную скорость на наибольшей окружности шлифовального круга

$$V_{кр} = \pi D \cdot n / 6 \cdot 10^4,$$

где n – частота вращения, мин$^{-1}$.

Скоростью перемещения заготовки при шлифовании называют: *при плоском шлифовании* – скорость перемещения стола, при *круглом шлифовании* – окружную скорость заготовки.

Поперечной подачей (при плоском шлифовании) и продольной подачей (при круглом и внутреннем шлифовании) *называют перемещение точки круга вдоль оси за один оборот, ход или двойной ход заготовки.* Поперечную подачу измеряют в долях высоты круга H; $S = k H$, где k – коэффициент определяющий долю высоты круга, приводится в справочных таблицах.

Глубиной резания при шлифовании *называют слой металла между обработанной и обрабатываемой поверхностью*, снимаемый *за один рабочий ход.*

В зависимости от различных технологических параметров качества заготовки, оборудования можно с помощью справочных данных назначить окружную скорость шлифовального круга, глубину срезаемого слоя, скорость движения подачи.

7.4. Силы резания при шлифовании

Снятие припуска с заготовки любым инструментом, в том числе абразивным, происходит под действием силы P, которая отделяет лишний слой материала в виде стружки. У лезвийных инструментов (резцов, сверл, фрез и т. п.) довольно просто представляется воздействие силы резания P или ее составляющих ввиду явно выраженных

режущих элементов, геометрических параметров инструментов, движений и т. п. У абразивного инструмента в силу конструктивных особенностей нет единой режущей кромки.

При некоторых видах шлифования (плоское, бесцентровое и др.) хотя и происходит отделение припуска со значительными силами резания, но эти силы не оказывают существенного влияния (при оптимальных режимах обработки) на параметры качества обработанной поверхности. При круглом наружном шлифовании знание сил резания (а точнее составляющих этих сил) имеет большое значение, так как они в значительной мере оказывают влияние на качественные, точностные и стойкостные показатели шлифования.

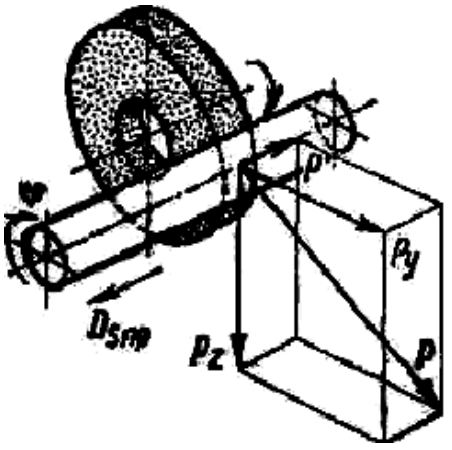


Рис. 7.8. Схемы составляющих силы резания при наружном круглом шлифовании в центрах

На рис. 7.8 приведена схема наружного круглого шлифования в центрах. Из рисунка следует, что сила резания относительно заготовки расположена в процессе шлифования под определенным углом.

Наибольшее влияние на качественные показатели обрабатываемой заготовки при круглом наружном шлифовании оказывает нормальная составляющая силы резания P_y – сила, препятствующая внедрению шлифовального круга (совокупности абразивных зерен) в заготовку и направленная перпендикулярно к режущей поверхности круга. Эту силу называют радиальной, если режущая поверхность цилиндрическая. Из рис. 7.8 также следует, что кроме нормальной составляющей силы резания на заготовку еще действует касательная составляющая силы резания P_z (обычно P_z в 1,5 – 2,5 раза меньше P_y) и осевая составляющая силы резания P_x = 0,5÷10 Н. В отдельных случаях силой резания можно активно управлять путем выбора оптимальных режимов резания, режимов правки, правящих инструментов, обильной подачи СОТС.

7.5. Конструкции абразивных инструментов

Абразивные инструменты имеют свои конструктивные особенности. Шлифовальные круги, бруски, сегменты, головки применяют для различных операций шлифования, хонингования, полирования и т. п. (рис. 7.9).

Абразивные материалы. Рабочими элементами любого абразивного инструмента являются классифицированные частицы абразивного материала, твердость которых выше твердости обрабатываемого материала. В качестве абразивного материала широко используются электрокорунды, карбид кремния, алмаз, кубический нитрид бора (эльбор). Алмазно-абразивной обработке подвергают самые различные поверхности и материалы. Наиболее широкое применение в машиностроении находят круги из электрокорунда и карбида кремния по ГОСТ 2424–83, алмазные круги по ГОСТ 1616–80, 16172–80Е и др., а также эльборовые круги по ГОСТ 17123–79Е.

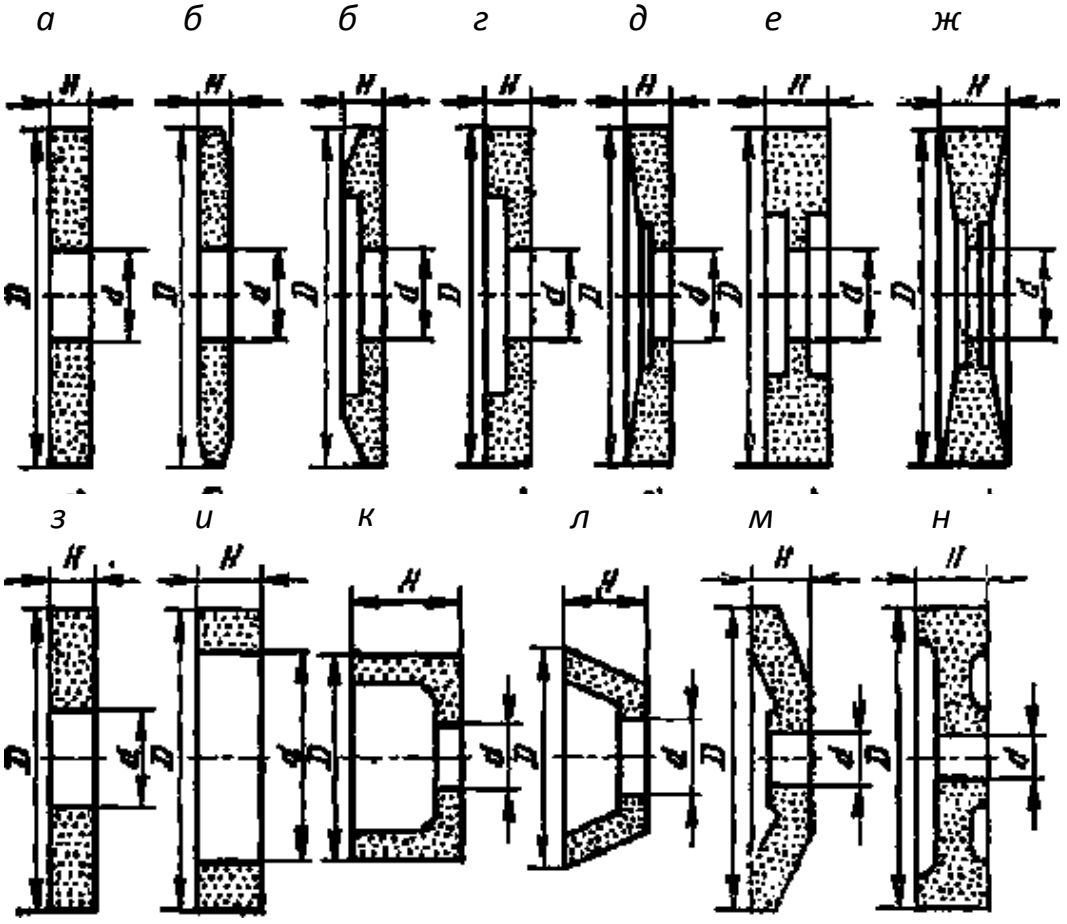


Рис. 7.9. Форма сечений шлифовальных кругов по ГОСТ 2424 – 75:
а – с прямым профилем (ПП); *б* – с двусторонним коническим профилем (2П); *в* – с коническим профилем (ЗП); *г* – с выточкой (ПВ); *д* – с конической выточкой (ПВК); *е* – с двусторонней выточкой (ПВД); *ж* – с двусторонней конической выточкой (ПВДК); *з* – специальный (ПН); *и* – кольцевой (К); *к* – чашечный

цилиндрический (ЧЦ); *л* – чашечный конический (ЧК); *м* – тарельчатый (Т); *н* – с двусторонней выточкой и ступицей (ПВДС)

Электрокорунды (кристаллическая окись алюминия $A1_2O_3$) получают из естественных бокситов с незначительными примесями некоторых материалов. По мере возрастания номера индекса растет процентное содержание окиси алюминия и увеличивается режущая способность. Легируя глинозем в процессе плавки титаном, цирконием, хромом, получают абразивные материалы с требуемыми свойствами.

Карбид кремния (карборунд) содержит 97 – 99 % SiC и незначительные примеси др. элементов. Выпускают две разновидности карбида кремния: черный (53С, 54С) и зеленый (62С, 63С, 64С). Зеленый карбид кремния более хрупок, чем черный, и применяется для обработки чугуна, твердых сплавов цветных металлов, камня. Черный карбид кремния более прочен и применяется в аналогичных случаях, но более тяжелых условиях обработки.

В 1957 г. был синтезирован новый абразивный материал – кубический нитрид бора. Кубический нитрид бора можно встретить под названиями: борозон, композит гексанит, эльбор, кубонит, КНБ. По своим прочностным характеристикам и режущей способности эльбор близок к алмазу. Его условное обозначение Л. Плотность эльбора (3,48 г/см^3) немного уступает плотности алмаза (3,5 г/см^3).

Для обработки легированных труднообрабатываемых жаропрочных сталей и сплавов применяют шлифовальные круги, бруски, шкурки, лезвийный инструмент из эльбора.

Зернистость инструмента. Зернистость инструмента характеризует размер зерен основной группы. Требования к зерновому составу шлифовальных материалов приведены в ГОСТ 3647–80 (с 2009 г. принят Стандарт FEPA 42Д), алмазных порошков – в ГОСТ 9206–80Е, эльбора в зерне – ОСТ 2-МТ79-2-75.

Твердость абразивных инструментов является важной характеристикой абразивного инструмента. *Под твердостью абразивного круга понимают свойство связки удерживать зерна под действием внешних сил.*

Чем выше степень твердости, тем прочнее связь между абразивными зернами в инструменте. И чем выше твердость, тем больше связки и меньше пор. Таким образом, абразивные инструменты из

одного и того же материала, с одной и той же связкой могут иметь различную твердость.

Поэтому из зерен самого твердого абразивного материала можно изготовить мягкие абразивные инструменты и, наоборот, из абразивного материала малой твердости можно изготовить твердые абразивные инструменты.

Мягкими абразивными инструментами (в отличие от твердых) *называют такие, из которых абразивные зерна легко выкрашиваются.*

Структура шлифовального круга. *Процентное соотношение трех основных фазовых составляющих* (зерен, связки и пор) *в объеме абразивного инструмента называют* ***структурой.*** Структуры абразивных инструментов обозначают номерами от 0 до 20.

Абразивные инструменты плотной структуры применяются для снятия очень небольшого припуска (малое число пор). Инструменты с плотными (0 –3) структурами используют для доводки, прецизионного шлифования.

Основные операции предварительного и окончательного шлифования производят инструментами средних (5, 6, 7, 8) структур. С повышением номера структуры расстояние между зернами увеличивается, лучше отводится стружка, СОТС легче проникает в зону резания, можно работать с несколько повышенными режимами резания. Но инструменты с более открытой структурой обладают меньшей прочностью и быстрее теряют форму профиля. Все чаще и чаще, особенно для врезного шлифования заготовок ответственных деталей, применяют высокопористые круги.

Связка инструментов. Абразивные зерна в теле инструмента должны быть связаны между собой, если этот инструмент представляет собой круг, брусок, сегмент и т. п. Связующий материал или совокупность нескольких связующих, удерживающих абразивные зерна в теле инструмента, называют связкой.

Изнашивание и стойкость кругов. Шлифование, как и любой процесс механической обработки, сопровождается интенсивным изнашиванием шлифовального круга. Изнашивание проявляется не только в затуплении режущих кромок, но и в выкрашивании зерен,

заполнении пор продуктами шлифования («засаливание») и в износе наиболее нагруженных частей режущей поверхности круга.

7.6. Технологические методы отделочной (финишной) обработки поверхностей деталей машин

Дальнейшее развитие машиностроения связано с увеличением нагрузок на детали машин, увеличением скоростей движения, уменьшением массы конструкции.

Выполнить эти требования можно при достижении особых качеств поверхностных слоев деталей.

Влияние качества поверхностных слоев на эксплуатационные свойства огромно, ***изменяются:***

- износостойкость;
- коррозионная стойкость;
- контактная жесткость;
- прочность соединений и др. свойства.

С этой целью широко применяются отделочные методы обработки, для которых характерны малые силы резания, незначительное тепловыделение, малая толщина срезаемого слоя.

Хонингование

Хонингование применяют для получения поверхностей высокой точности и малой шероховатости, а также для создания специфического микропрофиля обработанной поверхности в виде сетки (для удержания смазочного материала на поверхности деталей).

Поверхность неподвижной заготовки обрабатывается мелкозернистыми абразивными брусками, закрепленными в хонинговальной головке (хоне). Бруски вращаются и одновременно перемещаются возвратно-поступательно вдоль оси обрабатываемого отверстия (рис. 7.10, *а*). Соотношение скоростей движений составляет 1,5÷10, и определяет условия резания.

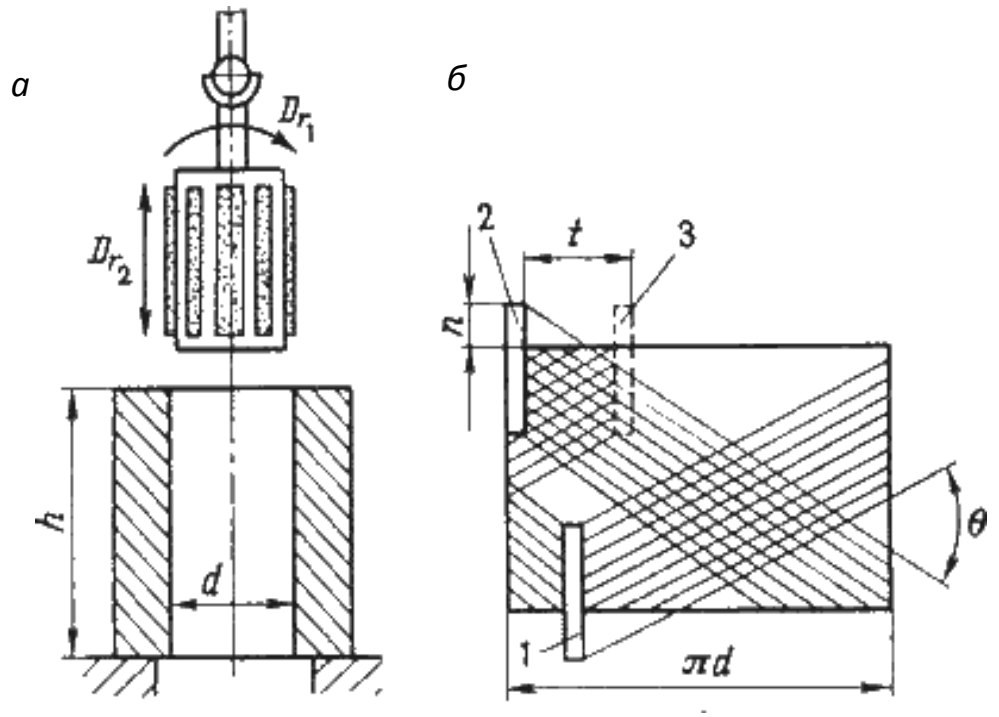


Рис. 7.10. Процесс хонингования:
а – схема хонингования; *б* – схема образования микропрофиля поверхности после хонингования

При сочетании движений на обрабатываемой поверхности появляется сетка микроскопических винтовых царапин – следов перемещения абразивных зерен. Угол пересечения этих следов зависит от соотношения скоростей (рис. 7.10, *б*).

Абразивные бруски всегда контактируют с обрабатываемой поверхностью, так как могут раздвигаться в радиальном направлении. Давление бруска контролируется.

Хонингованием исправляют погрешности формы от предыдущей обработки, а чистовое – для повышения качества поверхности.

Этот процесс осуществляется на специальных хонинговальных установках.

Суперфинишировaние

Суперфинишировaние уменьшает шероховатость поверхности, оставшуюся от предыдущей обработки. Получают очень гладкую поверхность, сетчатый рельеф, благоприятные условия для взаимодействия поверхностей.

Поверхности обрабатывают абразивными брусками, установленными в специальной головке. Для суперфиниширования харак-

терно колебательное движение брусков наряду с движением заготовки (рис. 7.11).

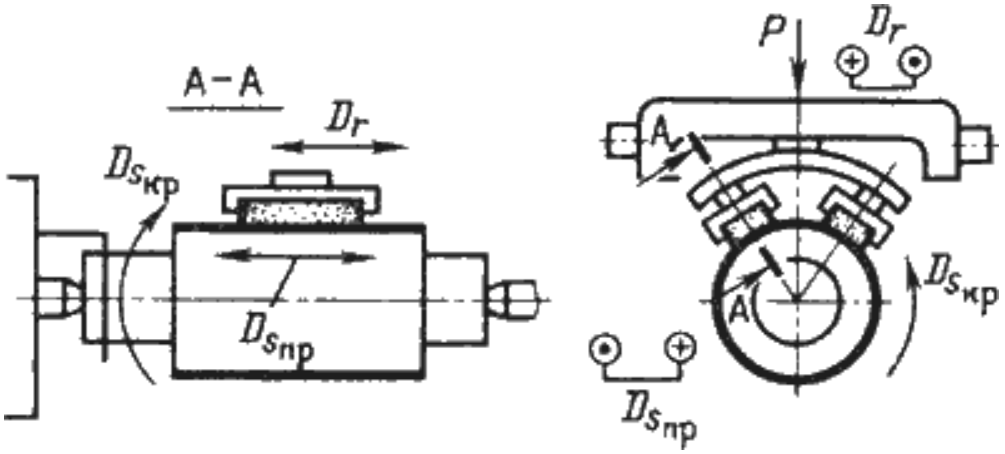


Рис. 7.11. Схема суперфиниширования

Процесс резания происходит при давлении брусков $(0{,}5\div3)10^5$ Па в присутствии смазочного материала малой вязкости. Амплитуда колебаний 1,5÷6 мм. Частота колебаний 400÷1200 мин $^{-1}$. Бруски подпружинены и самоустанавливаются по обрабатываемой поверхности. Соотношение скоростей $D_{Sкр}$ к $D_г$ в начале обработки составляет 2÷4, а в конце – 8÷16.

Полирование

Полированием уменьшают шероховатость поверхности.

Этим способом получают зеркальный блеск на ответственных частях деталей (дорожки качения подшипников) либо на декоративных элементах (облицовочные части автомобилей). Используют полировальные пасты или абразивные зерна, смешанные со смазочным материалом. Эти материалы наносят на быстровращающиеся эластичные круги (фетровые) или на колеблющиеся щетки.

Хорошие результаты дает полирование быстродвижущимися абразивными лентами (шкурками).

При этом одновременно протекают следующие процессы:

- тонкое резание;
- пластическое деформирование поверхностного слоя;
- химические реакции (воздействие на металл химически активных веществ).

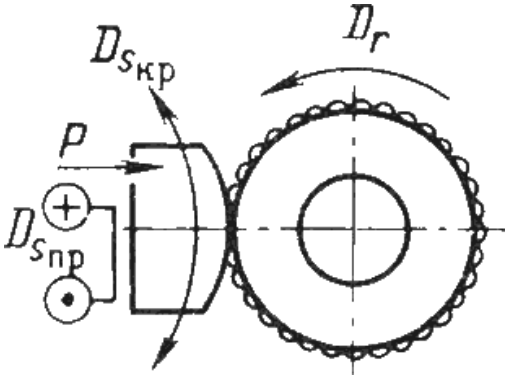


Схема полирования представлена на рис. 7.12.

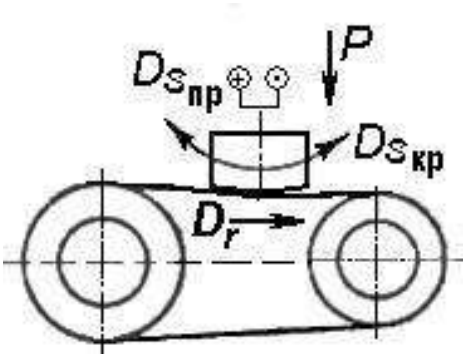


Рис. 7.12. Схема полирования

Рис. 7.13. Полирование бесконечной лентой

ля

процесса характерны высокие скорости, до 50 м/с. Заготовка поджимается к кругу силой Р и совершает движения подачи $D_{Sкр}$ и $D_{Sпр}$ в соответствии с профилем обрабатываемой поверхности.

Полирование не только уменьшает шероховатость, но и придает зеркальный блеск, что нужно для снижения трения и декоративного вида. Для полирования применяют полировальные пасты – абразивные зёрна со смазочным веществом. Инструментом являются круги из войлока, фетра, кожи; щётки, бесконечные абразивные ленты (рис. 7.13).

Надо отметить, что полирование не исправляет погрешности формы, так как используется гибкий инструмент.

Абразивно-жидкостная отделка

Данный вид обработки применяется для отделки объемно-криво-линейных, фасонных поверхностей.

На обрабатываемую поверхность, имеющую следы предшествующей обработки, подают струи антикоррозионной жидкости со взвешенными частицами абразивного порошка.

Водно-абразивная суспензия перемещается под давлением с большой скоростью. Частицы абразива ударяются о поверхность заготовки и сглаживают микронеровности.

Интенсивность съема материала регулируется зернистостью порошка, давлением струи и углом, под которым подают жидкость.

Жидкостная пленка играет важную роль в данном процессе. Зерна, попадающие на выступы, легко преодолевают ее, а зерна, попадающие во впадины, – встречают сопротивление, съем материала затрудняется, шероховатость сглаживается.

Метод жидкостного полирования успешно применяется при обработке фасонных внутренних поверхностей. Сопло вводится в полость заготовки, которая совершает вращательное и поступательное перемещения в зависимости от профиля обрабатываемой поверхности.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается особенность шлифования?
2. Расскажите об основных методах шлифования различных поверхностей.
3. Какие абразивные материалы применяют для изготовления шлифовальных кругов?
4. Какие связующие материалы применяют для изготовления шлифовальных кругов?
5. Расскажите о конструктивных особенностях круглошлифовального станка.
6. Каковы конструктивные особенности внутришлифовального станка?
7. Расскажите о конструктивных особенностях бесцентрово-шлифовальных станков.
8. Перечислите виды отделочной обработки и дайте им краткую характеристику.
9. Назовите область применения отделочной обработки различных видов.

8. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Расширенное внедрение труднообрабатываемых материалов для производства деталей машин, усложнение конструкций этих деталей в купе с возрастающими требованиями к понижению себестоимости и повышению производительности послужило предпосылкой разработки и освоения способов электрофизической обработки.

Электрофизические способы обработки металлов основаны на использовании специфичных явлений, возникающих под действием

электронного тока, для удаления материала либо конфигурации формы заготовки.

Главным преимуществом электрофизических способов обработки металлов является **возможность их использования для конфигурации формы заготовок из материалов, не поддающихся обработке резанием,** причём обработка этими способами происходит в критериях воздействия малых сил либо при полном их отсутствии.

Принципиальным преимуществом электрофизических способов обработки металлов является независимость производительности большинства из их от твёрдости и хрупкости обрабатываемого материала. Трудоёмкость и продолжительность этих способов обработки материалов завышенной твёрдости (НВ > 400) меньше, чем трудоёмкость и продолжительность обработки резанием.

Электрофизические способы обработки металлов обхватывают фактически все операции механической обработки и не уступают большинству из них по достигаемой шероховатости и точности обработки.

Э. и э. м. о. весьма разнообразны и условно их можно разделить на электрофизические (электроэрозионные, электромеханические, лучевые), электрохимические и комбинированные (рис. 8.1).

Электроэрозионные методы обработки

Эти методы основаны на явлении эрозии электродов из токопроводящих материалов при пропускании между ними импульсного электрического тока.

Разряд между электродами происходит в газовой среде или при заполнении межэлектродного пространства диэлектрической жидкостью – керосином, минеральным маслом.

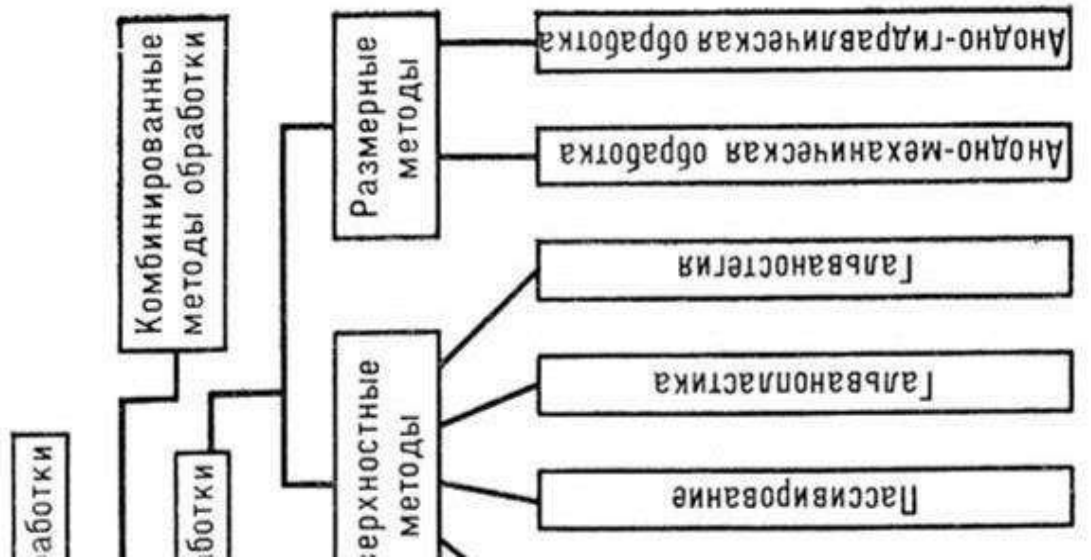


Рис. 8.1. Классификация основных электрофизических и электрохимических методов обработки

элементарного объема металла, и на обрабатываемой поверхности образуется лунка.

Удаленный металл застывает в диэлектрической жидкости в виде гранул диаметром 0,01÷0,005 мм.

При непрерывном подведении к электродам импульсного тока процесс эрозии продолжается до тех пор, пока не будет удален весь металл, находящийся между электродами на расстоянии, при котором возможен электрический пробой (0,01÷0,05 мм) при заданном напряжении.

Для продолжения процесса необходимо сблизить электроды до указанного расстояния. Электроды сближаются автоматически с помощью следящих систем.

Электроискровая обработка

Схема электроискровой обработки представлена на рис. 8.2. *При электроискровой обработке используют импульсные искровые разряды между электродами* (обрабатываемая заготовка (анод) – инструмент (катод)).

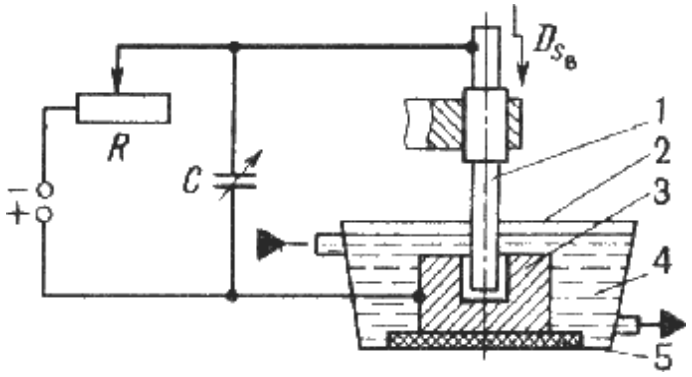


Рис. 8.2. Схема электроискрового станка:
1 – электрод-инструмент; *2* – ванна; *3* – заготовка-электрод;
4 – диэлектрическая жидкость; *5* – изолятор

Конденсатор заряжается через резистор от источника постоянного тока напряжением 100÷200 В. Когда напряжение на электродах *1* и *3* достигает пробойного, образуется канал, через который осуществляется искровой разряд энергии, накопленной конденсатором.

Продолжительность импульса 20÷200 мкс.

Точность обработки до 0,002 мм, 0,63÷0,16 мкм.

Для обеспечения непрерывности процесса (зазор = const) станки снабжаются следящей системой и системой автоматической подачи инструмента.

Получают сквозные отверстия любой формы поперечного сечения, глухие отверстия и полости, отверстия с криволинейными осями, вырезают заготовки из листа, выполняют плоское, круглое и внутреннее шлифование.

Изготовляют штампы и пресс-формы, фильеры, режущий инструмент.

Схемы электроискровой обработки представлены на рис. 8.3.

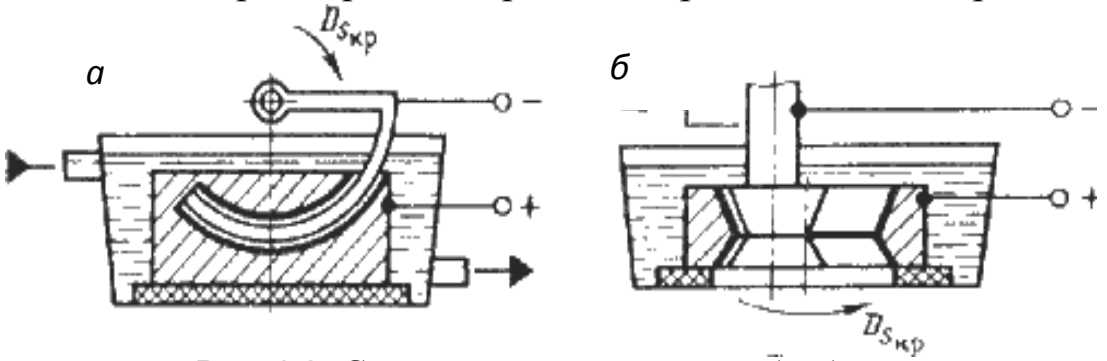


Рис. 8.3. Схемы электроискровой обработки:
а – прошивание отверстия с криволинейной осью;
б – шлифование внутренней поверхности фильеры

Электроискровую обработку применяют для упрочнения поверхностного слоя металла. На поверхность изделия наносят тонкий слой металла или композиционного материала. Подобные покрытия повышают твердость, износостойкость, жаростойкость, эрозионную стойкость и так далее.

Электроимпульсная обработка

При электроимпульсной обработке используют электрические импульсы большой длительности (5÷10 мс), *в результате чего происходит дуговой разряд.*

Большие мощности импульсов от электронных генераторов обеспечивают высокую производительность обработки.

Электроимпульсную обработку целесообразно применять при предварительной обработке штампов, турбинных лопаток, фасонных отверстий в детали из коррозионностойких и жаропрочных сплавов.

Схема обработки показана на рис. 8.4.

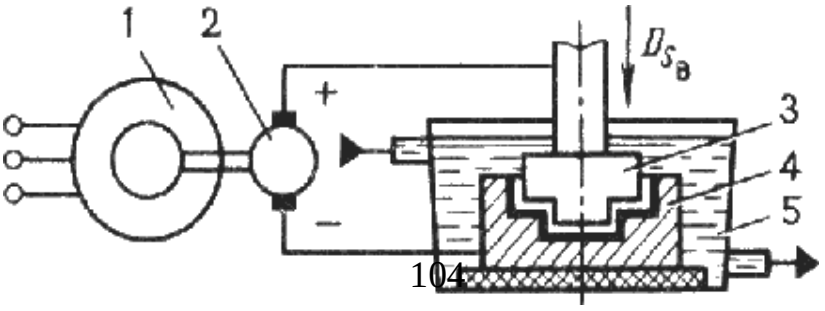


Рис. 8.4. Схема электроимпульсной обработки:
1 – электродвигатель; *2* – импульсный генератор постоянного тока;
3 – инструмент-электрод; *4* – заготовка-электрод; *5* – ванна

Электроконтактная обработка

Электроконтактная обработка основана на локальном нагреве заготовки в месте контакта с электродом-инструментом и удалении размягченного или расплавленного металла из зоны обработки механическим способом: относительным движением заготовки или инструмента.

Источником теплоты служат импульсные дуговые разряды.

Этот вид обработки рекомендуется для крупных деталей из углеродистых и легированных сталей, чугуна, цветных сплавов, тугоплавких и специальных сплавов (рис. 8.5.).

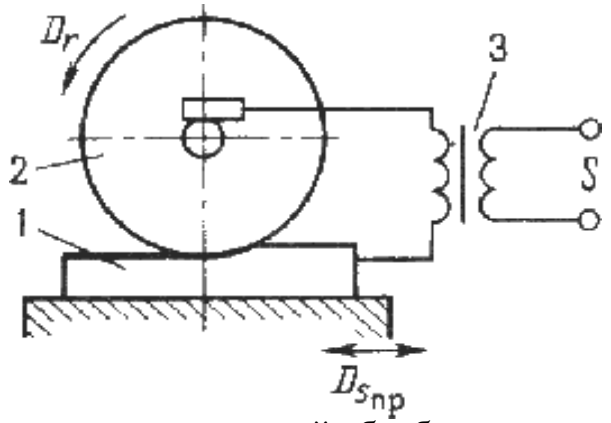


Рис. 8.5. Схема электроконтактной обработки плоской поверхности:
1 – обрабатываемая заготовка; *2* – инструмент-электрод; *3* – трансформатор

Этот метод применяют для зачистки отливок от заливов, отрезки литниковых систем, зачистки проката, шлифования коррозионных деталей из труднообрабатываемых сплавов.

Электрохимическая обработка

Электрохимическая обработка основана на законах анодного растворения металлов при электролизе.

При прохождении электрического тока через электролит на поверхности заготовки происходят химические реакции, и поверхностный слой металла превращается в химическое соединение.

Продукты электролиза переходят в раствор или удаляются механическим способом.

Производительность этого способа зависит от электрохимических свойств электролита, обрабатываемого материала и плотности тока.

Электрохимическое полирование (рис. 8.6).

Электрохимическое полирование осуществляется в ванне, заполненной электролитом (растворы кислот и щелочей).

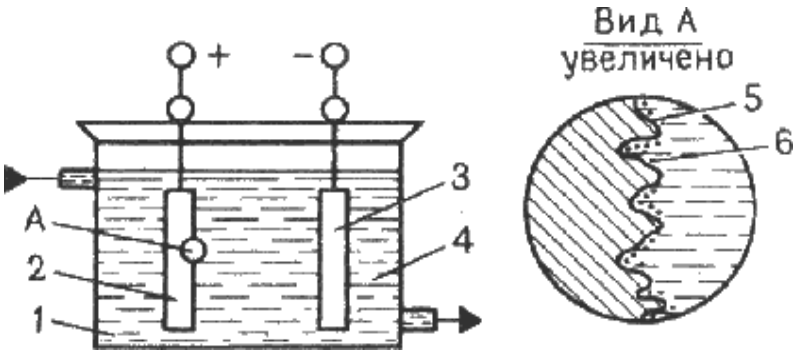


Рис. 8.6. Схема электрохимического полирования:
1 – ванна; *2* – обрабатываемая заготовка; *3* – пластина-электрод;
4 – электролит; *5* – микровыступ; *6* – продукты анодного растворения

Обрабатываемую заготовку подключают к катоду. Катодом служит металлическая пластинка из свинца, меди, стали (иногда электролит подогревают).

При подаче напряжения начинается процесс растворения металла заготовки (в основном на выступах микронеровностей). В результате избирательного растворения, микронеровности сглаживаются, и обрабатываемая поверхность приобретает металлический блеск.

Улучшаются электрофизические характеристики деталей: уменьшается глубина микротрещин, поверхностный слой не деформируется, исключаются упрочнения и термические изменения структуры, повышается коррозионная стойкость.

Этим методом получают поверхности под гальванические покрытия, доводят рабочие поверхности режущего инструмента, изготовляют тонкие ленты и фольгу, очищают и декоративно отделывают детали.

Электрохимическая размерная обработка

Электрохимическая размерная обработка (рис. 8.7) *выполняется в струе электролита, прокачиваемого под давлением через межэлектродный промежуток.*

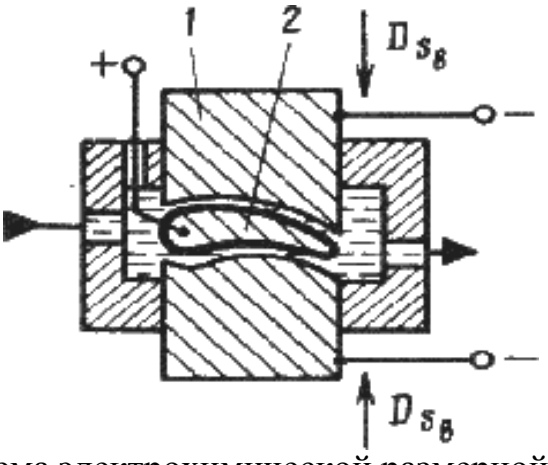


Рис. 8.7. Схема электрохимической размерной обработки:
1 – инструмент-катод; *2* – заготовка-анод

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.

Точность обработки повышается при уменьшении рабочего зазора. Для его контроля используют высокочувствительные элементы, которые встраивают в следящую систему.

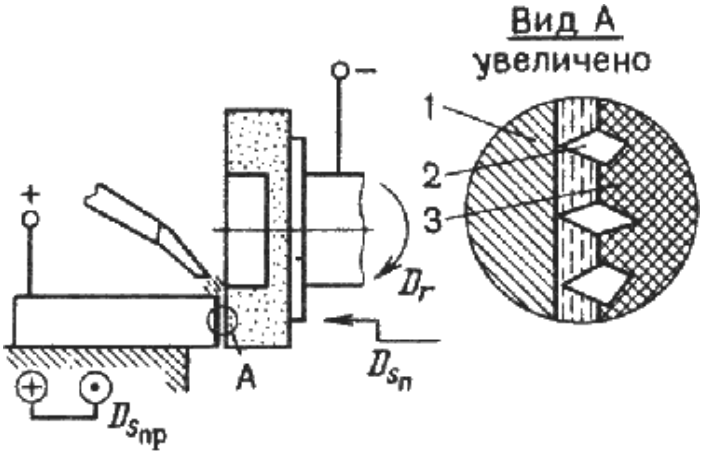
Этот способ рекомендуют для обработки заготовок из высокопрочных сталей, карбидных и труднообрабатываемых материалов. Также можно обрабатывать тонкостенные детали с высокой точностью и качеством обработанной поверхности (отсутствует давление инструмента на заготовку).

Комбинированные методы обработки

Электроабразивная и электроалмазная обработка. При таких видах обработки инструментом служит шлифовальный круг из абразивного материала на электропроводящей связке (бакелитовая связка с графитовым наполнителем). Между анодом-заготовкой и катодом-шлифовальным кругом имеется зазор, куда подается электролит. Продукты анодного растворения удаляются абразивными зернами; шлифовальный круг имеет вращательное движение, а заготовка –

движение подачи, которые соответствуют процессу механического шлифования (рис. 8.8).

Рис. 8.8. Схема электроабразивного шлифования:



1 – заготовка; *2* – абразивные зерна; *3* – связка шлифовального круга

Введение в зону резания ультразвуковых колебаний повышает производительность в 2÷2,5 раза при улучшении качества поверхности. Эти методы применяются для отделочной обработки заготовок из труднообрабатываемых материалов, а также нежестких заготовок, так как силы резания незначительны.

Анодно-механическая обработка

Анодно-механическая обработка основана на сочетании электротермических и электромеханических процессов и занимает промежуточное место между электроэрозионным и электрохимическим методами.

Заготовку подключают к аноду, а инструмент – к катоду. В качестве инструмента используют металлические диски, цилиндры, ленты, проволоку.

Обработку ведут в среде электролита (водный раствор жидкого натриевого стекла).

Рабочие движения – как при механической обработке резанием.

Электролит в зону обработки подают через сопло (рис. 8.9).

При пропускании через раствор электролита постоянного электрического тока происходит процесс анодного растворения, как при электрохимической обработке.

При соприкосновении инструмента с микронеровностями заготовки происходит электроэрозия, присущая электроискровой обработке. Металл заготовки в месте контакта с инструментом разогревается и разжижается. Продукты электроэрозии и анодного растворения удаляются при относительных движениях инструмента и заготовки.

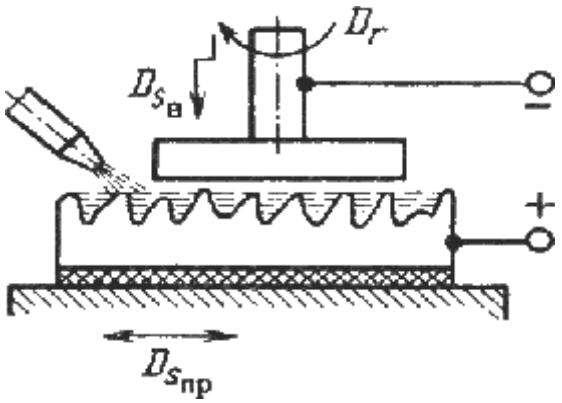


Рис. 8.9. Схема анодно-механической обработки плоской поверхности

Этим способом обрабатывают заготовки из высокопрочных и труднообрабатываемых сплавов, вязких материалов.

Этим способом разрезают заготовки на части, прорезают пазы и щели, обрабатывают поверхности тел вращения, шлифуют плоские поверхности и поверхности, имеющие форму тел вращения, полируют поверхности, затачивают режущий инструмент.

Лучевые методы обработки

Электроннолучевая обработка – основана на превращении кинетической энергии направленного пучка электронов в тепловую энергию. Высокая плотность энергии сфокусированного электронного луча позволяет обрабатывать заготовку за счет нагрева, расплавления и испарения материала с локального участка.

Схема электроннолучевой обработки представлена на рис. 8.10.

Электронный луч образуется за счет эмиссии электронов с нагретого в вакууме катода. Он с помощью электростатических и электромагнитных линз фокусируется на заготовке.

При размерной обработке установка работает в импульсном режиме, что обеспечивает локальный нагрев заготовки.

Электроннолучевой метод эффективен при обработке отверстий диаметром 1÷0,010 мм, при прорезании пазов, резке заготовок, изготовлении тонких пленок и сеток из фольги, изготовлении заготовок

из труднообрабатываемых металлов и сплавов, керамики, кварца, полупроводникового материала.

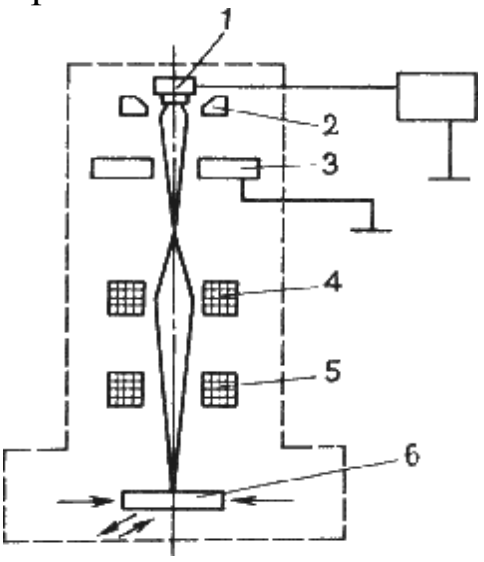


Рис. 8.10. Схема установки для электроннолучевой сварки:
1 – катод электронной пушки; *2* – электрод; *3* – анод;
4 и *5* – отклоняющая магнитная система; *6* – заготовка

Лазерная обработка основана *на тепловом воздействии светового луча высокой энергии на поверхность заготовки*. Источником светового излучения служит лазер – оптический квантовый генератор.

Энергия светового луча не велика 20÷100 Дж, но она выделяется в миллионные доли секунды и сосредотачивается в луче диаметром 0,01 мм. Поэтому температура в зоне контакта 6000÷8000 ºС.

Слой металла мгновенно расплавляется и испаряется. С помощью этого метода осуществляется прошивание отверстий, разрезание заготовки, прорезание пазов в заготовках из любых материалов (фольга из тантала, вольфрама, молибдена). Также с помощью этого метода можно осуществить контурную обработку по сложному периметру.

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 ºС. 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 головку устанавливают перпендикулярно к поверхности заготовки, при строгании и точении под углом 40÷60º.

Плазменное напыление

Этот вид обработки осуществляется с целью получения заданных размеров.

В камеру плазматрона подается порошкообразный конструкционный материал и инертный газ под давлением.

Под действием дугового разряда конструкционный материал плавится и переходит в состояние плазмы; струя плазмы сжимается в плазматроне газом. Выходя из сопла, струя направляется на обрабатываемую заготовку.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Чем вызвано появление и развитие методов ЭФХО?
2. Каким группам методов ЭФХО соответствует действие наименьших обрабатывающих усилий?
3. Влияет ли уровень диэлектрической проницаемости жидкости на производительность ЭЭО?
4. Чем отличаются электроискровые режимы ЭЭО от электроимпульсных?
5. В чем отличия ЭКО от ЗЭО?
6. Почему ЭЛО проводится в вакуумной камере?
7. Возможна ли светолучевая обработка диэлектрических материалов?
8. На каких физических явлениях основана УЗО?
9. Почему при ЭХО возрастает интенсивность растворения выступов микронеровностей?
10. Как влияет уровень электрических параметров ЭХО на ширину межэлектродного зазора?
11. Какие разновидности электрохимической обработки вы знаете?
12. Какие методы ЭФХО оказывают на экологию наиболее вредное воздействие?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Технология конструкционных материалов.* Компактный учебный курс: учеб. пособие для машиностр. образовательных учреждений / В. П. Глухов, В. Л. Тимофеев, В. Б. Фёдоров А. А. Чумичкин; под общ. ред. В. Л. Тимофеева. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2008. 258 с.

2. *Сафонов Б. П., Брагин Л. П., Марценко К. Н.* Сборник задач по материаловедению и технологии конструкционных материалов. НИРХТУ, Новомосковск, 2003. 78 с.

3. *Технология конструкционных материалов* / А. М. Дальский [и др.]. М.: Машиностроение, 2004. 512 с.

4. *Технология металлорежущих материалов* / А. М. Дальский [и др.]. М., Машиностроение, 2008. 664 с.

5. *Петруха П. Г.* Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. М., Машиностроение, 2007. 614 с.

6. *Обработка металлов резанием.* Справочник технолога / А. П. Панов [и др.]. М., Машиностроение, 2009. 736 с.

7. *Марочник сталей и сплавов* / В. Г. Сорокин, А. А. Гервасьев М. А. М., Интернет-инжиниринг, 2001. 608 с.

8. *Справочник сварщика* / под ред. В. В. Степанова. 3-е изд. М.: Машиностроение, 1975. 520 с.

9. *Технология конструкционных материалов. Основы обработки металлов резанием* / В. Ф. Карпенко, Л. Г. Баграмов В. В. Стрельцов, А. В. Карпенкова. М.: Компания Спутник+, 2002. 396 с.

10. *Вишницкий А. Л., Ясногородский И. З., Григорчук И. П.* Электрохимическая и электромеханическая обработка металлов, Л., 1971. 212 с.

14. *Глинникова Т. П., Волегов С. А.* Технология конструкционных материалов: лаб. практикум по темам «Металлургия», «Литье», «Обработка металлов давлением». Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2016.68 с.

15. *Глинникова Т. П., Волегов С. А.* Технология конструкционных материалов: лаб. практикум по теме «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ». Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2015. 65 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ…… 3
1.1. Общие понятия и определения……. 3
1.2. Элементы режима резания…… 4
1.3. Геометрические параметры режущего клина……. 6
1.4. Материалы для изготовления режущих инструментов. Требования, предъявляемые к инструментальным материалам……... 9
1.5. Физические основы резания…… 13
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……... 26
2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ……... 28
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……... 30
3. ОБРАБОТКА НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ…… 32
3.1. Типы токарных резцов и их назначение…… 32
3.2. Станки токарной группы…….. 34
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..... 42
4. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ…… 43
4.1. Характеристика методов обработки осевым инструментом…… 44
4.2. Конструктивные особенности инструментов основных типов… 45
4.3. Режим резания при сверлении…… 49
4.4. Силы резания при сверлении…….. 51
4.5. Станки для обработки отверстий……... 53
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..... 54
5. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ ФРЕЗЕРНОЙ ГРУППЫ 55
5.1. Фреза и ее элементы…… 57
5.2. Основные типы фрез…… 58
5.3. Режим резания при фрезеровании……. 62
5.4. Силы резания при фрезеровании…… 63
5.5. Фрезерные станки…… 65
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..... 65
6. ОБРАБОТКА СТРОГАНИЕМ ДОЛБЛЕНИЕМ И ПРОТЯГИВАНИЕМ…… 66
6.1. Строгальные и долбежные резцы. Элементы резания при строгании и долблении……. 68
6.2. Станки строгальной группы…… 70
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..... 71
6.3. Обработка на протяжных станках…….. 71
6.3.1. Протягивание и схемы резания при протягивании внутренних наружных поверхностей…….. 72
6.3.2. Элементы режима резания при протягивании……. 76

6.3.3. Сила резания при протягивании…… 76
6.3.4.Типы протяжек, их конструктивные элементы и геометрические параметры……. 77
6.3.5. Протяжные станки. Основные параметры…… 79
Горизонтально-протяжные станки……. 80
Вертикально-протяжные станки……. 81
Протяжные станки непрерывной обработки……. 82
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ…….. 82
7. ОБРАБОТКА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ…….. 83
7.1. Особенности процесса шлифования. Абразивный инструмент 83
7.2. Схемы обработки при шлифовании…….. 84
7.3. Элементы режима резания при шлифовании…… 88
7.4. Силы резания при шлифовании…….. 89
7.5. Конструкции абразивных инструментов…….. 90
7.6. Технологические методы отделочной (финишной) обработки поверхностей деталей машин……... 93
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ…….. 97
8. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА……..... 98
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ…….. 108
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……. 109

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А. Упоров

Конспект лекций по дисциплине "Процессы формообразования и инструменты"

Разделы: «Производство чугуна и стали», «Литье», «Обработка металлов давлением»

для специальности 15.02.16 - "Технология машиностроения"

Автор: Симисинов Д.И., к.т.н., доц., Глинникова Т.П., к.т.н.

Одобрен на заседании кафедры
Эксплуатации горного оборудования
(название кафедры)

Зав. кафедрой
(подпись)
Симисинов Д.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол №1 от 12.09. 2022
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)

Председатель
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)

Екатеринбург

2022

Оглавление

ЛЕКЦИЯ 1 7
Основы металлургического производства. Производство чугуна 7
Основы металлургического производства**Ошибка! Закладка не определена.**
Современное металлургическое производство и его продукция 7
Материалы для производства металлов и сплавов 7
Производство чугуна 8
Выплавка чугуна 10
Продукты доменной плавки 13
Важнейшие технико-экономические показатели работы доменных печей 14
ЛЕКЦИЯ 2 14
Процессы прямого получения железа из руд. Производство стали 14
Процессы прямого получения железа из руд 14
Получение губчатого железа в шахтных печах 14
Восстановление железа в кипящем слое 15
Получение губчатого железа в капсулах-тиглях 16
Производство стали 16
Сущность процесса 16
Способы выплавки стали 18
Производство стали в мартеновских печах 18
Производство стали в кислородных конвертерах 22
ЛЕКЦИЯ 3 24
Производство стали. Производство цветных металлов 24
Производство стали 24
Производство стали в электропечах 24
Дуговая плавильная печь 24
Индукционные тигельные плавильные печи 26
Разливка стали 27
Способы повышения качества стали 29
Производство цветных металлов> 31
Производство меди 31
Производство магния 33
ЛЕКЦИЯ 4 33
Заготовительное производство. Литейное производство 33
Заготовительное производство 33
Выбор метода и способа получения заготовки 33
Общие принципы выбора заготовки 36
Основные факторы, влияющие на выбор способа получения заготовки 37
Литейное производство 38
Общие сведения о литейном производстве 38
Современное состояние и роль литейного производства в машиностроении 38

Классификация литых заготовок. 39
Литейные сплавы 39
Литейные свойства сплавов 40
Литейные сплавы 41
ЛЕКЦИЯ 5 42
Способы изготовления отливок. Изготовление отливок в песчаных формах 42
Изготовление отливок в песчаных формах**Ошибка! Закладка не определена.**
Модельный комплект 48
Изготовление литейных форм 49
Формовка в кессонах 50
Машинная формовка 50
Вакуумная формовка 51
Изготовление стержней 52
ЛЕКЦИЯ 6 53
Изготовление отливок в песчаных формах (продолжение) 53
Специальные способы литья 53
Изготовление отливок в песчаных формах 53
Приготовление расплава 53
Сборка и заливка литейной формы 54
Охлаждение, выбивка и очистка отливок 54
Специальные способы литья 55
Литье в оболочковые формы 55
Литье по выплавляемым моделям 56
Литье в металлические формы 58
Изготовление отливок центробежным литьем 60
ЛЕКЦИЯ 7 62
Специальные способы литья (продолжение) 62
Особенности изготовления отливок из различных сплавов 62
Дефекты отливок и их исправление 62
Специальные способы литья 62
Литье под давлением 62
Изготовление отливок электрошлаковым литьем 63
Изготовление отливок непрерывным литьем 64
Особенности изготовления отливок из различных сплавов 65
Стальные отливки 65
Алюминиевые сплавы 66
Медные сплавы 66
Титановые сплавы 67
Дефекты отливок и их исправление 67
Методы обнаружения дефектов 68
Методы исправления дефектов 68

Техника безопасности и охрана окружающей среды в литейном производстве 68
ЛЕКЦИЯ 8. Технологичность конструкций литых деталей 69
Основные положения к выбору способа литья 69
Технологичность конструкций литых форм 69
Основы конструирования литых заготовок 70
Отливки, изготовляемые литьем в песчаные формы 71
Основные положения к выбору способа литья 74
ЛЕКЦИЯ 9. 75
Технология обработки давлением. Общие сведения 75
Классификация процессов обработки давлением 75
Схемы напряженного и деформированного состояний 76
Закономерности обработки давлением. Характеристики деформаций 78
Технологические свойства 79
Технологические испытания ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
ЛЕКЦИЯ 10 81
Прокат и его производство 81
Способы прокатки 83
Технологический процесс прокатки 84
Правка проката 88
Разрезка и заготовительная обработка проката 89
ЛЕКЦИЯ 11 89
Продукция прокатного производства. Прессование. Волочение 89
Продукция прокатного производства 89
Прессование 94
Волочение 96
ЛЕКЦИЯ 12 98
Ковка 98
Операции ковки 99
Предварительные операции 99
Основные операции 100
Оборудование для ковки 104
Конструирование кованых заготовок 105
ЛЕКЦИЯ 13 106
Горячая объемная штамповка 106
Формообразование при горячей объемной штамповке 107
Чертеж поковки 110
Технологический процесс горячей объемной штамповки 111
ЛЕКЦИЯ 14 113
Оборудование для горячей объемной штамповки 113
Горячая объемная штамповка на молотах 113
Геометрическая точность поковок, полученных на молотах 115
Горячая объемная штамповка на прессах 115
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах 116

Ротационные способы изготовления поковок 118
Штамповка жидкого металла 119
ЛЕКЦИЯ 15 120
Холодная штамповка 120
Объемная холодная штамповка 121
Листовая штамповка 124
Операции листовой штамповки 125
ЛЕКЦИЯ 16 128
Холодная штамповка (продолжение) 128
Формообразование заготовок из порошковых материалов .....**Ошибка! Закладка не определена.**
Листовая штамповка .....**Ошибка! Закладка не определена.**
Формообразующие операции листовой штамповки 128
Высокоскоростные методы штамповки 131
Формообразование заготовок из порошковых материалов 132
ЛЕКЦИЯ 17 135
Сварочное производство. Сварка плавлением 135
Сварка плавлением 135
Дуговая сварка 135
Плазменная сварка 139
Электрошлаковая сварка 140
Лучевые способы сварки 141
Газовая сварка 142
ЛЕКЦИЯ 18 143
Сварка давлением. Специальные термические процессы в сварочном производстве. Пайка 143
Сварка давлением 143
Контактная сварка 143
Диффузионная сварка 145
Сварка трением 145
Сварка взрывом 146
Тип сварного соединения 146
Специальные термические процессы в сварочном производстве 147
Напыление 148
Пайка 148

ЛЕКЦИЯ 1 Основы металлургического производства. Производство чугуна

Современное металлургическое производство и его продукция

Современное металлургическое производство представляет собой комплекс различных производств, базирующихся на месторождениях руд и коксующихся углей, энергетических комплексах. Оно включает:

– шахты и карьеры по добыче руд и каменных углей;

– горно-обогатительные комбинаты, где обогащают руды, подготавливая их к плавке;

– коксохимические заводы (подготовка углей, их коксование и извлечение из них полезных химических продуктов);

– энергетические цехи для получения сжатого воздуха (для дутья доменных печей), кислорода, очистки металлургических газов;

– доменные цехи для выплавки чугуна и ферросплавов или цехи для производства железорудных металлизованных окатышей;

– заводы для производства ферросплавов;

– сталеплавильные цехи (конвертерные, мартеновские, электросталеплавильные);

– прокатные цехи (слиток в сортовой прокат).

Основная продукция чёрной металлургии:

– чугуны: передельный, используемый для передела на сталь, и литейный, для производства фасонных отливок;

– железорудные металлизованные окатыши для выплавки стали;

– ферросплавы (сплавы железа с повышенным содержанием марганца, кремния, ванадия, титана и т.д.) для легированных сталей;

– стальные слитки для производства проката,

– стальные слитки для изготовления крупных кованных валов, дисков (кузнечные слитки).

Основная продукция цветной металлургии:

– слитки цветных металлов для производства проката;

– слитки для изготовления отливок на машиностроительных заводах;

– лигатуры – сплавы цветных металлов с легирующими элементами для производства сложных легированных сплавов;

– слитки чистых и особо чистых металлов для приборостроения и электротехники.

Материалы для производства металлов и сплавов

Для производства чугуна, стали и цветных металлов используют руду, флюсы, топливо, огнеупорные материалы.

Промышленная руда – горная порода, из которой целесообразно извлекать металлы и их соединения (содержание металла в руде должно быть не менее 30…60 % для железа, 3..5% для меди, 0,005…0,02 % для молибдена).

Руда состоит из минералов, содержащих металл или его соединения, и пустой породы. Называют руду по одному или нескольким металлам, входящим в их состав, например: железные, медно-никелевые.

В зависимости от содержания добываемого элемента различают руды богатые и бедные. Бедные руды обогащают – удаляют часть пустой породы.

Флюсы – материалы, загружаемые в плавильную печь для образования легкоплавкого соединения с пустой породой руды или концентратом и золой топлива. Такое соединение называется шлаком.

Обычно шлак имеет меньшую плотность, чем металл, поэтому он располагается над металлом и может быть удален в процессе плавки. Шлак защищает металл от печных газов и воздуха. Шлак называют кислым, если в его составе преобладают кислотные оксиды (SiO_2, P_2O_5), и основным, если в его составе больше основных оксидов (CaO, MgO, FeO)

Вводят в виде агломерата и окатышей.

Топливо – в металлургических печах используется кокс, природный газ, мазут, доменный (колошниковый) газ.

Кокс получают сухой перегонкой при температуре 1000 ^{0}C (без доступа воздуха) каменного угля коксующихся сортов. В коксе содержится 80…88 % углерода, 8…12 % золы, 2…5 % влаги. Куски кокса должны иметь размеры 25…60 мм. Это прочное неспекающееся топливо, служит не только горючим для нагрева, но и химическим реагентом для восстановления железа из руды.

Огнеупорные материалы применяют для изготовления внутреннего облицовочного слоя (футеровки) металлургических печей и ковшей для расплавленного металла.

Они способны выдержать нагрузки при высоких температурах, противостоять резким изменениям температуры, химическому воздействию шлака и печных газов.

По химическим свойствам огнеупорные материалы разделяют на группы: кислые (кварцевый песок, динасовый кирпич), основные (магнезитовый кирпич, магнезитохромитовый кирпич), нейтральные (шамотный кирпич).

Взаимодействие основных огнеупорных материалов и кислых шлаков, и наоборот, может привести к разрушению печи.

Углеродистый кирпич и блоки содержат до 92 % углерода в виде графита, обладают повышенной огнеупорностью. Применяются для кладки лещади доменных печей, электролизных ванн для получения алюминия, тиглей для плавки и разливки медных сплавов.

Производство чугуна

Чугун – сплав железа и углерода с сопутствующими элементами (содержание углерода более 2,14 %).

Для выплавки чугуна в доменных печах используют железные руды, топливо, флюсы.

К железным рудам относятся:

– магнитный железняк (Fe_3O_4) с содержанием железа 60…70 %, месторождения – Соколовское, Курская магнитная аномалия (КМА);

– красный железняк (Fe_2O_3) с содержанием железа 55…60 % , месторождения – Кривой Рог, КМА;

– бурый железняк (гидраты оксидов железа $2Fe_2O_3 * 3H_2O$ и $Fe_2O_3 * H_2O$) с содержанием железа 37…55 % – Керчь.

Марганцевые руды применяются для выплавки сплава железа с марганцем – ферромарганца (10…82% Mn), а также передельных чугунов, содержащих до 1% марганца. Марганец в рудах содержится в виде окислов и карбонатов: MnO_2, Mn_2O_3, Mn_3O_4 $MnCO_3$ и др..

Хромовые руды применяются для производства феррохрома, металлического хрома и огнеупорных материалов – хромомагнезитов.

Топливом для доменной плавки служит кокс, возможна частичная замена газом, мазутом.

Флюсом является известняк $CaCO_3$ или доломитизированный известняк, содержащий $CaCO_3$ и $MgCO_3$, так как в шлак должны входить основные оксиды (CaC, MgO), которые необходимы для удаления серы из металла.

Подготовка руд к доменной плавке осуществляется для повышения производительности доменной печи, снижения расхода кокса и улучшения качества чугуна.

Метод подготовки зависит от качества руды.

Дробление и сортировка руд по крупности служат для получения кусков оптимальной величины, осуществляются с помощью дробилок и классификаторов.

Обогащение руды основано на различии физических свойств минералов, входящих в ее состав:

а) промывка – отделение плотных составляющих от пустой рыхлой породы;

б) гравитация (отсадка) – отделение руды от пустой породы при пропускании струи воды через дно вибрирующего сита: пустая порода вытесняется в верхний слой и уносится водой, а рудные минералы опускаются;

в) магнитная сепарация – измельчённую руду подвергают действию магнита, притягивающего железосодержащие минералы и отделяющего их от пустой породы.

Окусковывание производят для переработки концентратов в кусковые материалы необходимых размеров. Применяют два способа окусковывания: агломерацию и окатывание.

При агломерации шихту, состоящую из железной руды (40…50 %), известняка (15…20 %), возврата мелкого агломерата (20…30 %), коксовой мелочи (4…6 %), влаги (6…9 %), спекают на агломерационных машинах при температуре 1300…1500 ^{0}С. При спекании из руды удаляются вредные примеси (сера, мышьяк), разлагаются карбонаты, и получается кусковой пористый офлюсованный агломерат,

При окатывании шихту из измельчённых концентратов, флюса, топлива увлажняют и при обработке во вращающихся барабанах она приобретает форму шариков-окатышей диаметром до 30 мм. Их высушивают и обжигают при температуре 1200…1350 ^{0}С.

Использование агломерата и окатышей исключает отдельную подачу флюса – известняка в доменную печь при плавке.

Выплавка чугуна

Чугун выплавляют в печах шахтного типа – *доменных печах*.

Сущность процесса получения чугуна в доменных печах заключается в восстановлении оксидов железа, входящих в состав руды оксидом углерода, водородом и твердым углеродом, выделяющимся при сгорании топлива.

При выплавке чугуна решаются задачи:

1. Восстановление железа из окислов руды, науглероживание его и удаление в виде жидкого чугуна определённого химического состава.
2. Оплавление пустой породы руды, образование шлака, растворение в нём золы кокса и удаление его из печи.

Устройство и работа доменной печи.

Доменная печь (рис. 1.1) имеет стальной кожух, выложенный огнеупорным шамотным кирпичом. Рабочее пространство печи включает колошник *6*, шахту *5*, распар *4*, заплечики *3*, горн *1*, лещадь *15*.

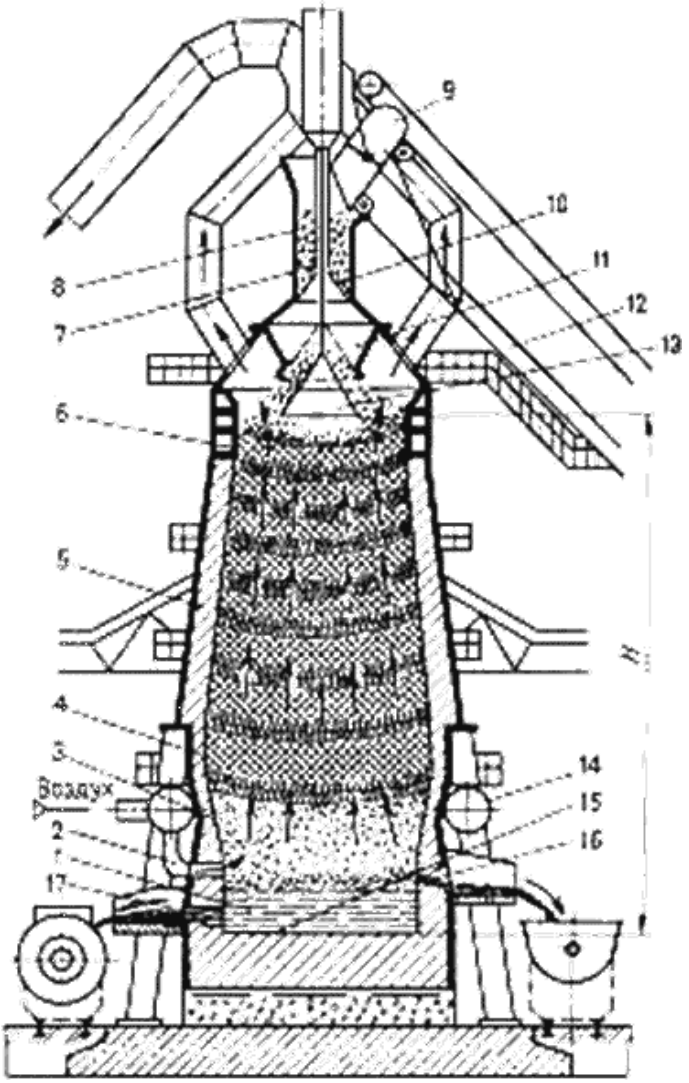


Рис. 1.1. Устройство доменной печи

В верхней части колошника находится засыпной аппарат *8*, через который в печь загружают шихту. Шихту подают в вагонетки *9* подъемника, которые передвигаются по мосту *12* к засыпному аппарату и, опрокидываясь, высыпают шихту в приемную воронку *7* распределителя шихты. При опускании малого конуса *10* шихта попадает в чашу *11*, а при опускании большого конуса *13* – в доменную печь, что предотвращает выход газов из доменной печи в атмосферу.

При работе печи шихтовые материалы, проплавляясь, опускаются, а через загрузочное устройство подают новые порции шихты, чтобы весь полезный объем был заполнен.

Полезный объем печи – объем, занимаемый шихтой от лещади до нижней кромки большого конуса засыпного аппарата при его опускании.

Полезная высота доменной печи (*H*) достигает 35 м, а полезный объем – 2000…5000 м^3.

В верхней части горна находятся фурменные устройства *14*, через которые в печь поступает нагретый воздух, необходимый для горения топлива. Воздух поступает из воздухонагревателя, внутри которого имеются камера сгора-

ния и насадка из огнеупорного кирпича, в которой имеются вертикальные каналы. В камеру сгорания к горелке подается очищенный доменный газ, который, сгорая, образует горячие газы. Проходя через насадку, газы нагревают ее и удаляются через дымовую трубу. Через насадку пропускается воздух, он нагревается до температуры 1000…1200 ^{0}С и поступает к фурменному устройству, а оттуда через фурмы *2* – в рабочее пространство печи. После охлаждения насадок нагреватели переключаются.

Горение топлива. Вблизи фурм природный газ и углерод кокса, взаимодействуя с кислородом воздуха, сгорают:

$$C + O_2 = CO_2 + Q$$

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O_{(пар)} + Q$$

В результате горения выделяется большое количество теплоты, в печи выше уровня фурм развивается температура выше 2000 ^{0}С.

Продукты сгорания взаимодействуют с раскаленным коксом по реакциям:

$$CO_2 + C = 2CO - Q$$
$$H_2O + C = CO + H_2 - Q$$

Образуется смесь восстановительных газов, в которой окись углерода CO является главным восстановителем железа из его оксидов. Для увеличения производительности подаваемый в доменную печь воздух увлажняется, что приводит к увеличению содержания восстановителя.

Горячие газы, поднимаясь, отдают теплоту шихтовым материалам и нагревают их, охлаждаясь до 300…400 ^{0}С у колошника.

Шихта (агломерат, кокс) опускается навстречу потоку газов, и при температуре около 570 ^{0}С начинается восстановление оксидов железа.

Восстановление железа в доменной печи.

Закономерности восстановления железа выявлены академиком Байковым А.А.

Восстановление железа происходит по мере продвижения шихты вниз по шахте и повышения температуры от высшего оксида к низшему, в несколько стадий:

$$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$$

Температура определяет характер протекания химических реакций.

Восстановителями оксидов железа являются твердый углерод, оксид углерода и водород.

Восстановление твердым углеродом (коксом) называется *прямым восстановлением,* протекает в нижней части печи (зона распара), где более высокие температуры, по реакции:

$$FeO + C = Fe + CO - Q$$

Восстановление газами (CO и H_2) называется *косвенным восстановлением*, протекает в верхней части печи при сравнительно низких температурах, по реакциям:

$$3Fe_2O_3 + Co = 2Fe_3O_4 + CO_2 + Q$$
$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2 - Q$$

$FeO + CO = Fe + CO_2 + Q$

За счет CO и H_2 восстанавливаются все высшие оксиды железа до низшего и 40…60 % металлического железа.

При температуре 1000…1100 ^{0}С восстановленное из руды тв¨рдое железо, взаимодействуя с оксидом углерода, коксом и сажистым углеродом, интенсивно растворяет углерод. При насыщении углеродом температура плавления понижается и на уровне распара и заплечиков железо расплавляется (при температуре около 1300 ^{0}С).

Капли железоуглеродистого сплава, протекая по кускам кокса, дополнительно насыщаются углеродом (до 4%), марганцем, кремнием, фосфором, которые при температуре 1200 ^{0}С восстанавливаются из руды, и серой, содержащейся в коксе.

В нижней части доменной печи образуется шлак в результате сплавления окислов пустой породы руды, флюсов и золы топлива. Шлаки содержат $Al_2O_3, CaO, MgO, SiO_2, MnO, FeO, CaS$. Шлак образуется постепенно, его состав меняется по мере стекания в горн, где он скапливается на поверхности жидкого чугуна, благодаря меньшей плотности. Состав шлака зависит от состава применяемых шихтовых материалов и выплавляемого чугуна.

Чугун выпускают из печи каждые 3…4 часа через чугунную летку *16*, а шлак – каждые 1…1,5 часа через шлаковую летку *17* (летка – отверстие в кладке, расположенное выше лещади).

Летку открывают бурильной машиной, затем закрывают огнеупорной массой. Сливают чугун и шлак в чугуновозные ковши и шлаковозные чаши.

Чугун поступает в кислородно-конвертерные или мартеновские цехи, или разливается в изложницы разливочной машиной, где он затвердевает в виде чушек-слитков массой 45 кг.

Продукты доменной плавки

Основным продуктом доменной плавки является чугун.

Передельный чугун предназначается для дальнейшего передела в сталь. На его долю приходится 90 % общего производства чугуна. Обычно такой чугун содержит 3,8…4,4 % углерода, 0,3…1,2 % кремния, 0,2…1 % марганца, 0,15…0,20 % фосфора, 0,03…0,07 % серы.

Литейный чугун применяется после переплава на машиностроительных заводах для получения фасонных отливок.

Кроме чугуна в доменных печах выплавляют

Ферросплавы – сплавы железа с кремнием, марганцем и другими элементами. Их применяют для раскисления и легирования стали.

Побочными продуктами доменной плавки являются *шлак* и *доменный газ*.

Из шлака изготовляют шлаковату, цемент, удобрения (стараются получить гранулированный шлак, для этого его выливают на струю воды).

Доменный газ после очистки используется как топливо для нагрева воздуха, вдуваемого в печь.

Важнейшие технико-экономические показатели работы доменных печей

1. Коэффициент использования полезного объёма доменной печи ***(КИПО)*** – это отношение полезного объема печи V ($м^3$) к ее среднесуточной производительности Р (т) выплавленного чугуна.

$$КИПО = \frac{V}{P}\ (м^3/т)$$

Чем ниже КИПО, тем выше производительность печи. Для большинства доменных печей КИПО = 0,5…0,7 (для передовых – 0,45)

2.Удельный расход кокса, ***К*** – это отношение расхода кокса за сутки A(т) к количеству чугуна, выплавленного за это же время P(т).

$$K = \frac{A}{P}$$

Удельный расход кокса в доменных печах составляет 0,5…0,7 (для передовых – 0,36…0,4)

К – важный показатель, так как стоимость кокса составляет более 50% стоимости чугуна.

ЛЕКЦИЯ 2 Процессы прямого получения железа из руд. Производство стали.

Процессы прямого получения железа из руд

Под процессами прямого получения железа понимают такие химические, электрохимические или химико-термические процессы, которые дают возможность получать непосредственно из руды, минуя доменную печь, металлическое железо в виде губки, крицы или жидкого металла.

Такие процессы ведутся, не расходуя металлургический кокс, флюсы, электроэнергию (на подготовку сжатого воздуха), а также позволяют получить очень чистый металл.

Методы прямого получения железа известны давно. Опробовано более 70 различных способов, но лишь немногие осуществлены и притом в небольшом промышленном масштабе.

В последние годы интерес к этой проблеме вырос, что связано, помимо замены кокса другим топливом, с развитием способов глубокого обогащения руд, обеспечивающих не только высокого содержания железа в концентратах (70…72%), но и почти полное освобождение его от серы и фосфора.

Получение губчатого железа в шахтных печах

Схема процесса представлена на рис. 2.1.

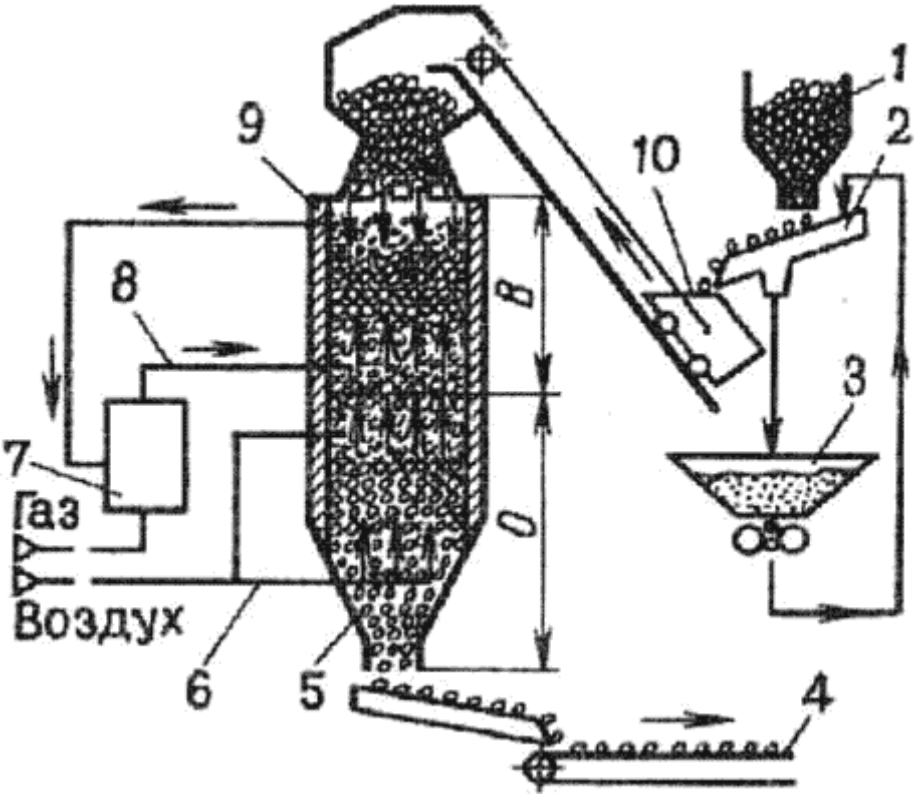


Рис. 2.1. Схема установки для прямого восстановления железа из руд и получения металлизованных окатышей

При получении губчатого железа добытую руду обогащают и получают окатыши. Окатыши из бункера 1 по грохоту 2 поступают в короб 10 шихтозавалочной машины и оттуда в шахтную печь *9*, работающую по принципу противотока. Просыпь от окатышей попадает в бункер 3 с брикетировочным прессом и в виде окатышей вновь поступает на грохот 2. Для восстановления железа из окатышей в печь по трубопроводу 8 подают смесь природного и доменного газов, подвергнутую в установке 7 конверсии, в результате которой смесь разлагается на водород H_2 и оксид углерода CO . В восстановительной зоне печи В создается температура 1000…1100 ^{0}С, при которой H_2 и CO восстанавливают железную руду в окатышах до твёрдого губчатого железа. Содержание железа в окатышах достигает 90…95%. Для охлаждения железных окатышей по трубопроводу 6 в зону охлаждения *0* печи подают воздух. Охлаждённые окатыши 5 выдаются на конвейер 4 и поступают на выплавку стали в электропечах.

Восстановление железа в кипящем слое

Мелкозернистую руду или концентрат помещают на решётку, через которую подают водород или другой восстановительный газ под давлением 1,5 МПа. Под давлением водорода частицы руды находятся во взвешенном состоянии, совершая непрерывное движение и образуя «кипящий», «псевдосжиженый» слой. В кипящем слое обеспечивается хороший контакт газавосстанови-

теля с частицами оксидов железа. На одну тонну восстановленного порошка расход водорода составляет 600…650 м^3.

Получение губчатого железа в капсулах-тиглях

Используют карбидокремниевые капсулы диаметром 500 мм и высотой 1500 мм. Шихта загружается концентрическими слоями. Внутренняя часть капсулы заполнена восстановителем – измельченным твердым топливом и известняком (10…15%) для удаления серы. Второй слой – восстанавливаемая измельченная руда или концентрат, окалина, затем еще один концентрический слой – восстановителя и известняка. Установленные на вагонетки капсулы медленно перемещаются в туннельной печи длиной до 140 м, где происходит нагрев, выдержка при 1200 ^{0}С и охлаждение в течение 100 часов.

Восстановленное железо получают в виде толстостенных труб, их чистят, дробят и измельчают, получая железный порошок с содержанием железа до 99 %, углерода – 0,1…0,2%.

Производство стали

Сущность процесса

Стали – железоуглеродистые сплавы, содержащие практически до 1,5% углерода, при большем его содержании значительно увеличиваются твёрдость и хрупкость сталей и они не находят широкого применения.

Основными исходными материалами для производства стали являются передельный чугун и стальной лом (скрап).

Содержание углерода и примесей в стали значительно ниже, чем в чугуне. Поэтому сущность любого металлургического передела чугуна в сталь – снижение содержания углерода и примесей путем их избирательного окисления и перевода в шлак и газы в процессе плавки.

Железо окисляется в первую очередь при взаимодействии чугуна с кислородом в сталеплавильных печах:

$$2Fe + O_2 = 2FeO + Q .$$

Одновременно с железом окисляются кремний, фосфор, марганец и углерод. Образующийся оксид железа при высоких температурах отдаёт свой кислород более активным примесям в чугуне, окисляя их.

Процессы выплавки стали осуществляют в три этапа.

Первый этап – расплавление шихты и нагрев ванны жидкого металла.

Температура металла сравнительно невысокая, интенсивно происходит окисление железа, образование оксида железа и окисление примесей: кремния, марганца и фосфора.

Наиболее важная задача этапа – удаление фосфора. Для этого желательно проведение плавки в основной печи, где шлак содержит CaO. Фосфорный ангидрид P_2O_5 образует с оксидом железа нестойкое соединение $(FeO)_3 \times P_2O_5$. Ок-

сид кальция CaO более сильное основание, чем оксид железа, поэтому при невысоких температурах связывает и переводит его в шлак: P_2O_5

$$2P + 5FeO + 4CaO \rightarrow (CaO)_4 \times P_2O_5 + 5Fe$$

Для удаления фосфора необходимы невысокие температура ванны металла и шлака, достаточное содержание в шлаке FeO. Для повышения содержания FeO в шлаке и ускорения окисления примесей в печь добавляют железную руду и окалину, наводя железистый шлак. По мере удаления фосфора из металла в шлак, содержание фосфора в шлаке увеличивается. Поэтому необходимо убрать этот шлак с зеркала металла и заменить его новым со свежими добавками CaO

Второй этап – кипение металлической ванны – начинается по мере прогрева до более высоких температур.

При повышении температуры более интенсивно протекает реакция окисления углерода, происходящая с поглощением теплоты:

$$FeO + C = CO + Fe - Q$$

Для окисления углерода в металл вводят незначительное количество руды, окалины или вдувают кислород.

При реакции оксида железа с углеродом, пузырьки оксида углерода CO выделяются из жидкого металла, вызывая «кипение ванны». При «кипении» уменьшается содержание углерода в металле до требуемого, выравнивается температура по объему ванны, частично удаляются неметаллические включения, прилипающие к всплывающим пузырькам CO, а также газы, проникающие в пузырьки CO. Все это способствует повышению качества металла. Следовательно, этот этап - основной в процессе выплавки стали.

Также создаются условия для удаления серы. Сера в стали находится в виде сульфида (FeS), который растворяется также в основном шлаке. Чем выше температура, тем большее количество сульфида железа FeS растворяется в шлаке и взаимодействует с оксидом кальция CaO

$$FeS + CaO = CaS + FeO$$

Образующееся соединение CaS растворяется в шлаке, но не растворяется в железе, поэтому сера удаляется в шлак.

Третий этап – раскисление стали заключается в восстановлении оксида железа, растворённого в жидком металле.

При плавке повышение содержания кислорода в металле необходимо для окисления примесей, но в готовой стали кислород – вредная примесь, так как понижает механические свойства стали, особенно при высоких температурах.

Сталь раскисляют двумя способами: осаждающим и диффузионным.

Осаждающее раскисление осуществляется введением в жидкую сталь растворимых раскислителей (ферромарганца, ферросилиция, алюминия), содержащих элементы, которые обладают большим сродством к кислороду, чем железо.

В результате раскисления восстанавливается железо и образуются оксиды: MnO, SiO_2, Al_2O_5, которые имеют меньшую плотность, чем сталь, и удаляются в шлак.

Диффузионное раскисление осуществляется раскислением шлака. Ферромарганец, ферросилиций и алюминий в измельчённом виде загружают на поверхность шлака. Раскислители, восстанавливая оксид железа, уменьшают его содержание в шлаке. Следовательно, оксид железа, растворённый в стали переходит в шлак. Образующиеся при этом процессе оксиды остаются в шлаке, а восстановленное железо переходит в сталь, при этом в стали снижается содержание неметаллических включений и повышается ее качество .

В зависимости от степени раскисления выплавляют стали:

а) спокойные,

б) кипящие,

в) полуспокойные.

Спокойная сталь получается при полном раскислении в печи и ковше.

Кипящая сталь раскислена в печи неполностью. Ее раскисление продолжается в изложнице при затвердевании слитка, благодаря взаимодействию оксида железа и углерода: $FeO + C = Fe + CO$,

Образующийся оксид углерода CO выделяется из стали, способствуя удалению из стали азота и водорода, газы выделяются в виде пузырьков, вызывая её кипение. Кипящая сталь не содержит неметаллических включений, поэтому обладает хорошей пластичностью.

Полуспокойная сталь имеет промежуточную раскисленность между спокойной и кипящей. Частично она раскисляется в печи и в ковше, а частично – в изложнице, благодаря взаимодействию оксида железа и углерода, содержащихся в стали.

Легирование стали осуществляется введением ферросплавов или чистых металлов в необходимом количестве в расплав. Легирующие элементы, у которых сродство к кислороду меньше, чем у железа (Ni, Co, Mo, Cu), при плавке и разливке не окисляются, поэтому их вводят в любое время плавки. Легирующие элементы, у которых сродство к кислороду больше, чем у железа (Si, Mn, Al, Cr, V, Ti), вводят в металл после раскисления или одновременно с ним в конце плавки, а иногда в ковш.

Способы выплавки стали

Чугун переделывается в сталь в различных по принципу действия металлургических агрегатах: мартеновских печах, кислородных конвертерах, электрических печах.

Производство стали в мартеновских печах

Мартеновский процесс (1864-1865, Франция). В период до семидесятых годов являлся основным способом производства стали. Способ характеризуется сравнительно небольшой производительностью, возможностью использования

вторичного металла – стального скрапа. Вместимость печи составляет 200…900 т. Способ позволяет получать качественную сталь.

Мартеновская печь (рис.2.2.) по устройству и принципу работы является пламенной отражательной регенеративной печью. В плавильном пространстве сжигается газообразное топливо или мазут. Высокая температура для получения стали в расплавленном состоянии обеспечивается регенерацией тепла печных газов.

Современная мартеновская печь представляет собой вытянутую в горизонтальном направлении камеру, сложенную из огнеупорного кирпича. Рабочее плавильное пространство ограничено снизу подиной 12, сверху сводом 11, а с боков передней 5 и задней 10 стенками. Подина имеет форму ванны с откосами по направлению к стенкам печи. В передней стенке имеются загрузочные окна 4 для подачи шихты и флюса, а в задней – отверстие 9 для выпуска готовой стали.

Характеристикой рабочего пространства является площадь пода печи, которую подсчитывают на уровне порогов загрузочных окон. С обоих торцов плавильного пространства расположены головки печи 2, которые служат для смешивания топлива с воздухом и подачи этой смеси в плавильное пространство. В качестве топлива используют природный газ, мазут.

Для подогрева воздуха и газа при работе на низкокалорийном газе печь имеет два регенератора 1.

Регенератор – камера, в которой размещена насадка – огнеупорный кирпич, выложенный в клетку, предназначен для нагрева воздуха и газов.

Отходящие от печи газы имеют температуру 1500…1600 ^{0}С. Попадая в регенератор, газы нагревают насадку до температуры 1250 ^{0}С. Через один из регенераторов подают воздух, который проходя через насадку нагревается до 1200 ^{0}С и поступает в головку печи, где смешивается с топливом, на выходе из головки образуется факел 7, направленный на шихту 6.

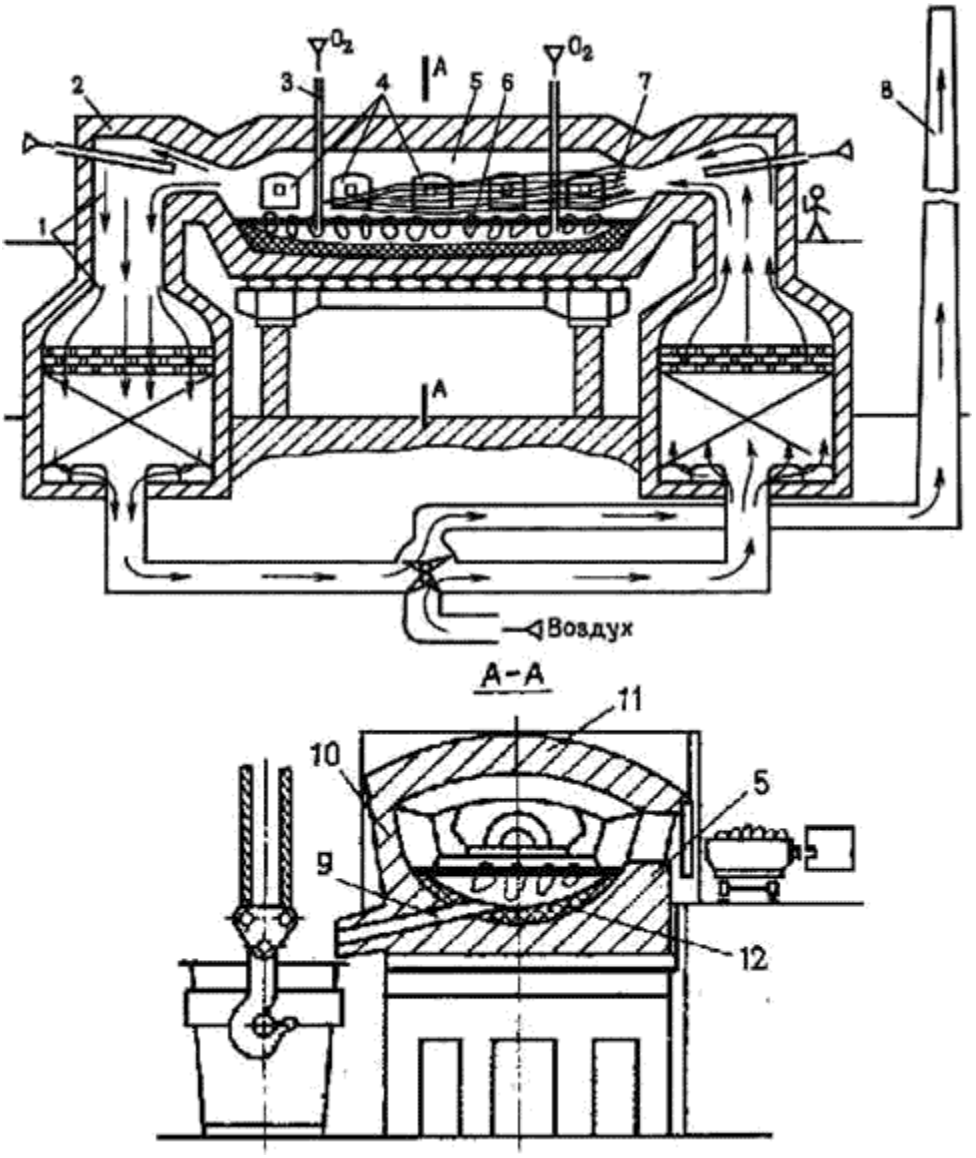


Рис.2.2. Схема мартеновской печи

Отходящие газы проходят через противоположную головку (левую), очистные устройства (шлаковики), служащие для отделения от газа частиц шлака и пыли и направляются во второй регенератор.

Охлажденные газы покидают печь через дымовую трубу 8.

После охлаждения насадки правого регенератора переключают клапаны, и поток газов в печи изменяет направление.

Температура факела пламени достигает 1800 ^{0}С. Факел нагревает рабочее пространство печи и шихту. Факел способствует окислению примесей шихты при плавке.

Продолжительность плавки составляет 3…6 часов, для крупных печей – до 12 часов. Готовую плавку выпускают через отверстие, расположенное в задней стенке на нижнем уровне пода. Отверстие плотно забивают малоспекающимися огнеупорными материалами, которые при выпуске плавки выбивают. Печи работают непрерывно, до остановки на капитальный ремонт – 400…600 плавок.

В зависимости от состава шихты, используемой при плавке, различают разновидности мартеновского процесса:

– скрап-процесс, при котором шихта состоит из стального лома (скрапа) и 25…45 % чушкового передельного чугуна, процесс применяют на заводах, где нет доменных печей, но много металлолома.

– скрап-рудный процесс, при котором шихта состоит из жидкого чугуна (55…75 %), скрапа и железной руды, процесс применяют на металлургических заводах, имеющих доменные печи.

Футеровка печи может быть основной и кислой. Если в процессе плавки стали, в шлаке преобладают основные оксиды, то процесс называют *основным* мартеновским процессом, а если кислые – *кислым*.

Наибольшее количество стали производят скрап-рудным процессом в мартеновских печах с **основной футеровкой.**

В печь загружают железную руду и известняк, а после подогрева подают скрап. После разогрева скрапа в печь заливают жидкий чугун. В период плавления за счет оксидов руды и скрапа интенсивно окисляются примеси чугуна: кремний, фосфор, марганец и, частично, углерод. Оксиды образуют шлак с высоким содержанием оксидов железа и марганца (железистый шлак). После этого проводят период «кипения» ванны: в печь загружают железную руду и продувают ванну подаваемым по трубам 3 кислородом. В это время отключают подачу в печь топлива и воздуха и удаляют шлак.

Для удаления серы наводят новый шлак, подавая на зеркало металла известь с добавлением боксита для уменьшения вязкости шлака. Содержание CaO в шлаке возрастает, а FeO уменьшается.

В период «кипения» углерод интенсивно окисляется, поэтому шихта должна содержать избыток углерода. На данном этапе металл доводится до заданного химического состава, из него удаляются газы и неметаллические включения.

Затем проводят раскисление металла в два этапа. Сначала раскисление идет путем окисления углерода металла, при одновременной подаче в ванну раскислителей – ферромарганца, ферросилиция, алюминия. Окончательное раскисление алюминием и ферросилицием осуществляется в ковше, при выпуске стали из печи. После отбора контрольных проб сталь выпускают в ковш.

В основных мартеновских печах выплавляют стали углеродистые конструкционные, низко- и среднелегированные (марганцовистые, хромистые), кроме высоколегированных сталей и сплавов, которые получают в плавильных электропечах.

В **кислых мартеновских печах выплавляют качественные стали. Применяют шихту с низким содержанием серы и фосфора.**

Стали содержат меньше водорода и кислорода, неметаллических включений. Следовательно, кислая сталь имеет более высокие механические свойства, особенно ударную вязкость и пластичность, ее используют для особо ответственных деталей: коленчатых валов крупных двигателей, роторов мощных турбин, шарикоподшипников.

Основными технико-экономическими показателями производства стали в мартеновских печах являются:

- производительность печи – съ¨м стали с 1м^2 площади пода в сутки (т/м^2 в сутки), в среднем составляет 10 т/м^2; р
- расход топлива на 1т выплавляемой стали, в среднем составляет 80 кг/т.

С укрупнением печей увеличивается их экономическая эффективность.

Производство стали в кислородных конвертерах.

Кислородно-конвертерный процесс – выплавка стали из жидкого чугуна в конвертере с основной футеровкой и продувкой кислородом через водоохлаждаемую фурму.

Первые опыты в 1933-1934 – Мозговой.

В промышленных масштабах – в 1952-1953 на заводах в Линце и Донавице (Австрия) – получил название ЛД-процесс. В настоящее время способ является основным в массовом производстве стали.

Кислородный конвертер – сосуд грушевидной формы из стального листа, футерованный основным кирпичом.

Вместимость конвертера – 130…350 т жидкого чугуна. В процессе работы конвертер может поворачиваться на 360 ^{0} для загрузки скрапа, заливки чугуна, слива стали и шлака.

Шихтовыми материалами кислородно-конвертерного процесса являются жидкий передельный чугун, стальной лом (не более 30%), известь для наведения шлака, железная руда, а также боксит Al_2O_3 и плавиковый шпат CaF_2 для разжижения шлака.

Последовательность технологических операций при выплавке стали в кислородных конвертерах представлена на рис. 2.3.

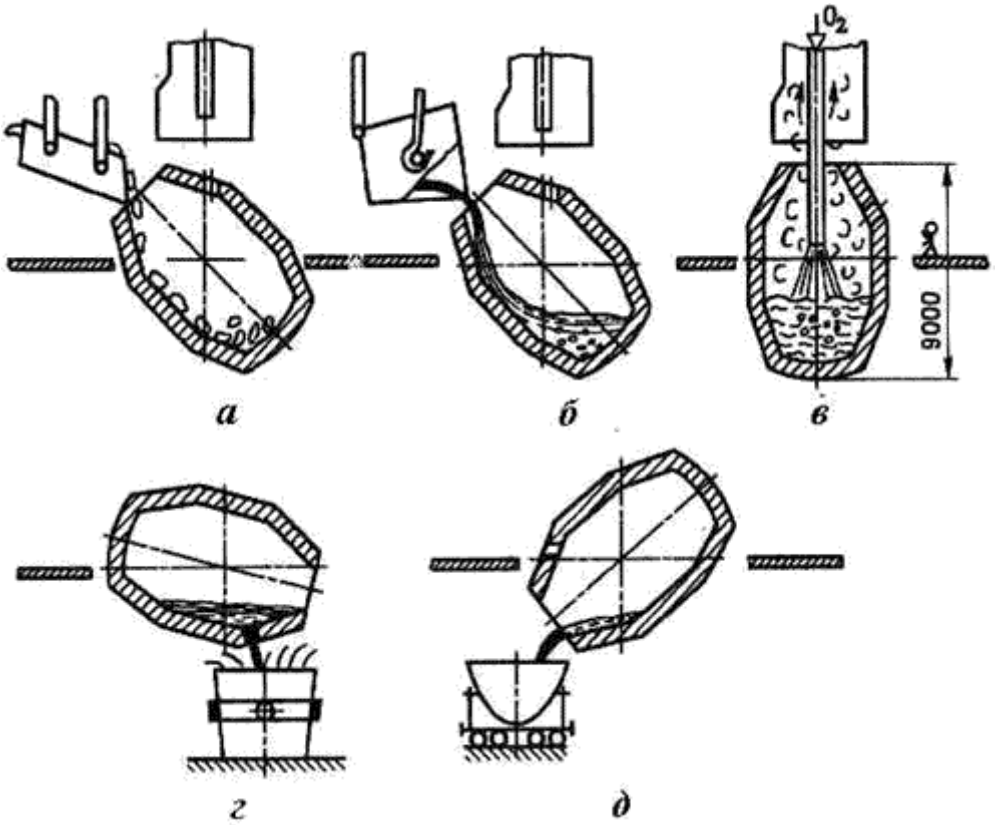


Рис.2.3. Последовательность технологических операций при выплавке стали в кислородных конвертерах

После очередной плавки стали выпускное отверстие заделывают огнеупорной массой и осматривают футеровку, ремонтируют.

Перед плавкой конвертер наклоняют, с помощью завалочных машин загружают скрап рис. (2.3.а), заливают чугун при температуре 1250…1400 ^{0}С (рис. 2.3.б).

После этого конвертер поворачивают в рабочее положение (рис. 2.3.в), внутрь вводят охлаждаемую фурму и через не¨ подают кислород под давлением 0,9…1,4 МПа. Одновременно с началом продувки загружают известь, боксит, железную руду. Кислород проникает в металл, вызывает его циркуляцию в конвертере и перемешивание со шлаком. Под фурмой развивается температура 2400 ^{0}С. В зоне контакта кислородной струи с металлом окисляется железо. Оксид железа растворяется в шлаке и металле, обогащая металл кислородом. Растворенный кислород окисляет кремний, марганец, углерод в металле, и их содержание падает. Происходит разогрев металла теплотой, выделяющейся при окислении.

Фосфор удаляется в начале продувки ванны кислородом, когда ее температура невысока (содержание фосфора в чугуне не должно превышать 0,15 %). При повышенном содержании фосфора для его удаления необходимо сливать шлак и наводить новый, что снижает производительность конвертера.

Сера удаляется в течение всей плавки (содержание серы в чугуне должно быть до 0,07 %).

Подачу кислорода заканчивают, когда содержание углерода в металле соответствует заданному. После этого конвертер поворачивают и выпускают сталь в ковш (рис. 2.3.г), где раскисляют осаждающим методом ферромарганцем, ферросилицием и алюминием, затем сливают шлак (рис. 2.3.д).

В кислородных конвертерах выплавляют стали с различным содержанием углерода, кипящие и спокойные, а также низколегированные стали. Легирующие элементы в расплавленном виде вводят в ковш перед выпуском в него стали.

Плавка в конвертерах вместимостью 130…300 т заканчивается через 25…30 минут.

ЛЕКЦИЯ 3 Производство стали. Производство цветных металлов

Производство стали

Производство стали в электропечах

Плавильные электропечи имеют преимущества по сравнению с другими плавильными агрегатами:

а) легко регулировать тепловой процесс, изменяя параметры тока;

б) можно получать высокую температуру металла,

в) возможность создавать окислительную, восстановительную, нейтральную атмосферу и вакуум, что позволяет раскислять металл с образованием минимального количества неметаллических включений.

Электропечи используют для выплавки конструкционных, высоколегированных, инструментальных, специальных сплавов и сталей.

Различают дуговые и индукционные электропечи.

Дуговая плавильная печь.

Схема дуговой печи показана на рис. 3.1.

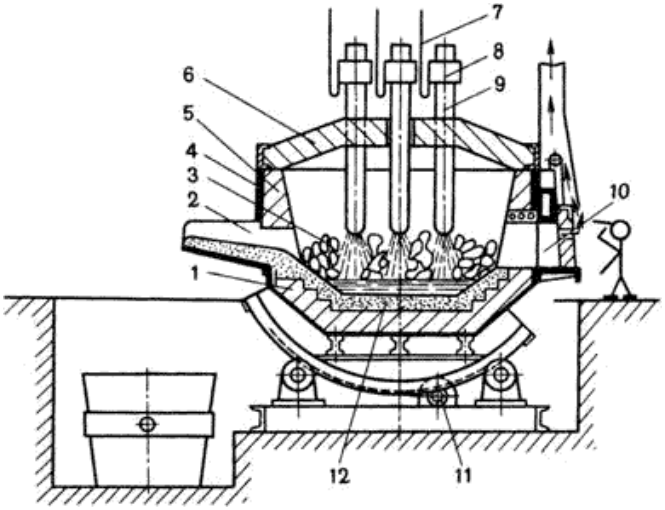


Рис.3.1. Схема дуговой плавильной печи

Дуговая печь питается трёхфазным переменным током. Имеет три цилиндрических электрода *9* из графитизированной массы, закреплённых в электрододержателях *8*, к которым подводится электрический ток по кабелям *7*. Между электродом и металлической шихтой *3* возникает электрическая дуга. Корпус печи имеет форму цилиндра. Снаружи он заключён в прочный стальной кожух *4*, внутри футерован основным или кислым кирпичом *1*. Плавильное пространство ограничено стенками *5*, подиной *12* и сводом *6*. Съёмный свод *6* имеет отверстия для электродов. В стенке корпуса рабочее окно *10* (для слива шлака, загрузки ферросплавов, взятия проб), закрытое при плавке заслонкой. Готовую сталь выпускают через сливное отверстие со сливным желобом *2*. Печь опирается на секторы и имеет привод *11* для наклона в сторону рабочего окна или желоба. Печь загружают при снятом своде.

Вместимость печей составляет 0,5…400 тонн. В металлургических цехах используют электропечи с основной футеровкой, а в литейных – с кислой.

В основной дуговой печи осуществляется плавка двух видов:

а) на шихте из легированных отходов (методом переплава),

б) на углеродистой шихте (с окислением примесей).

Плавку на шихте из легированных отходов ведут без окисления примесей. После расплавления шихты из металла удаляют серу, наводя основной шлак, при необходимости науглероживают и доводят металл до заданного химического состава. Проводят диффузионное раскисление, подавая на шлак измельченные ферросилиций, алюминий, молотый кокс. Так выплавляют легированные стали из отходов машиностроительных заводов.

Плавку на углеродистой шихте применяют для производства конструкционных сталей. В печь загружают шихту: стальной лом, чушковый передельный чугун, электродный бой или кокс, для науглероживания металлов и известь. Опускают электроды, включают ток. Шихта под действием электродов плавится, металл накапливается в подине печи. Во время плавления шихты кислородом воздуха, оксидами шихты и окалины окисляются железо, кремний, фосфор, марганец, частично, углерод. Оксид кальция из извести и оксид железа образуют основной железистый шлак, способствующий удалению фосфора из металла. После нагрева до 1500…1540 ^{0}С загружают руду и известь, проводят период «кипения» металла, происходит дальнейшее окисление углерода. После прекращения кипения удаляют шлак. Затем приступают к удалению серы и раскислению металла заданного химического состава. Раскисление производят осаждением и диффузионным методом. Для определения химического состава металла берут пробы и при необходимости вводят в печь ферросплавы для получения заданного химического состава. Затем выполняют конечное раскисление алюминием и силикокальцием, выпускают сталь в ковш.

При выплавке легированных сталей в дуговых печах в сталь вводят легирующие элементы в виде ферросплавов.

В дуговых печах выплавляют высококачественные углеродистые стали – конструкционные, инструментальные, жаростойкие и жаропрочные.

Индукционные тигельные плавильные печи

Выплавляют наиболее качественные коррозионно-стойкие, жаропрочные и другие стали и сплавы.

Вместимость от десятков килограммов до 30 тонн.

Схема индукционной тигельной печи представлена на рис 3.2.

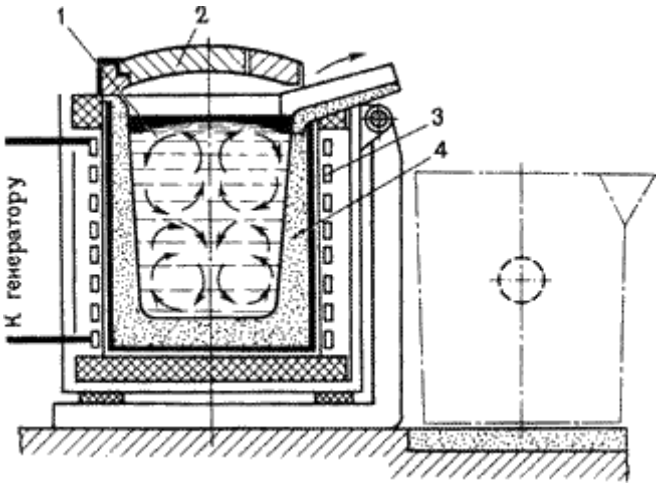


Рис. 3.2. Схема индукционной тигельной печи

Печь состоит из водоохлаждаемого индуктора *3*, внутри которого находится тигель *4* (основные или кислые огнеупорные материалы) с металлической шихтой, через индуктор от генератора высокой частоты проходит однофазный переменный ток повышенной частоты (500…2000 Гц).

При пропускании тока через индуктор в металле *1*, находящемся в тигле, индуцируются мощные вихревые токи, что обеспечивает нагрев и плавление металла. Для уменьшения потерь тепла, печь имеет съ¨мный свод *2*.

Тигель изготавливают из кислых (кварцит) или основных (магнезитовый порошок) огнеупоров. Для выпуска плавки печь наклоняют в сторону сливного ж¨лоба.

Под действием электромагнитного поля индуктора при плавке происходит интенсивная циркуляция жидкого металла, что способствует ускорению химических реакций, получению однородного по химическому составу металла, быстрому всплыванию неметаллических включений, выравниванию температуры.

В индукционных печах выплавляют сталь и сплавы из легированных отходов *методом переплава*, или из чистого шихтового железа и скрапа с добавкой ферросплавов *методом сплавления*.

После расплавления шихты на поверхность металла загружают шлаковую смесь для уменьшения тепловых потерь металла и уменьшения угара легирующих элементов, защиты его от насыщения газами.

При плавке в кислых печах, после расплавления и удаления плавильного шлака, наводят шлак из боя стекла (SiO_2). Для окончательного раскисления пе-

ред выпуском металла в ковш вводят ферросилиций, ферромарганец и алюминий.

В основных печах раскисление проводят смесью из порошкообразной извести, кокса, ферросилиция, ферромарганца и алюминия.

В основных печах выплавляют высококачественные легированные стали с высоким содержанием марганца, титана, никеля, алюминия, а в печах с кислой футеровкой – конструкционные, легированные другими элементами стали.

В печах можно получать стали с незначительным содержанием углерода и безуглеродистые сплавы, так как нет науглероживающей среды.

При вакуумной индукционной плавке индуктор, тигель, дозатор шихты и изложницы, помещают в вакуумные камеры. Получают сплавы высокого качества с малым содержанием газов, неметаллических включений и сплавы, легированные любыми элементами.

Разливка стали

Из плавильных печей сталь выпускают в ковш, который мостовым краном переносят к месту разливки стали. Из ковша сталь разливают в изложницы или кристаллизаторы машины для непрерывного литья заготовок. В изложницах или кристаллизаторах сталь затвердевает и получают слитки, которые подвергаются прокатке, ковке.

Изложницы – чугунные формы для изготовления слитков.

Изложницы выполняют с квадратным, прямоугольным, круглым и многогранным поперечными сечениями.

Слитки с квадратным сечением переделывают на сортовой прокат: двутавровые балки, швеллеры, уголки. Слитки прямоугольного сечения – на листы. Слитки круглого сечения используются для изготовления труб, колёс. Слитки с многогранным сечением применяют для изготовления поковок.

Спокойные и кипящие углеродистые стали разливают в слитки массой до 25 тонн, легированные и высококачественные стали – в слитки массой 0,5…7 тонн, а некоторые сорта высоколегированных сталей – в слитки до нескольких килограммов.

Сталь разливают в изложницы сверху (рис. 3.3.а), снизу (сифоном) (рис.3.3.б) и на машинах непрерывного литья (рис.3.4).

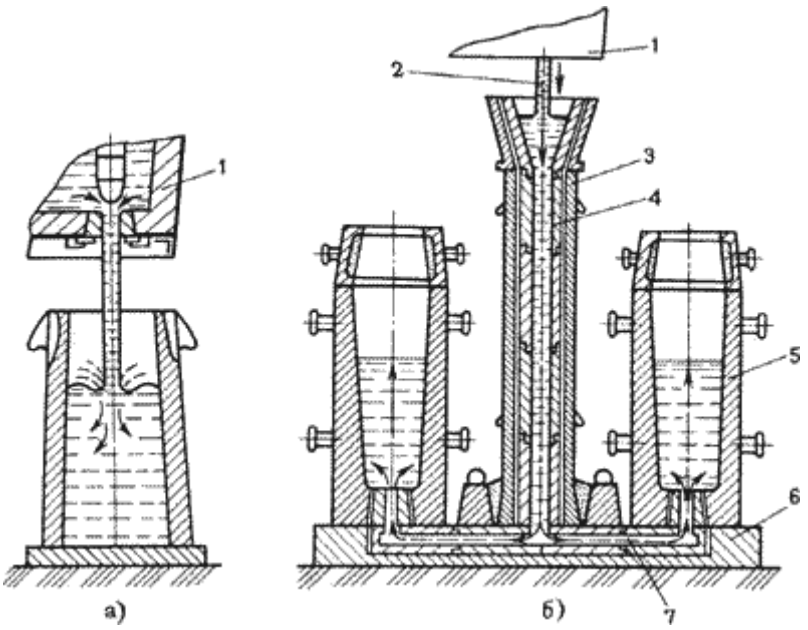


Рис.3.3. Разливка стали в изложницы
а – сверху; б – снизу (сифоном)

В изложницы сверху сталь разливают непосредственно из ковша *1*. При этом исключается расход металла на литники, упрощается подготовка оборудования к разливке. К недостаткам следует отнести менее качественную поверхность слитков, из-за наличия пленок оксидов от брызг металла, затвердевающих на стенках изложницы.

Применяется для разливки углеродистых сталей.

При *сифонной разливке* одновременно заполняются несколько изложниц (4…60). Изложницы устанавливаются на поддоне *6*, в центре которого располагается центровой литник *3*, футерованный огнеупорными трубками *4*, соединённый каналами *7* с изложницами. Жидкая сталь *2* из ковша *1* поступает в центровой литник и снизу плавно, без разбрызгивания наполняет изложницу *5*.

Поверхность слитка получается чистой, можно разливать большую массу металла одновременно в несколько изложниц.

Используют для легированных и высококачественных сталей.

Непрерывная разливка стали состоит в том, что жидкую сталь из ковша *1* через промежуточное разливочное устройство *2* непрерывно подают в водоохлаждаемую изложницу без дна – кристаллизатор *3*, из нижней части которого вытягивается затвердевающий слиток *5*.

Перед заливкой металла в кристаллизатор вводят затравку – стальную штангу со сменной головкой, имеющей паз в виде ласточкиного хвоста, которая в начале заливки служит дном кристаллизатора. Вследствие интенсивного охлаждения жидкий металл у стенок кристаллизатора и на затравке затвердевает, образуется корка, соединяющая металл с затравкой. Затравка движется вниз при помощи тяговых роликов *6*, постепенно вытягивая затвердевающий слиток из кристаллизатора. После прохождения тяговых роликов *6*, затравку отделяют. Скорость вытягивания составляет в среднем 1 м/мин. Окончательное затверде-

вание в сердцевине происходит в результате вторичного охлаждения водой из брызгал *4*. Затем затвердевший слиток попадает в зону резки, где его разрезают газовым резаком *7,* на куски заданной длины. Слитки имеют плотное строение и мелкозернистую структуру, отсутствуют усадочные раковины.

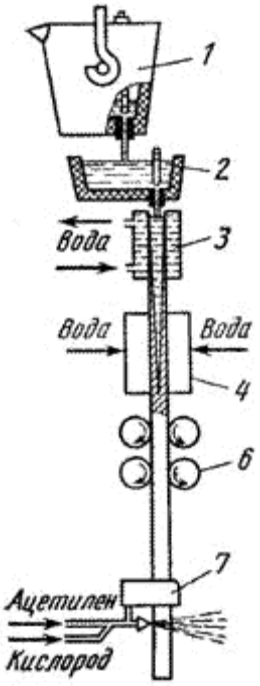


Рис.3.4. Схема непрерывной разливки стали

Способы повышения качества стали

Улучшить качество металла можно уменьшением в нём вредных примесей, газов, неметаллических включений. Для повышения качества металла используют: обработку синтетическим шлаком, вакуумную дегазацию металла, электрошлаковый переплав (ЭШП), вакуумно-дуговой переплав (ВДП), переплав металла в электронно-дуговых и плазменных печах и т. д.

Вакуумная дегазация проводится для уменьшения содержания в металле газов и неметаллических включений.

Вакуумирование стали проводят в ковше, при переливе из ковша в ковш, при заливке в изложницу.

Для вакуумирования в ковше ковш с жидкой сталью помещают в камеру, закрывающуюся герметичной крышкой. Вакуумными насосами создают разрежение до остаточного давления 0,267…0,667 кПа. При понижении давления из жидкой стали выделяются водород и азот. Всплывающие пузырьки газов захватывают неметаллические включения, в результате чего содержание их в стали снижается. Улучшаются прочность и пластичность стали.

Электрошлаковый переплав (ЭШП) применяют для выплавки высококачественных сталей для подшипников, жаропрочны сталей.

Схема электрошлакового переплава представлена на рис.3.5.

Переплаву подвергается выплавленный в дуговой печи и прокатанный на пруток металл. Источником теплоты является шлаковая ванна, нагреваемая электрическим током. Электрический ток подводится к переплавляемому электроду *1*, погруженному в шлаковую ванну *2*, и к поддону *9*, установленному в водоохлаждаемом кристаллизаторе *7*, в котором находится затравка *8*. Выделяющаяся теплота нагревает ванну *2* до температуры свыше 1700?С и вызывает оплавление конца электрода. Капли жидкого металла *3* проходят через шлак и образуют под шлаковым слоем металлическую ванну *4*. Перенос капель металла через основной шлак способствует удалению из металла серы, неметаллических включений и газов. Металлическая ванна пополняется путём расплавления электрода, и под воздействием кристаллизатора она постепенно формируется в слиток 6. Содержание кислорода уменьшается в 1,5…2 раза, серы в 2…3 раза. Слиток отличается плотностью, однородностью, хорошим качеством поверхности, Высокими механическими и эксплуатационными свойствами. Слитки получают круглого, квадратного и прямоугольного сечения, массой до 110 тонн.

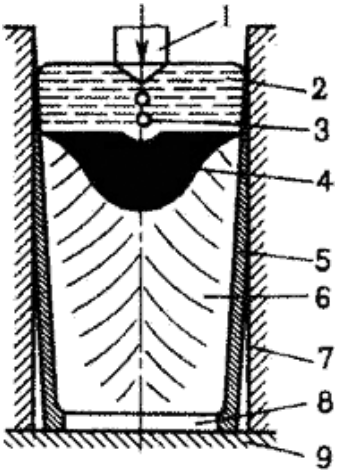


Рис.3.5. Схема электрошлакового переплава

Вакуумно-дуговой переплав (ВДП) применяют в целях удаления из металла газов и неметаллических включений.

Процесс осуществляется в вакуумно-дуговых печах с расходуемым электродом. Катод изготовляют механической обработкой слитка выплавляемого в электропечах или установках ЭШП.

Схема вакуумно-дугового переплава представлена на рис. 3.6.

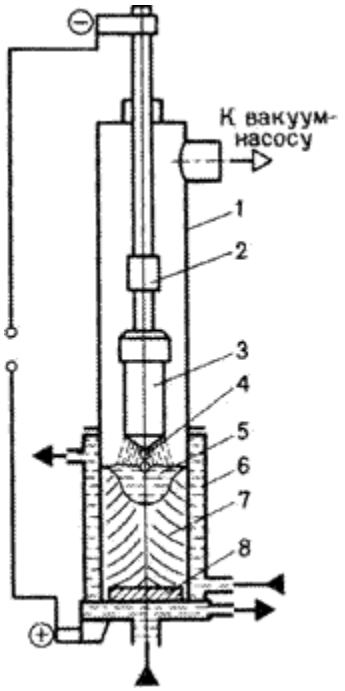


Рис.3.6. Схема вакуумно-дугового переплава

Расходуемый электрод *3* закрепляют на водоохлаждаемом штоке *2* и помещают в корпус печи *1* и далее в медную водоохлаждаемую изложницу *6*. Из корпуса печи откачивают воздух до остаточного давления 0,00133 кПа. При подаче напряжения между расходуемым электродом *3* (катодом) и затравкой *8* (анодом) возникает дуга. Выделяющаяся теплота расплавляет конец электрода. Капли жидкого металла *4*, проходя зону дугового разряда дегазируются, заполняют изложницу и затвердевают, образуя слиток *7*. Дуга горит между электродом и жидким металлом *5* в верхней части слитка на протяжении всей плавки. Охлаждение слитка и разогрев жидкого металла создают условия для направленного затвердевания слитка. Следовательно, неметаллические включения сосредоточиваются в верхней части слитка, усадочная раковина мала. Слиток характеризуется высокой равномерностью химического состава, повышенными механическими свойствами. Изготавливают детали турбин, двигателей, авиационных конструкций. Масса слитков достигает 50 тонн.

Производство цветных металлов

Производство меди

Медь в природе находится в виде сернистых соединений (CuS, Cu_2S), оксидов (CuO, Cu_2O), гидрокарбонатов $(Cu(OH)_2)$, углекислых соединений $(CuCO_3)$в составе сульфидных руд и самородной металлической меди.

Наиболее распространенные руды – медный колчедан и медный блеск, содержащие 1…2 % меди.

90 % первичной меди получают пирометаллургическим способом, 10 % - гидрометаллургическим.

Гидрометаллургический способ – получение меди путём её выщелачивания слабым раствором серной кислоты и последующего выделения металлической меди из раствора.

Получение меди *пирометаллургическим способом* состоит из обогащения, обжига, плавки на штейн, продувки в конвертере, рафинирования.

Обогащение медных руд производится методом флотации и окислительного обжига.

Метод флотации основан на использовании различной смачиваемости медьсодержащих частиц и пустой породы. Позволяет получать медный концентрат, содержащий 10…35 % меди.

Медные руды и концентраты, содержащие большие количества серы, подвергаются *окислительному обжигу*. В процессе нагрева концентрата или руды до 700…800 ^{0}C в присутствии кислорода воздуха сульфиды окисляются и содержание серы снижается почти вдвое против исходного. Обжигают только бедные (с содержанием меди 8…25 %) концентраты, а богатые (25…35 % меди) плавят без обжига.

После обжига руда и медный концентрат подвергаются *плавке на штейн,* представляющий собой сплав, содержащий сульфиды меди и железа (Cu_2S, FeS). Штейн содержит 20…50 % меди, 20…40 % железа, 22…25 % серы, около 8 % кислорода и примеси никеля, цинка, свинца, золота, серебра. Чаще всего плавка производится в пламенных отражательных печах. Температура в зоне плавки 1450 ^{0}C.

Полученный медный штейн, с целью окисления сульфидов и железа, подвергают продувке сжатым воздухом в горизонтальных конвертерах с боковым дутьём. Образующиеся окислы переводят в шлак, а серу – в SO_2. Тепло в конвертере выделяется за счёт протекания химических реакций без подачи топлива. Температура в конвертере составляет 1200…1300?C. Таким образом, в конвертере получают *черновую медь,* содержащую 98,4…99,4 % меди, 0,01…0,04 % железа, 0,02…0,1 % серы и небольшое количество никеля, олова, сурьмы, серебра, золота. Эту медь сливают в ковш и разливают в стальные изложницы или на разливочной машине.

Черновую медь рафинируют для удаления вредных примесей, проводят *огневое,* а затем *электролитическое рафинирование*.

Сущность *огневого рафинирования* черновой меди заключается в окислении примесей, имеющих большее сродство к кислороду, чем медь, удалении их с газами и переводе в шлак. После огневого рафинирования получают медь чистотой 99…99,5%. Её разливают в изложницы и получают чушки для дальнейшей выплавки сплавов (бронзы и латуни) или слитки для электролитического рафинирования.

Электролитическое рафинирование проводят для получения чистой от примесей меди (99,95% Cu

Электролиз проводят в ваннах, где анод изготавливают из меди огневого рафинирования, а катод – из тонких листов чистой меди. Электролитом служит водный раствор $CuSO_4$(10…16%) и H_2SO_4 (10…16%).

При пропускании постоянного тока анод растворяется, медь переходит в раствор, а на катодах разряжаются ионы меди, осаждаясь на них слоем чистой меди.

Примеси осаждаются на дно ванны в виде шлака, который идёт на переработку с целью извлечения металлов.

Катоды выгружают через 5…12 дней, когда их масса достигнет 60…90 кг. Их тщательно промывают, а затем переплавляют в электропечах.

Медь по чистоте подразделяется на марки: М0 (99,95% Cu), М1 (99,9%), М2(99,7%), М3 (99,5%), М4 (99%).

Производство магния

Для получения магния наибольшее распространение получил электролитический способ, сущность которого заключается в получении чистых безводных солей магния, электролизе этих солей в расплавленном состоянии и рафинировании металлического магния.

Основным сырьем для получения магния являются: карналлит, магнезит, доломит, бишофит. Наибольшее количество магния получают из карналлита. Сначала карналлит обогащают и обезвоживают. Безводный карналлит используют для приготовления электролита.

Электролиз осуществляют в электролизере, футерованном шамотным кирпичом. Анодами служат графитовые пластины, а катодами – стальные пластины. Электролизер заполняют расплавленным электролитом состава 10 % $MgCl_2$, 45 % $CaCl_2$, 30 % $NaCl$, 15 % KCl, с небольшими добавками NaF и CaF_2. Такой состав электролита необходим для понижения температуры его плавле- ния (720 ^{0}C). Для электролитического разложения хлористого магния через электролит пропускают ток. В результате образуются ионы хлора, которые движутся к аноду. Ионы магния движутся к катоду и после разряда выделяются на поверхности, образуя капельки жидкого чернового магния. Магний имеет меньшую плотность, чем электролит, поэтому он всплывает на поверхность, откуда его периодически удаляют вакуумным ковшом.

Черновой магний содержит 5 % примесей, поэтому его рафинируют переплавкой с флюсами. Для этого черновой магний и флюс, состоящий из $MgCl_2, KCl, CaF_2, NaCl, CaCl_2$, нагревают в печи до температуры 700…750 ^{0}C и перемешивают. При этом неметаллические примеси переходят в шлак. Затем печь охлаждают до температуры 670 ^{0}C и магний разливают в изложницы на чушки.

ЛЕКЦИЯ 4 Заготовительное производство. Литейное производство

Заготовительное производство

Выбор метода и способа получения заготовки

Необходимость экономии материальных ресурсов предъявляет высокие требования к рациональному выбору заготовок, к уровню их технологичности, в значительной мере определяющей затраты на технологическую подготовку производства, себестоимость, надёжность и долговечность изделий.

Правильно выбрать способ получения заготовки – означает определить рациональный технологический процесс её получения с учётом материала детали, требований к точности её изготовления, технических условий, эксплуатационных характеристик и серийности выпуска.

Машиностроение располагает большим количеством способов получения деталей. Это многообразие, с одной стороны, позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики машин за счёт использования свойств исходного материала, с другой – создаёт трудности при выборе рационального, экономичного способа получения детали.

Особенно важно правильно выбрать вид заготовки, назначить наиболее рациональный технологический процесс её изготовления в условиях автоматизированного производства, когда размеры детали при механической обработке получаются «автоматически» на предварительно настроенных агрегатных станках или станках с числовым программным управлением (ЧПУ). В этом случае недостаточные припуски так же вредны, как и излишние, а неравномерная твёрдость материала или большие уклоны на заготовке могут вызвать значительные колебания в допусках размеров готовой детали.

Поэтому очень важен экономически и технологически обоснованный выбор вида заготовки для данного производства.

Максимальное приближение геометрических форм и размеров заготовки к размерам и форме готовой детали – главная задача заготовительного производства.

Заданные конструктором геометрия, размеры и марка материала детали во многом определяют технологию изготовления. Таким образом, выбор вида заготовки происходит в процессе конструирования, так как при расчёте деталей на прочность, износостойкость или при учете других показателей эксплуатационных характеристик конструктор исходит из физико-механических свойств применяемого материала с учётом влияния способа получения заготовки.

Факторы, влияющие на себестоимость производства в машиностроении, делятся на три группы:

1-я группа – конструктивные факторы, т.е. конструктивное решение самой детали, обеспечивающее приемлемость её для изготовления обработкой давлением, литьем, сваркой; выбор марки материала и технологических условий;

2-я группа – производственные факторы, т.е. характер и культура производства, технологическая оснащенность, организационные и технологические уровни производства;

3-я группа – технологические факторы, характеризующие способ формообразования заготовок, выбор самой заготовки, оборудования и технологического процесса получения детали.

То, насколько полно в заготовке учтено влияние факторов первой и второй групп, позволяет судить о *технологичности заготовки.*

Под *технологичностью заготовки* принято понимать, насколько данная заготовка соответствует требованиям производства и обеспечивает долговечность и надежность работы детали при эксплуатации.

Выпуск технологичной заготовки в заданных масштабах производства обеспечивает минимальные производственные затраты, себестоимость, трудоемкость и материалоемкость.

Третья группа факторов важна, когда детали могут быть получены одним или несколькими способами литья или обработки давлением, например, фланцы, тройники, шестерни. Однако при литье структура металла, а следовательно, и механические свойства, ниже, чем при обработке металлов давлением. Также, особенно при литье в кокиль или под давлением, выше вероятность возникновения литейных напряжений и наличия пористости.

При штамповке, создавая направленную структуру, можно увеличить эксплуатационные свойства детали. В то же время заданный параметр шероховатости поверхности и точность размеров могут быть обеспечены в обоих случаях.

Таким образом, при выборе способов получения заготовки в первую очередь следует учитывать основные факторы (себестоимость и требования к качеству), ориентироваться на то, что в конкретном случае является определяющим.

В качестве другого примера можно рассмотреть крупногабаритные детали значительной массы, требующие для своего изготовления уникального оборудования большой мощности. Такие детали целесообразно изготавливать сварными. Это позволяет сократить длительность цикла изготовления, повысить качество металла за счет применения слитков меньшей массы с меньшим количеством литейных дефектов, но при этом уменьшается коэффициент использования металла, увеличивается трудоемкость.

Оптимальное решение при выборе заготовок может быть найдено только при условии комплексного анализа влияния на себестоимость всех факторов, при обязательном условии положительного влияния способа получения заготовки на качество изделия.

В себестоимости изготовления детали значительную долю составляют затраты на материал (около 60 %). Поэтому пути снижения себестоимости целесообразно искать в снижении расхода материала.

Технологичность детали с определенной степенью приближения оценивается следующими показателями:

– коэффициент выхода годного ($K_{в.г.}$) ;

– весовой точности ($K_{в.т.}$) ;

– использования металла ($K_{и.м.}$).

$K_{в.г.}$ – характеризует расход металла в заготовительном цехе, размер брака, технологических отходов, определяется по формуле:

$$K_{в.г.} = \frac{M_2}{M_1}$$

где: M_1 – масса исходного металла; M_2 – масса заготавливаемого металла.

$K_{в.г.}$ – отражает степень приближения формы и размеров заготовки к форме и размерам детали, т.е. характеризует объем механической обработки, определяется по формуле:

$$K_{в.г.} = \frac{M_3}{M_2}$$

где: M_3 – масса готовой детали.

$K_{и.м.}$ – отражает общий расход металла на изготавливаемую деталь, определяется по формуле:

$$K_{и.м.} = K_{в.г.} \times K_{в.г.} = \frac{M_3}{M_1}$$

Общие принципы выбора заготовки

Наиболее широко для получения заготовок в машиностроении применяют следующие методы: литье, обработка металла давлением и сварка, а также комбинация этих методов.

Каждый из методов содержит большое число способов получения заготовок.

Метод – это группа технологических процессов, в основе которых лежит единый принцип формообразования.

Литье – получение заготовок путем заливки расплавленного металла заданного химического состава в литейную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки.

Обработка давлением – технологические процессы, которые основаны на пластическом формоизменении металла.

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений из металлов и сплавов в результате образования атомно-молекулярных связей между частицами соединяемых заготовок.

При выборе метода необходимо ориентироваться в первую очередь на материал и требования к нему с точки зрения обеспечения служебных свойств изделия (литье – чугун, стали с обозначением Л).

Особо ответственные детали, к которым предъявляются высокие требования по размеру зерна, направлению волокон, а также по уровню механических свойств, всегда следует изготавливать из заготовок, полученной обработкой давлением.

Выбор способа получения заготовки сложная задача.

Способ получения заготовки должен быть экономичным, обеспечивающим высокое качество детали, производительным, нетрудоемким.

Основные факторы, влияющие на выбор способа получения заготовки

Характер производства.

Для мелкосерийного и единичного производства характерно использование в качестве заготовок горячекатаного проката, отливок, полученных в песчано-глинистых формах, поковок, полученных ковкой.

Это обуславливает большие припуски, значительный объем последующей механической обработки, повышение трудоемкости.

В условиях крупносерийного и массового производств рентабельны способы получения заготовок: горячая объемная штамповка; литье в кокиль, под давлением, в оболочковые формы по выплавляемым моделям.

Применение этих способов позволяет значительно сократить припуски, снизить трудоемкость изготовления детали.

Повышение точности формообразующих процессов, выбор наиболее точных и прогрессивных способов получения заготовок на базе увеличения серийности производства является одним из важнейших резервов повышения технического уровня производства.

Материалы и требования, предъявляемые к качеству детали

Материалы должны обладать необходимым запасом определенных технологических свойств – ковкостью, штампуемостью, жидкотекучестью, свариваемостью, обрабатываемостью.

Для деформируемых материалов необходимым технологическим свойством является технологическая пластичность. Особо жесткие требования по технологической пластичности предъявляются к сплавам, из которых детали получают холодной обработкой давлением – выдавливанием, вытяжкой, гибкой, формовкой.

Если металл обладает низкой жидкотекучестью, высокой склонностью к усадке, то не рекомендуется применять литье в кокиль, под давлением, так как из-за низкой податливости металлической формы могут возникнуть литейные напряжения, коробление отливки, трещины. Целесообразно применять оболочковое литье и литье в песчано-глинистые формы.

Для ответственных, тяжело нагруженных деталей (валы, шестерни, зубатые колеса), для которых предъявляются определенные требования к качеству металла и к физико-механическим свойствам – целесообразно использовать поковки, так как в процессе деформирования создается мелкозернистая, направленная волокнистая структура, значительно повышающая физико-механические свойства материала.

Размеры, масса и конфигурация детали.

Удельная стоимость отливок и поковок растет с уменьшением их массы. Закономерность общая для всех способов получения заготовок и деталей, так как трудоемкость формообразования определяют общей площадью поверхностей, подлежащих обработке.

Размеры детали часто играют решающую роль. При литье по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением размеры отливки ограничены технологическими возможностями оборудования и инструмента.

Способом горячей объемной штамповки возможно получение поковок до 1000 кг.

Качество поверхности заготовок, обеспечение заданной точности.

Использование точных способов обеспечивает достаточную чистоту поверхности и высокую точность заготовок.

Совершенствование ковки и штамповки обеспечивают параметры шероховатости и точность размеров, соответствующих механической обработке и даже финишных операций.

Калибровка, холодное выдавливание обеспечивают получение готовых деталей (заклепки, гайки, болты).

Возможности имеющегося оборудования.

Учитывают при изготовлении заготовок способами центробежного литья, литья под давлением, горячей объемной штамповкой. Иногда это является определяющим моментом.

Например, наличие в кузнечном цехе ротационно-ковочных машин позволяет получить ступенчатые заготовки практически без механической обработки. То же – при наличии механических прессов двойного действия или гидравлических многоступенчатых прессов.

Мощность кузнечно-штамповочного оборудования определяет номенклатуру изготовления деталей.

Литейное производство

Общие сведения о литейном производстве

Современное состояние и роль литейного производства в машиностроении.

Теория и практика технологии литейного производства на современном этапе позволяет получать изделия с высокими эксплуатационными свойствами. Отливки надежно работают в реактивных двигателях, атомных энергетических установках и других машинах ответственного назначения. Они используются в изготовлении строительных конструкций, металлургических агрегатов, морских судов, деталей бытового оборудования, художественных и ювелирных изделий.

Современное состояние литейного производства определяется совершенствованием традиционных и появлением новых способов литья, непрерывно повышающимся уровнем механизации и автоматизации технологических процессов, специализацией и централизацией производства, созданием научных основ проектирования литейных машин и механизмов.

Важнейшим направлением повышения эффективности является улучшение качества, надежности, точности и шероховатости отливок с максимальным

приближением их к форме готовых изделий путем внедрения новых технологических процессов и улучшения качества литейных сплавов, устранение вредного воздействия на окружающую среду и улучшения условий труда.

Литье является наиболее распространенным методом формообразования.

Преимуществами литья являются изготовление заготовок с наибольшими коэффициентами использования металла и весовой точности, изготовление отливок практически неограниченных габаритов и массы, получение заготовок из сплавов, неподдающихся пластической деформации и трудно обрабатываемых резанием (магниты).

Классификация литых заготовок.

По условиям эксплуатации, независимо от способа изготовления, различают отливки:

– общего назначения – отливки для деталей, не рассчитываемых на прочность

– ответственного назначения – отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при статических нагрузках;

– особо ответственного назначения - отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при циклических и динамических нагрузках.

В зависимости от способа изготовления, массы, конфигурации поверхностей, габаритного размера, толщины стенок, количества стержней, назначения и особых технических требований отливки делят на 6 групп сложности.

Первая группа характеризуется гладкими и прямолинейными наружными поверхностями с наличием невысоких усиливающих ребер, буртов, фланцев, отверстий. Внутренние поверхности простой формы. *Типовые детали* – крышки, рукоятки, диски, фланцы, муфты, колеса вагонеток, маховики для вентилей и т.д.

Шестая группа – отливки с особо сложными закрытыми коробчатыми и цилиндрическими формами. На наружных криволинейных поверхностях под различными углами пересекаются ребра, кронштейны и фланцы. Внутренние полости имеют особо сложные конфигурации с затрудненными выходами на поверхность отливки. *Типовые детали* – станины специальных МРС, сложные корпуса центробежных насосов, детали воздуходувок, рабочие колеса гидротурбин.

В зависимости от способа изготовления их габаритных размеров и типа сплавов ГОСТ 26645-85 устанавливает 22 класса точности.

Требования к литейным сплавам

Требования к материалам, используемым для получения отливок:

Состав материалов должен обеспечивать получение в отливке заданных физико-механических и физико-химических свойств; свойства и структура должны быть стабильными в течение всего срока эксплуатации отливки.

Материалы должны обладать хорошими литейными свойствами (высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой, низкой склонностью к образованию трещин и поглощению газов, герметичностью), хорошо свариваться, легко обрабатываться режущим инструментом. Они не должны быть токсичными и вредными для производства. Необходимо, чтобы они обеспечивали технологичность в условиях производства и были экономичными.

Литейные свойства сплавов

Получение качественных отливок без раковин, трещин и других дефектов зависит от литейных свойств сплавов, которые проявляются при заполнении формы, кристаллизации и охлаждении отливок в форме. К основным литейным свойствам сплавов относят: жидкотекучесть, усадку сплавов, склонность к образованию трещин, газопоглощение, ликвацию.

Жидкотекучесть – способность расплавленного металла течь по каналам литейной формы, заполнять ее полости и четко воспроизводить контуры отливки.

При высокой жидкотекучести сплавы заполняют все элементы литейной формы.

Жидкотекучесть зависит от многих факторов: от температурного интервала кристаллизации, вязкости и поверхностного натяжения расплава, температуры заливки и формы, свойств формы и т.д.

Чистые металлы и сплавы, затвердевающие при постоянной температуре, обладают лучшей жидкотекучестью, чем сплавы, затвердевающие в интервале температур (твердые растворы). Чем выше вязкость, тем меньше жидкотекучесть. С увеличением поверхностного натяжения жидкотекучесть понижается. С повышением температуры заливки расплавленного металла и формы жидкотекучесть улучшается. Увеличение теплопроводности материала формы снижает жидкотекучесть. Так , песчаная форма отводит теплоту медленнее, и расплавленный металл заполняет ее лучше, чем металлическую форму. Наличие неметаллических включений снижает жидкотекучесть. Так же влияет химический состав сплава (с увеличением содержания серы, кислорода, хрома жидкотекучесть снижается; с увеличением содержания фосфора, кремния, алюминия, углерода жидкотекучесть увеличивается).

Усадка – свойство металлов и сплавов уменьшать объем при охлаждении в расплавленном состоянии, в процессе затвердевания и в затвердевшем состоянии при охлаждении до температуры окружающей среды. Изменение объема зависит от химического состава сплава, температуры заливки, конфигурации отливки.

Различают *объемную* и *линейную* усадку.

В результате объемной усадки появляются усадочные раковины и усадочная пористость в массивных частях отливки.

Для предупреждения образования усадочных раковин устанавливают прибыли – дополнительные резервуары с расплавленным металлом, а также наружные или внутренние холодильники.

Линейная усадка определяет размерную точность полученных отливок, поэтому она учитывается при разработке технологии литья и изготовления модельной оснастки.

Линейная усадка составляет: для серого чугуна – 0,8…1,3 %; для углеродистых сталей – 2…2,4 %; для алюминиевых сплавов – 0,9…1,45 %; для медных сплавов – 1,4…2,3 %.

Газопоглощение – способность литейных сплавов в расплавленном состоянии растворять водород, азот, кислород и другие газы. Степень растворимости газов зависит от состояния сплава: с повышением температуры твердого сплава увеличивается незначительно; возрастает при плавлении; резко повышается при перегреве расплава. При затвердевании и последующем охлаждении растворимость газов уменьшается, в результате их выделения в отливке могут образоваться газовые раковины и поры.

Растворимость газов зависит от химического состава сплава, температуры заливки, вязкости сплава и свойств литейной формы.

Ликвация – неоднородность химического состава сплава в различных частях отливки. Ликвация образуется в процессе затвердевания отливки, из-за различной растворимости отдельных компонентов сплава в его твердой и жидкой фазах. В сталях и чугунах заметно ликвируют сера, фосфор и углерод.

Различают ликвацию з*ональную,* когда различные части отливки имеют различный химический состав, и *дендритную,* Когда химическая неоднородность наблюдается в каждом зерне.

Литейные сплавы

1. Чугун является наиболее распространенным материалом для получения фасонных отливок. Чугунные отливки составляют около 80 % всех отливок.

Широкое распространение чугун получил благодаря хорошим технологическим свойствам и относительной дешевизне. Из серого чугуна получают самые дешевые отливки (в 1,5 раза дешевле, чем стальные, в несколько раз – чем из цветных металлов). Область применения чугунов расширяется вследствие непрерывного повышения его прочностных и технологических характеристик. Используют серые, высокопрочные, ковкие и легированные чугуны.

2. Сталь как литейный материал применяют для получения отливок деталей, которые наряду с высокой прочностью должны обладать хорошими пластическими свойствами. Чем ответственнее машина, тем более значительна доля стальных отливок, идущих на ее изготовление. Стальное литье составляет: в тепловозах – 40…50 % от массы машины; в энергетическом и тяжелом машиностроении (колеса гидравлических турбин с массой 85 тонн, иногда несколько сотен тонн) – до 60 %.

Стальные отливки после соответствующей термической обработки не уступают по механическим свойствам поковкам.

Используются: углеродистые стали 15Л…55Л; легированные стали 25ГСЛ, 30ХГСЛ, 110Г13Л; нержавеющие стали 10Х13Л, 12Х18Н9ТЛ и др.

Среди литейных материалов из сплавов цветных металлов широкое применение нашли медные и алюминиевые сплавы.

1. Медные сплавы – бронзы и латуни.

Латуни – наиболее распространенные медные сплавы. Для изготовления различной аппаратуры для морских судостроения, работающей при температуре 300 ?С, втулок и сепараторов подшипников, нажимных винтов и гаек прокатных станов, червячных винтов применяют сложнолегированные латуни. Обладают хорошей износостойкостью, антифрикционными свойствами, коррозионной стойкостью.

Из *оловянных бронз* (БрО3Ц7С5Н1) изготавливают арматуру, шестерни, подшипники, втулки.

Безоловянные бронзы по некоторым свойствам превосходят оловянные. Они обладают более высокими механическими свойствами, антифрикционными свойствами, коррозионной стойкостью. Однако литейные свойства их хуже. Применяют для изготовления гребных винтов крупных судов, тяжело нагруженных шестерен и зубчатых колес, корпусов насосов, деталей химической и пищевой промышленности.

2. Алюминиевые сплавы.

Отливки из алюминиевых сплавов составляют около 70 % цветного литья. Они обладают высокой удельной прочностью, высокими литейными свойствами, коррозионной стойкостью в атмосферных условиях.

Наиболее высокими литейными свойствами обладают сплавы системы алюминий – кремний (Al-Si) – силумины АЛ2, АЛ9. Они широко применяются в машиностроении, автомобильной и авиационной промышленности, электротехнической промышленности.

Также используются сплавы систем: алюминий – медь, алюминий – медь – кремний, алюминий – магний.

3. Магниевые сплавы обладают высокими механическими свойствами, но их литейный свойства невысоки. Сплавы системы магний – алюминий – цинк – марганец применяют в приборостроении, в авиационной промышленности, в текстильном машиностроении.

ЛЕКЦИЯ 5 Способы изготовления отливок.

Изготовление отливок в песчаных формах

Для изготовления отливок служит литейная форма, которая представляет собой систему элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка.

Литейные формы изготовляют как из неметаллических материалов (песчаные формы, формы изготовляемые по выплавляемым моделям, оболочковые формы) для одноразового использования, так и из металлов (кокили, изложницы для центробежного литья) для многократного использования.

Литье в песчаные формы является самым распространенным способом изготовления отливок. Изготавливают отливки из чугуна, стали, цветных металлов от нескольких грамм до сотен тонн, с толщиной стенки от 3…5 до 1000 мм и длиной до 10000 мм.

Схема технологического процесса изготовления отливок в песчаных формах представлена на рис. 5.1.

Рис. 5.1. Схема технологического процесса изготовления отливок в песчаных формах

Сущность литья в песчаные формы заключается в получении отливок из расплавленного металла, затвердевшего в формах, которые изготовлены из формовочных смесей путем уплотнения с использованием модельного комплекта.

Литейная форма для получения отливок в песчаных формах представлена на рис.5.2.

Литейная форма обычно состоит из верхней 1 и нижней 2 полуформ, которые изготавливаются в опоках 7, 8 – приспособлениях для удержания формовочной смеси. Полуформы ориентируют с помощью штырей 10, которые вставляют в отверстия ручек опок 11.

Для образования полостей отверстий или иных сложных контуров в формы устанавливают литейные стержни 3, которые фиксируют посредством выступов, входящих в соответствующие впадины формы (знаки).

Литейную форму заливают расплавленным металлом через литниковую систему.

Литниковая система – совокупность каналов и резервуаров, по которым расплав поступает из разливочного ковша в полость формы.

Основными элементами являются: литниковая чаша 5, которая служит для приема расплавленного металла и подачи его в форму; стояк 6 – вертикальный или наклонный канал для подачи металла из литниковой чаши в рабочую полость или к другим элементам; шлакоуловитель 12, с помощью которого удерживается шлак и другие неметаллические примеси; питатель 13 – один или несколько, через которые расплавленный металл подводится в полость литейной формы.

Для вывода газов, контроля заполнения формы расплавленным металлом и питания отливки при ее затвердевании служат прибыли или выпор 4. Для вывода газов предназначены и вентиляционные каналы 9.

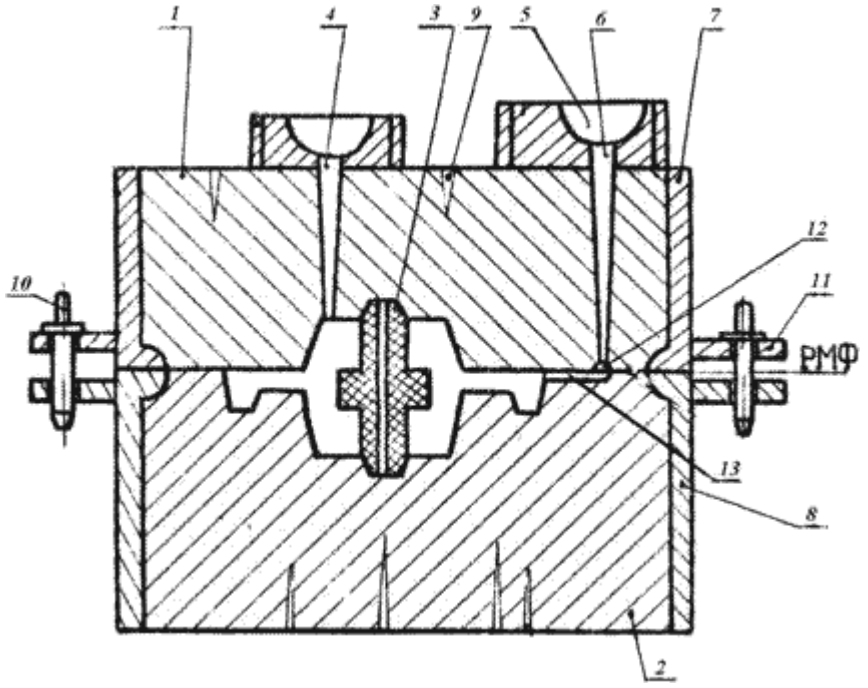


Рис. 5.2. Литейная форма

Разновидности литниковых систем представлены на рис. 5.3.

Различают литниковые системы с питателями, расположенными в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

По способу подвода расплава в рабочую полость формы литниковые системы делят на: нижнюю, верхнюю, боковую.

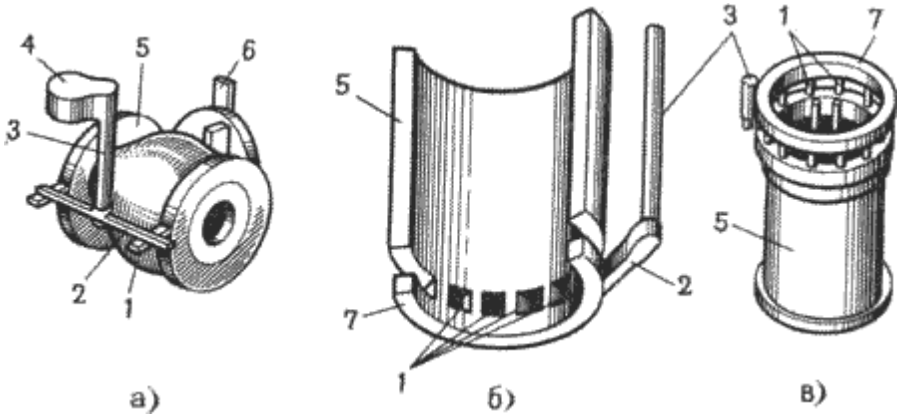


Рис. 5.3. Разновидности литниковых систем

Нижняя лиитниковая система (рис.5.3.б) – широко используется для литья сплавов, легко окисляющихся и насыщающихся газами (алюминий), обеспечивает спокойный подвод расплава к рабочей полости формы и постепенное заполнение ее поступающим снизу, без открытой струи металлом. При этом усложняется конструкция литниковой системы, увеличивается расход металла на нее, создается неблагоприятное распределение температур в залитой форме ввиду сильного разогрева ее нижней части.

Возможно образование усадочных дефектов и внутренних напряжений. При такой системе ограничена возможность получения высоких тонкостенных отливок (при литье алюминиевых сплавов форма не заполняется металлом, если отношение высоты отливки к толщине ее стенки превышает 60, $\frac{H}{\delta} \geq 60$).

Нижний подвод через большое количество питателей часто используется при изготовлении сложных по форме, крупных отливок из чугуна.

Верхняя литниковая система (рис.5.3.в).

Достоинствами системы являются: малый расход металла; конструкция проста и легко выполнима при изготовлении форм; подача расплава сверху обеспечивает благоприятное распределение температуры в залитой форме (температура увеличивается от нижней части к верхней), а следовательно, и благоприятные условия для направленной кристаллизации и питании отливки.

Недостатки: падающая сверху струя может размыть песчаную форму, вызывая засоры; при разбрызгивании расплава возникает опасность его окисления и замешивания воздуха в поток с образованием оксидных включений; затрудняется улавливание шлака.

Верхнюю литниковую систему применяют для невысоких (в положении заливки) отливок, небольшой массы и несложной формы, изготовленных из сплавов не склонных к сильному окислению в расплавленном состоянии (чугуны, углеродистые конструкционные стали, латуни).

Боковая литниковая система (рис.5.3.а).

Подвод металла осуществляется в среднюю часть отливки (по разъему формы).

Такую систему применяют при получении отливок из различных сплавов, малых и средних по массе деталей, плоскость симметрии которых совпадает с плоскостью разъема формы. Является промежуточной между верхней и нижней, и следовательно сочетает в себе некоторые их достоинства и недостатки.

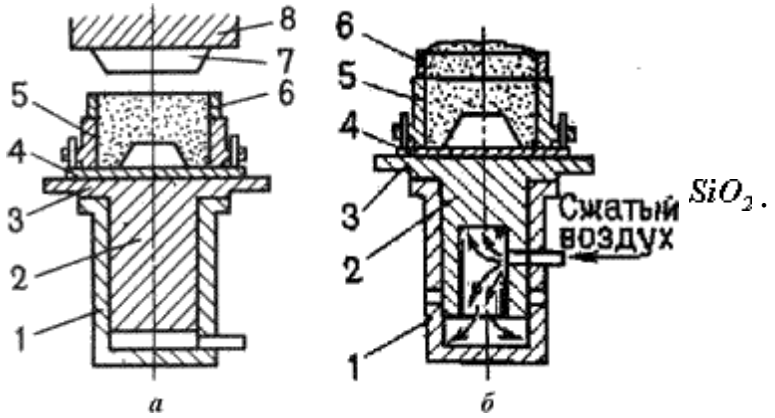
Иногда при подводе металла снизу и сверху используют массивные коллекторы.

Приготовление формовочных и стержневых смесей

Для приготовления смесей используются природные и искусственные материалы.

Песок – основной компонент формовочных и стержневых смесей.

Обычно используется кварцевый или цирконовый песок из кремнезема



Глина является связующим веществом, обеспечивающим прочность и пластичность, обладающим термической устойчивостью. Широко применяют бентонитовые или каолиновые глины.

Для предотвращения пригара и улучшения чистоты поверхности отливок используют противопригарные материалы: для сырых форм – припылы; для сухих форм – краски.

В качестве припылов используют: для чугунных отливок – смесь оксида магния, древесного угля, порошкообразного графита; для стальных отливок – смесь оксида магния и огнеупорной глины, пылевидный кварц.

Противопригарные краски представляют собой водные суспензии этих материалов с добавками связующих.

Смеси должны обладать рядом свойств.

Прочность – способность смеси обеспечивать сохранность формы без разрушения при изготовлении и эксплуатации.

Поверхностная прочность (осыпаемость) – сопротивление истирающему действию струи металла при заливке,

Пластичность – способность воспринимать очертание модели и сохранять полученную форму,

Податливость – способность смеси сокращаться в объеме под действием усадки сплава.

Текучесть – способность смеси обтекать модели при формовке, заполнять полость стержневого ящика.

Термохимическая устойчивость или непригарность – способность выдерживать высокую температуру сплава без оплавления или химического с ним взаимодействия.

Негигроскопичность – способность после сушки не поглощать влагу из воздуха.

Долговечность – способность сохранять свои свойства при многократном использовании.

По характеру использования различают облицовочные, наполнительные и единые смеси.

Облицовочная – используется для изготовления рабочего слоя формы. Содержит повышенное количество исходных формовочных материалов и имеет высокие физико- механические свойства.

Наполнительная – используется для наполнения формы после нанесения на модель облицовочной смеси. Приготавливается путем переработки оборотной смеси с малым количеством исходных формовочных материалов.

Облицовочная и наполнительная смеси необходимы для изготовления крупных и сложных отливок.

Единая – применяется одновременно в качестве облицовочной и наполнительной. Используют при машинной формовке и на автоматических линиях в серийном и массовом производстве. Изготавливается из наиболее огнеупорных песков и глин с наибольшей связующей способностью для обеспечения долговечности.

Приготовление формовочных смесей

Сначала подготавливают песок, глину и другие исходные материалы. Песок сушат и просеивают. Глину сушат, размельчают, размалывают в шаровых мельницах или бегунах и просеивают. Аналогично получают угольный порошок.

Подготавливают оборотную смесь. Оборотную смесь после выбивки из опок разминают на гладких валках, очищают от металлических частиц в магнитном сепараторе и просеивают.

Приготовление формовочной смеси включает несколько операций: перемешивание компонентов смеси, увлажнение и разрыхление.

Перемешивание осуществляется в смесителях-бегунах с вертикальными или горизонтальными катками. Песок, глину, воду и другие составляющие загружают при помощи дозатора, перемешивание осуществляется под действием катков и плужков, подающих смесь под катки.

Готовая смесь выдерживается в бункерах-отстойниках в течение 2…5 часов, для распределения влаги и образования водных оболочек вокруг глинистых частиц.

Готовую смесь разрыхляют в специальных устройствах и подают на формовку.

Стержневая смесь

Стержневые смеси соответствуют условиям технологического процесса изготовления литейных стержней, которые испытывают тепловые и механические воздействия. Они должны иметь боле высокие огнеупорность, газопроницаемость, податливость, легко выбиваться из отливки.

Огнеупорность – способность смеси и формы сопротивляться растяжению или расплавлению под действием температуры расплавленного металла.

Газопроницаемость – способность смеси пропускать через себя газы (песок способствует ее повышению).

В зависимости от способа изготовления стержней смеси разделяют: на смеси с отвердением стержней тепловой сушкой в нагреваемой оснастке; жидкие самотвердеющие; жидкие холоднотвердеющие смеси на синтетических смолах; жидкостекольные смеси, отверждаемые углекислым газом.

Приготовление стержневых смесей осуществляется перемешиванием компонентов в течение 5…12 минут с последующим выстаиванием в бункерах.

В современном литейном производстве изготовление смесей осуществляется на автоматических участках.

Модельный комплект

Модельный комплект – приспособления, включающие литейную модель, модели литниковой системы, стержневые ящики, модельные плиты, контрольные и сборочные шаблоны.

Литейная модель – приспособление, с помощью которого в литейной форме получают отпечаток, соответствующий конфигурации и размерам отливки.

Применяют модели разъемные и неразъемные, деревянные, металлические и пластмассовые.

Размеры модели больше размеров отливки на величину линейной усадки сплава.

Модели деревянные (сосна, бук, ясень), лучше изготавливать не из целого куска, а склеивать из отдельных брусочков с разным направлением волокон, для предотвращения коробления.

Достоинства: дешевизна, простота изготовления, малый вес. Недостаток: недолговечность.

Для лучшего удаления модели из формы ее окрашивают: чугун – красный, сталь – синий.

Металлические модели характеризуются большей долговечностью, точностью и чистой рабочей поверхностью. Изготавливаются из алюминиевых

сплавов – легкие, не окисляются, хорошо обрабатываются. Для уменьшения массы модели делают пустотелыми с ребрами жесткости.

Модели из пластмасс устойчивы к действию влаги при эксплуатации и хранении, не подвергаются короблению, имеют малую массу.

Стержневой ящик – формообразующее изделие, имеющее рабочую полость для получения в ней литейного стержня нужных размеров и очертаний из стержневой смеси. Обеспечивают равномерное уплотнение смеси и быстрое извлечение стержня. Изготавливают из тех же материалов, что и модели. Могут быть разъемными и неразъемными (вытряхными), а иногда с нагревателями.

Изготовление стержней может осуществляться в ручную и на специальных стержневых машинах.

Модельные плиты формируют разъем литейной формы, на них закрепляют части модели. Используют для изготовления опочных и безопочных полуформ.

Для машинной формовки применяют координатные модельные плиты и плиты со сменными вкладышами (металлическая рамка плюс металлические или деревянные вкладыши).

Изготовление литейных форм

Основными операциями изготовления литейных форм являются: уплотнение формовочной смеси для получения точного отпечатка модели в форме и придание форме достаточной прочности; устройство вентиляционных каналов для вывода газов из полости формы; извлечение модели из формы; отделка и сборка формы.

Формы изготавливаются вручную, на формовочных машинах и на автоматических линиях.

Ручная формовка применяется для получения одной или нескольких отливок в условиях опытного производства, в ремонтном производстве, для крупных отливок массой 200…300 тонн.

Приемы ручной формовки: в парных опоках по разъемной модели; формовка шаблонами; формовка в кессонах.

Формовка шаблонами применяется для получения отливок, имеющих конфигурацию тел вращения в единичном производстве

Шаблон – профильная доска. Изготовление формы для шлаковой чаши (рис. 5.4.а.) показано на рис. 5.4.

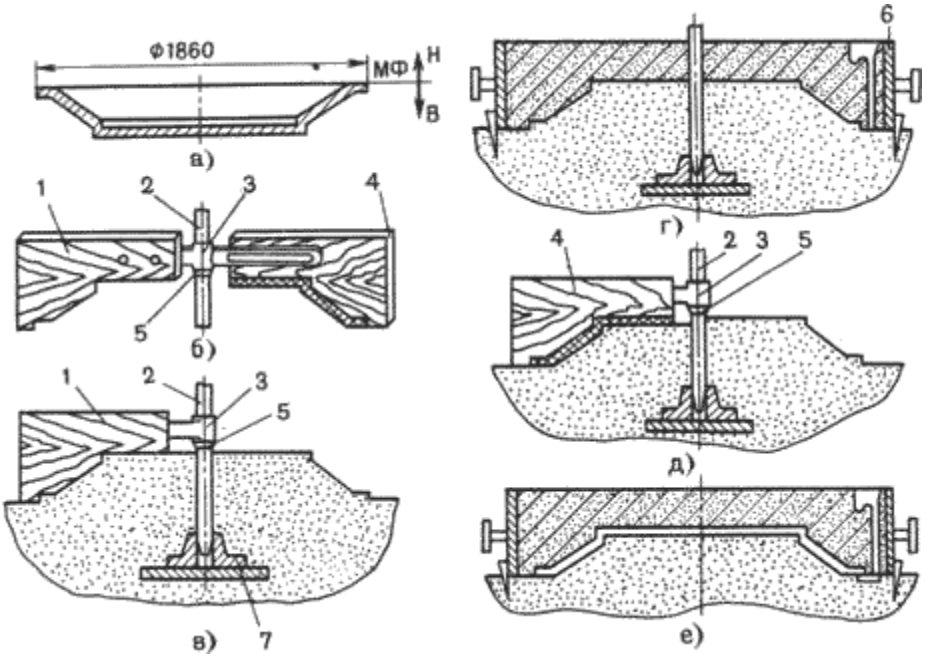


Рис.5.4. Шаблонная формовка

В уплотненной формовочной смеси вращением шаблона 1, закрепленного на шпинделе 2 при помощи серьги 3, оформляют наружную поверхность отливки (рис. 5.4.в.) и используют ее как модель для формовки в опоке верхней полуформы 6 (рис. 5.4.г). Снимают серьгу с шаблоном, плоскость разъема покрывают разделительным слоем сухого кварцевого песка, устанавливают модели литниковой системы, опоку, засыпают формовочную смесь и уплотняют ее. Затем снимают верхнюю полуформу. В подпятник 7 устанавливают шпиндель с шаблоном 4, которым оформляют нижнюю полуформу, сжимая слой смеси, равный толщине стенки отливки (рис. 5.4.д). Снимают шаблон, удаляют шпиндель, отделывают болван и устанавливают верхнюю полуформу (рис. 5.4.е). В готовую литейную форму заливают расплавленный металл

Формовка в кессонах.

Формовкой в кессонах получают крупные отливки массой до 200 тонн.

Кессон – железобетонная яма, расположенная ниже уровня пола цеха, водонепроницаемая для грунтовых вод.

Механизированный кессон имеет две подвижные и две неподвижные стенки из чугунных плит. Дно из полых плит, которые можно продувать (для ускорения охлаждения отливок) и кессона. Кессон имеет механизм для передвижения стенок и приспособлен для установки и закрепления верхней полуформы.

Машинная формовка

Используется в массовом и серийном производстве, а также для мелких серий и отдельных отливок.

Повышается производительность труда, улучшается качество форм и отливок, снижается брак, облегчаются условия работы.

По характеру уплотнения различают машины: прессовые, встряхивающие и другие.

Уплотнение прессованием может осуществляться по различным схемам, выбор которой зависит от размеров формы моделей, степени и равномерности уплотнения и других условий.

В машинах с верхним уплотнением (рис. 5.5.а) уплотняющее давление действует сверху. Используют наполнительную рамку.

При подаче сжатого воздуха в нижнюю часть цилиндра 1 прессовый поршень 2, стол 3 с прикрепленной к нему модельной плитой 4 с моделью поднимается. Прессовая колодка 7, закрепленная на траверсе 8 входит в наполнительную рамку 6 и уплотняет формовочную смесь в опоке 5. После прессования стол с модельной оснасткой опускают в исходное положение.

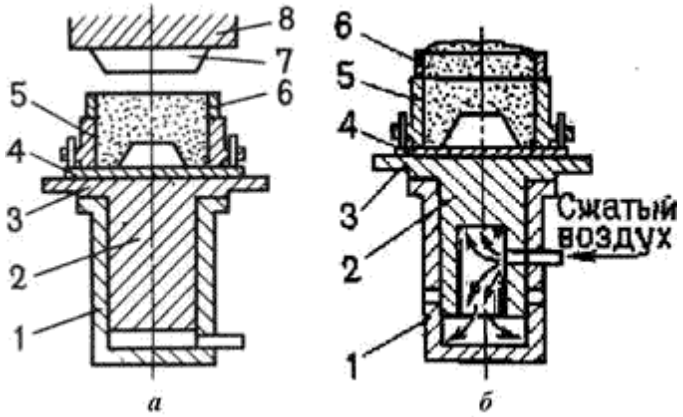


Рис. 5.5. Схемы способов уплотнения литейных форм при машинной формовке

а – прессованием; б - встряхиванием

У машин с нижним прессованием формовочная смесь уплотняется самой моделью и модельной плитой.

Уплотнение встряхиванием происходит в результате многократно повторяющихся встряхиваний (рис. 5.5.б).

Под действием сжатого воздуха, подаваемого в нижнюю часть цилиндра 1, встряхивающий поршень 2 и стол с закрепленной на нем модельной плитой 4 с моделью поднимается на 30…100 мм до выпускного отверстия, затем падает. Формовочная смесь в опоке 5 и наполнительной рамке 6 уплотняется в результате появления инерционных сил. Способ характеризуется неравномерностью уплотнения, уплотнение верхних слоев достигается допрессовкой.

Вакуумная формовка.

Модельная плита имеет вакуумную полость. В модели имеются сквозные отверстия диаметром 0,5…1 мм, совпадающие с отверстиями в плите. Модельную плиту с моделью закрывают нагретой полимерной пленкой. В воздушной коробке насосами создается вакуум 40…50 кПа. Затем устанавливается опока с сухим кварцевым песком, который уплотняется с помощью вибраций.

На верхнюю поверхность помещают разогретую пленку, плотно прилегающую к опоке. Полуформу снимают с модели. При заливке металла пленка сгорает, образуя противопригарное покрытие.

Уплотнение пескометом осуществляется рабочим органом пескомета – метательной головкой. Формовочная смесь подается в головку непрерывно. Пескомет обеспечивает засыпку смеси и ее уплотнение. При вращении ковша (1000…1500 мин$^{-1}$) формовочная смесь выбрасывается в опоку со скоростью 30…60 м/с. Метательная головка может перемещаться над опокой. Пескомет – высокопроизводительная формовочная машина, его применяют при изготовлении крупных отливок в опоках и кессонах.

Безопочная автоматическая формовка

Используется при изготовлении форм для мелких отливок из чугуна и стали в серийном и массовом производстве.

Изготовление литейных форм осуществляется на высокопроизводительных пескодувно-прессовых автоматических линиях (рис. 5.6).

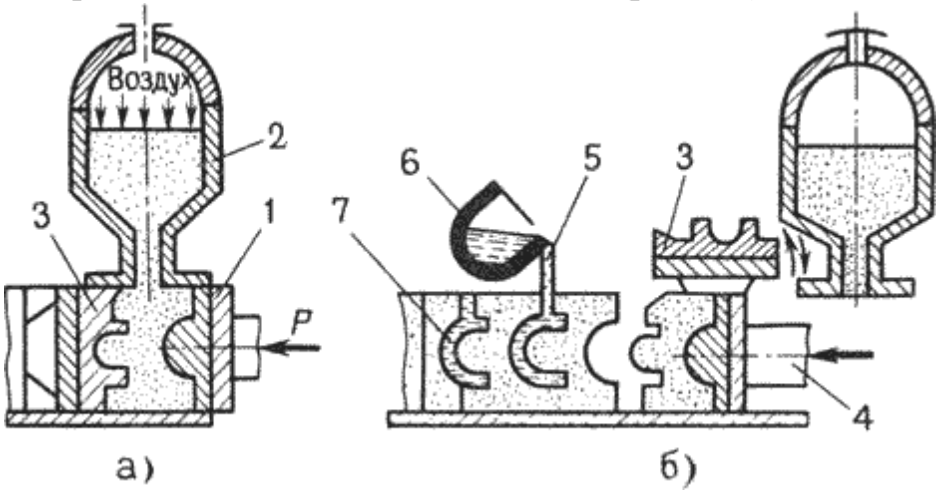


Рис. 5.6. Изготовление безопочных литейных форм

Формовочная камера заполняется смесью с помощью сжатого воздуха из головки 2. Уплотнение осуществляется при перемещении модельной плиты 1 плунжером 4. После уплотнения поворотная модельная плита 3 отходит влево и поворачивается в горизонтальное положение. Полуформа перемещается плунжером 4 до соприкосновения с предыдущим комом, образуя полость 5. Затем производят заливку металла из ковша 6. После затвердевания и охлаждения отливок, формы подаются на выбивную решетку, где отливки 7 освобождаются от формовочной смеси.

Изготовление стержней

Изготовление стержней осуществляется вручную или на специальных стержневых машинах из стержневых смесей.

Изготовление стержней включает операции: формовка сырого стержня, сушка, окраска сухого стержня. Если стержень состоит из нескольких частей, то после сушки их склеивают.

Ручная формовка осуществляется в стержневых ящиках. В готовых стержнях выполняют вентиляционные каналы. Для придания стержням необходимой прочности используются арматурные каркасы из стальной проволоки или литого чугуна.

Готовые стержни подвергаются сушке при температуре 200…230 ^{0}C, для увеличения газопроницаемости и прочности. Во время сушки из стержня удаляется влага, частично или полностью выгорают органические примеси

Часто стержни изготавливают на пескодувных машинах. При использовании смесей с синтетическими смолами, стержни изготавливают в нагреваемой оснастке.

Изготовление стержней из жидкостекольных смесей состоит в химическом отверждении жидкого стекла путем продувки стержня углекислым газом.

ЛЕКЦИЯ 6 Изготовление отливок в песчаных формах (продолжение) Специальные способы литья

1. Изготовление отливок в песчаных формах

Приготовление расплава

Приготовление литейных сплавов связано с плавлением различных материалов. Для получения заданного химического состава и определенных свойств, в сплав в жидком или твердом состоянии вводят специальные легирующие элементы: хром, никель, марганец, титан и др.

Для плавления чугуна и стали, в качестве исходных материалов применяют литейные или передельные доменные чугуны, чугунный и стальной лом, отходы собственного производства, а также для понижения температуры плавления и образования шлаков – флюсы (известняк).

Чугуны, в основном, выплавляют в вагранках. В последнее время развивается плавка в электрических печах, а также дуплекс-процесс, в особенности, вариант вагранка – индукционная печь.

Плавку стали ведут в электродуговых, индукционных и плазменно-индукционных печах.

Для плавления цветных металлов используют как первичные, полученные на металлургических заводах, так и вторичные, после переплавки цветного лома, металлы и сплавы, а также – флюсы (хлористые и фтористые соли).

Для плавления применяют индукционные печи промышленной частоты, электрические печи сопротивления. Плавку тугоплавких металлов и сплавов ведут в вакууме или в среде защитных газов.

Сборка и заливка литейной формы

Сборка литейной формы включает: установку нижней полуформы; установку стержней, устойчивое положение которых обеспечивается стержневыми знаками; контроль отклонения размеров основных полостей формы; установку верхней полуформы по центрирующим штырям.

Заливка форм расплавленным металлом осуществляется из ковшей чайникового, барабанного и других типов. Важное значение имеет температура расплавленного металла. Целесообразно назначать ее на 100…150 ^{0}С выше температуры плавления:: низкая температура увеличивает опасность незаполнения формы, захвата воздуха, ухудшения питания отливок; при высокой температуре металл больше насыщен газами, сильнее окисляется, возможен пригар на поверхности отливки.

Заливку ведут непрерывно до полного заполнения литниковой чаши.

Охлаждение, выбивка и очистка отливок

Охлаждение отливок до температуры выбивки длится от нескольких минут (для небольших тонкостенных отливок) до нескольких суток и недель (для крупных толстостенных отливок). Для сокращения продолжительности охлаждения используют методы принудительного охлаждения:

а) обдувают воздухом,

б) при формовке укладывают змеевики, по которым пропускают воздух или воду.

Выбивка отливки – процесс удаления затвердевшей и охлажденной до определенной температуры отливки из литейной формы, при этом литейная форма разрушается. Осуществляют на специальных выбивных установках. Форма выталкивается из опоки выталкивателем на виброжелоб, по которому направляется на выбивную решетку, где отливки освобождаются от формовочной смеси. Выбивку стержней осуществляют вибрационно-пневматическими и гидравлическими устройствами.

Обрубка отливок – процесс удаления с отливки прибылей, литников, выпоров и заливов по месту сопряжения полуформ.

Осуществляется пневматическими зубилами, ленточными и дисковыми пилами, при помощи газовой резки и на прессах.

После обрубки отливки зачищают, удаляя мелкие заливы, остатки выпоров и литников. Выполняют зачистку маятниковыми и стационарными шлифовальными кругами, пневматическими зубилами.

Очистка отливок – процесс удаления пригара, остатков формовочной и стержневой смесей с наружных и внутренних поверхностей отливок.

Осуществляется в галтовочных барабанах периодического или непрерывного действия (для мелких отливок), в гидропескоструйных и дробеметных камерах, а также химической или электрохимической обработкой.

2. Специальные способы литья

В современном литейном производстве все более широкое применение получают специальные способы литья: в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, кокильное, под давлением, центробежное и другие.

Эти способы позволяют получать отливки повышенной точности, с малой шероховатостью поверхности, минимальными припусками на механическую обработку, а иногда полностью исключают ее, что обеспечивает высокую производительность труда. Каждый специальный способ литья имеет свои особенности, определяющие области применения.

Литье в оболочковые формы

Литье в оболочковые формы - процесс получения отливок из расплавленного металла в формах, изготовленных по горячей модельной оснастке из специальных песчано-смоляных смесей.

Формовочную смесь приготовляют из мелкого кварцевого песка с добавлением термореактивных связующих материалов.

Технологические операции формовки при литье в оболочковые формы представлены на рис.6.1.

Металлическую модельную плиту 1 с моделью нагревают в печи до 200…250 ^{0}С.

Затем плиту *1* закрепляют на опрокидывающемся бункере *2* с формовочной смесью *3* (рис. 6.1. а) и поворачивают на 180 ^{0} (рис. 6.1.б). Формовочную смесь выдерживают на плите 10…30 секунд. Под действием теплоты, исходящей от модельной плиты, термореактивная смола в приграничном слое расплавляется, склеивает песчинки и отвердевает с образованием песчано-смоляной оболочки *4,* толщиной 5…15 мм. Бункер возвращается в исходное положение (рис. 6.1. в), излишки формовочной смеси осыпаются с оболочки. Модельная плита с полутвердой оболочкой *4* снимается с бункера и прокаливается в печи при температуре 300…350 ?С, при этом смола переходит в твердое необратимое состояние. Твердая оболочка снимается с модели с помощью выталкивателей *5* (рис.6.1.г). Аналогичным образом получают вторую полуформу.

Для получения формы полуформы склеивают или соединяют другими способами (при помощи скоб).

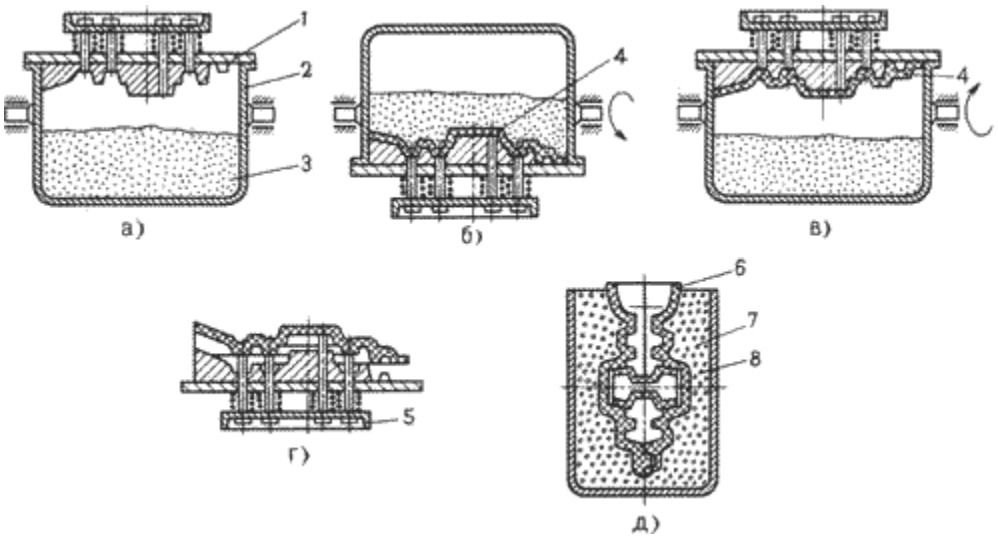


Рис 6.1. Технологические операции формовки при литье в оболочковые формы

Собранные формы небольших размеров с горизонтальной плоскостью разъема укладывают на слой песка. Формы с вертикальной плоскостью разъема *6* и крупные формы для предохранения от коробления и преждевременного разрушения устанавливают в контейнеры *7* и засыпают чугунной дробью *8* (рис.6.1.д).

Литье в оболочковые формы обеспечивает высокую геометрическую точность отливок, малую шероховатость поверхностей, снижает расход формовочных материалов (высокая прочность оболочек позволяет изготавливать формы тонкостенными) и объем механической обработки, является высокопроизводительным процессом.

В оболочковых формах изготавливают отливки массой 0,2…100 кг с толщиной стенки 3…15 мм из всех литейных сплавов для приборов, автомобилей, металлорежущих станков.

Литье по выплавляемым моделям

Литье по выплавляемым моделям – процесс получения отливок из расплавленного металла в формах, рабочая полость которых образуется благодаря удалению (вытеканию) легкоплавкого материала модели при ее предварительном нагревании.

Технологические операции процесса литья по выплавляемым моделям представлены на рис. 6.2.

Выплавляемые модели изготавливают в пресс-формах *1* (рис. 6.2.а) из модельных составов, включающих парафин, воск, стеарин, жирные кислоты. Состав хорошо заполняет полость пресс-формы, дает четкий отпечаток. После затвердевания модельного состава пресс-форма раскрывается и модель *2* (рис. 6.2.б) выталкивается в холодную воду.

Затем модели собираются в модельные блоки *3* (рис. 6.2.в) с общей литниковой системой припаиванием, приклеиванием или механическим креплением. В один блок объединяют 2…100 моделей.

Формы изготавливают многократным погружением модельного блока *3* в специальную жидкую огнеупорную смесь *5,* налитую в емкость *4* (рис.6.2.г) с последующей обсыпкой кварцевым песком. Затем модельные блоки сушат на воздухе или в среде аммиака. Обычно наносят 3…5 слоев огнеупорного покрытия с последующей сушкой каждого слоя.

Модели из форм удаляют, погружая в горячую воду или с помощью нагретого пара. После удаления модельного состава тонкостенные литейные формы устанавливаются в опоке, засыпаются кварцевым песком, а затем прокаливают в печи в течение 6…8 часов при температуре 850…950 ^{0}С для удаления остатков модельного состава, испарения воды (рис. 6.2.д)

Заливку форм по выплавляемым моделям производят сразу же после прокалки в нагретом состоянии. Заливка может быть свободной, под действием центробежных сил, в вакууме и т.д.

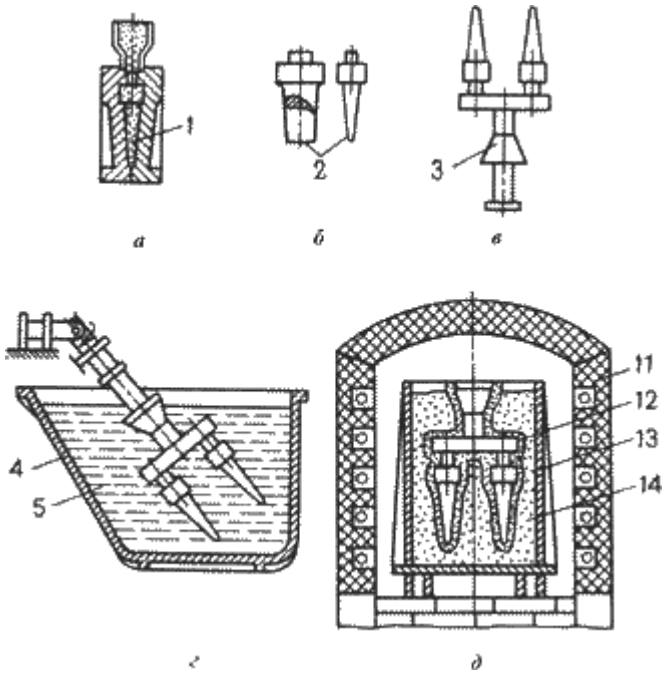


Рис.6.2. Технологические операции процесса литья по выплавляемым моделям

После затвердевания залитого металла и охлаждения отливок форма разрушается, отливки отделяют от литников механическими методами, направляют на химическую очистку, промывают и подвергают термической обработке.

Литье по выплавляемым моделям обеспечивает получение точных и сложных отливок из различных сплавов массой 0,02…15 кг с толщиной стенки 0,5…5 мм.

Недостатком является сложность и длительность процесса производства отливок, применение специальной дорогостоящей оснастки.

Литьем по выплавляемым моделям изготавливают детали для приборостроительной, авиационной и другой отраслевой промышленности. Используют при литье жаропрочных труднообрабатываемых сплавов (лопатки турбин), коррозионно-стойких сталей, углеродистых сталей в массовом производстве (автомобильная промышленность).

Технологический процесс автоматизирован и механизирован.

Литье в металлические формы

Литье в металлические формы (кокили) получило большое распространение. Этим способом получают более 40% всех отливок из алюминиевых и магниевых сплавов, отливки из чугуна и стали.

Литье в кокиль – изготовление отливок из расплавленного металла в металлических формах-кокилях.

Формирование отливки происходит при интенсивном отводе теплоты от расплавленного металла, от затвердевающей и охлаждающейся отливки к массивному металлическому кокилю, что обеспечивает более высокие плотность металла и механические свойства, чем у отливок, полученных в песчаных формах.

Схема получения отливок в кокиле представлена на рис. 6.3.

Рабочую поверхность кокиля с вертикальной плоскостью разъема, состоящую из поддона *1*, двух симметричных полуформ *2* и *3* и металлического стержня *4*, предварительно нагретую до 150…180 ?С покрывают из пульверизатора *5* слоем огнеупорного покрытия (рис. 6.3.а) толщиной 0,3…0,8 мм. Покрытие предохраняет рабочую поверхность кокиля от резкого нагрева и схватывания с отливкой.

Покрытия приготовляют из огнеупорных материалов (тальк, мел, графит), связующего материала (жидкое стекло) и воды.

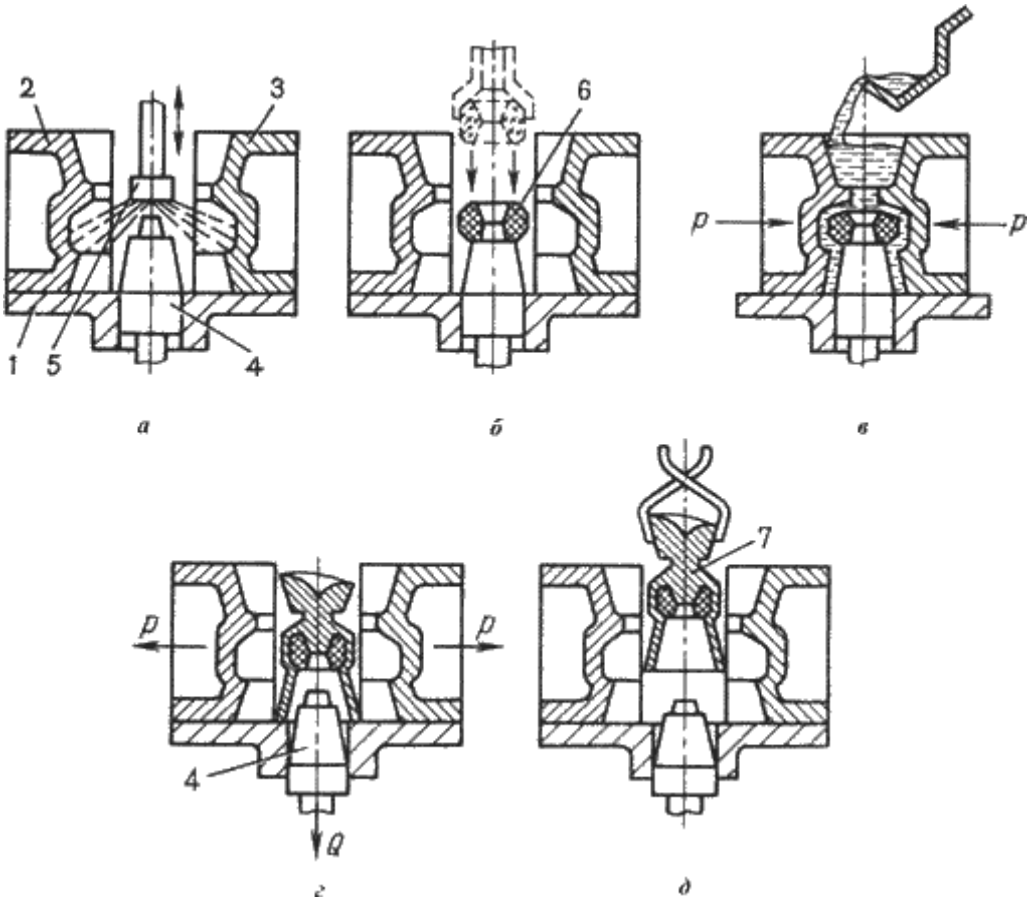


Рис. 6.3 Технологические операции изготовления отливки в кокиль

Затем с помощью манипулятора устанавливают песчаный стержень *6*, с помощью которого в отливке выполняется полость (рис.6.3.б).

Половинки кокиля соединяют и заливают расплав. После затвердевания отливки *7* (рис. 6.3.в) и охлаждения ее до температуры выбивки кокиль раскрывают (рис.6.3.г) и протягивают вниз металлический стержень *4*. Отливка *7* удаляется манипулятором из кокиля (рис.6.3.д).

Отливки простой конфигурации изготовляют в неразъемных кокилях, несложные отливки с небольшими выступами и впадинами на наружной поверхности – в кокилях с вертикальным разъемом. Крупные, простые по конфигурации отливки получают в кокилях с горизонтальным разъемом. При изготовлении сложных отливок применяют кокили с комбинированным разъемом.

Расплавленный металл в форму подводят сверху, снизу (сифоном), сбоку. Для удаления воздуха и газов по плоскости разъема прорезают вентиляционные каналы.

Все операции технологического процесса литья в кокиль механизированы и автоматизированы. Используют однопозиционные и многопозиционные автоматические кокильные машины.

Литье в кокиль применяют в массовом и серийном производствах для изготовления отливок из чугуна, стали и сплавов цветных металлов с толщиной стенки 3…100 мм, массой от нескольких граммов до нескольких сотен килограммов.

Литье в кокиль позволяет сократить или избежать расхода формовочных и стержневых смесей, трудоемких операций формовки и выбивки форм, повысить точность размеров и снизить шероховатость поверхности, улучшить механические свойства.

Недостатки кокильного литья: высокая трудоемкость изготовления кокилей, их ограниченная стойкость, трудность изготовления сложных по конфигурации отливок.

Изготовление отливок центробежным литьем

При центробежном литье сплав заливается во вращающиеся формы. Формирование отливки осуществляется под действием центробежных сил, что обеспечивает высокую плотность и механические свойства отливок.

Центробежным литьем изготовляют отливки в металлических, песчаных, оболочковых формах и формах для литья по выплавляемым моделям на центробежных машинах с горизонтальной и вертикальной осью вращения.

Металлические формы изложницы изготовляют из чугуна и стали. Толщина изложницы в 1,5…2 раза больше толщины отливки. В процессе литья изложницы снаружи охлаждают водой или воздухом.

На рабочую поверхность изложницы наносят теплозащитные покрытия для увеличения срока их службы. Перед работой изложницы нагревают до 200 ^{0}C.

Схемы процессов изготовления отливок центробежным литьем представлены на рис.6.4.

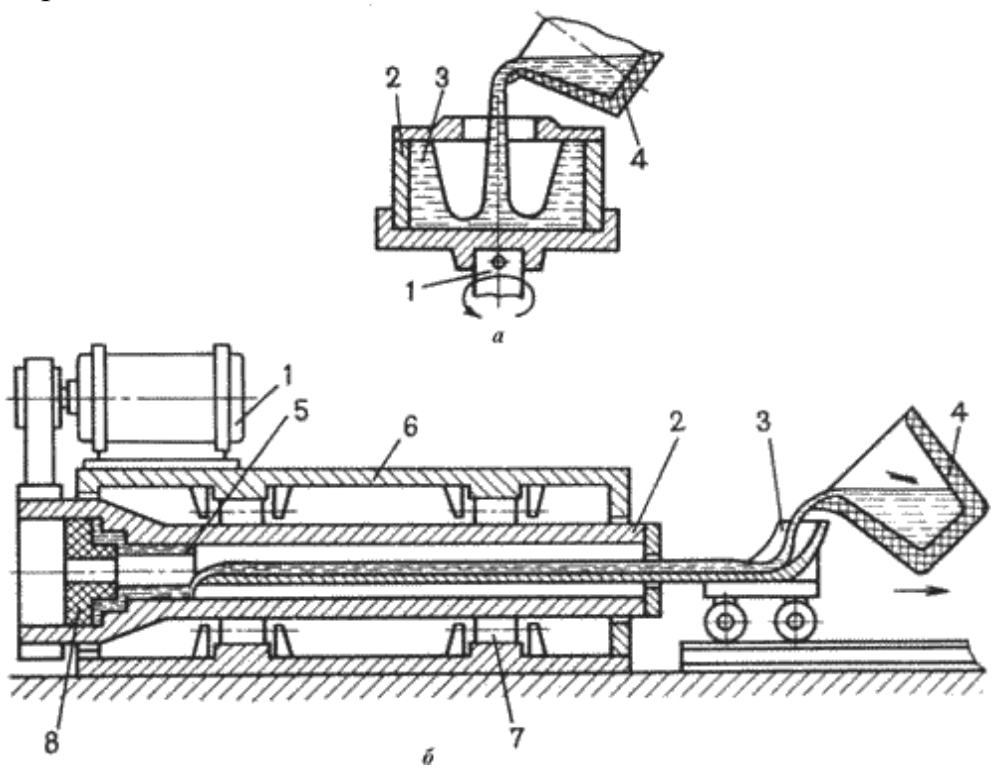


Рис.6.4. Схемы процессов изготовления отливок центробежным литьем

При получении отливок на машинах с вращением формы вокруг вертикальной оси (рис. 6.4.а) металл из ковша *4* заливают во вращающуюся форму *2*, укрепленную на шпинделе *1*, который вращается от электродвигателя.

Под действием центробежных сил металл прижимается к боковой стенке изложницы. Литейная форма вращается до полного затвердевания отливки. После остановки формы отливка *3* извлекается.

Отливки имеют разностенность по высоте – более толстое сечение в нижней части. Применяют для получения отливок небольшой высоты – коротких втулок, колец, фланцев.

При получении отливок типа тел вращения большой длины (трубы, втулки) на машинах с горизонтальной осью вращения (рис. 6.4.б) изложницу *2* устанавливают на опорные ролики *7* и закрывают кожухом *6*. Изложница приводится в движение электродвигателем *1*. Расплавленный металл из ковша *4* заливают через желоб *3*, который в процессе заливки металла перемещается, что обеспечивает получение равностенной отливки *5*. Для образования раструба трубы используют песчаный или оболочковый стержень *8*. После затвердевания металла готовую отливку извлекают специальным приспособлением.

Скорость вращения формы зависит от диаметра отливки и плотности сплава, определяется по формуле:

$$n > \frac{5520}{\sqrt{\gamma \times r}},$$

где: γ – плотность сплава; r внутренний радиус отливки.

Центробежным литьем изготавливают отливки из чугуна, стали, сплавов титана, алюминия, магния и цинка (трубы, втулки, кольца, подшипники качения, бандажи железнодорожных и трамвайных вагонов).

Масса отливок от нескольких килограммов до 45 тонн. Толщина стенок от нескольких миллиметров до 350 мм. Центробежным литьем можно получить тонкостенные отливки из сплавов с низкой текучестью, что невозможно сделать при других способах литья.

Недостаток: наличие усадочной пористости, ликватов и неметаллических включений на внутренних поверхностях; возможность появления дефектов в виде продольных и поперечных трещин, газовых пузырей.

Преимущества – получение внутренних полостей трубных заготовок без применения стержней, экономия сплава за счет отсутствия литниковой системы, возможность получения двухслойных заготовок, что получается поочередной заливкой в форму различных сплавов (сталь – чугун, чугун – бронза).

Используют автоматические и многопозиционные карусельные машины с управлением от ЭВМ.

ЛЕКЦИЯ 7. Специальные способы литья (продолжение)
Особенности изготовления отливок из различных сплавов
Дефекты отливок и их исправление

Специальные способы литья

Литье под давлением

Литьем под давлением получают отливки в металлических формах (пресс-формах), при этом заливку металла в форму и формирование отливки осуществляют под давлением.

Отливки получают на машины литья под давлением с холодной или горячей камерой прессования. В машинах с холодной камерой прессования камеры прессования располагаются либо горизонтально, либо вертикально.

На машинах с горизонтальной холодной камерой прессования (рис. 7.1) расплавленный металл заливают в камеру прессования *4* (рис. 7.1.а). Затем металл плунжером *5*, под давлением 40…100 МПа, подается в полость пресс-формы (рис.7.1.б), состоящей из неподвижной *3* и подвижной *1* полуформ. Внутреннюю полость в отливке получают стержнем *2*. После затвердевания отливки пресс-форма раскрывается, стержень *2* извлекается (рис. 7.1.в) и отливка *7* выталкивателями *6* удаляется из рабочей полости пресс-формы.

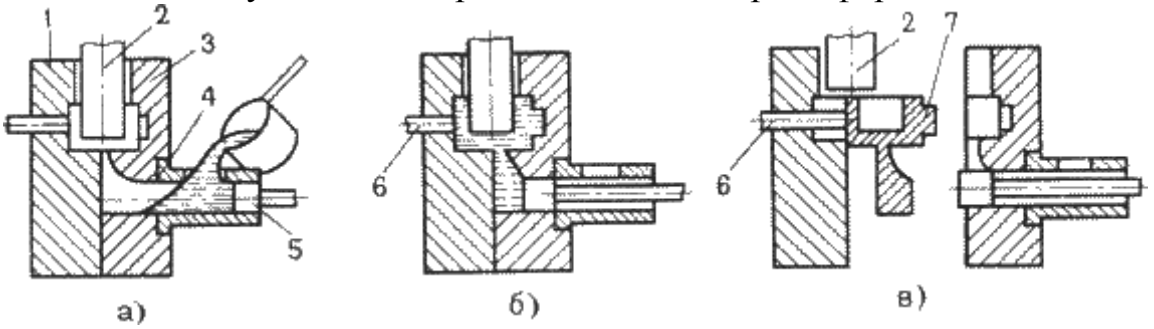


Рис.7.1. Технологические операции изготовления отливок на машинах с горизонтальной холодной камерой прессования

Перед заливкой пресс-форму нагревают до 120…320 ^{0}С. После удаления отливки рабочую поверхность пресс-формы обдувают воздухом и смазывают специальными материалами для предупреждения приваривания отливки. Воздух и газы удаляются через каналы, расположенные в плоскости разъема пресс-формы или вакуумированием рабочей полости перед заливкой металла. Такие машины применяют для изготовления отливок из медных, алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов массой до 45 кг.

На машинах с горячей камерой прессования (рис. 7.2) камера прессования *2* расположена в обогреваемом тигле *1* с расплавленным металлом. При верхнем положении плунжера *3* металл через отверстие *4* заполняет камеру прессования. При движении плунжера вниз отверстие перекрывается, сплав под давлением 10…30 МПа заполняет полость пресс-формы *5*. После затвердевания отливки плунжер возвращается в исходное положение, остатки расплавленного

металла сливаются в камеру прессования, а отливка удаляется из пресс-формы выталкивателями *6*.

Получают отливки из цинковых и магниевых сплавов массой от нескольких граммов до 25 кг.

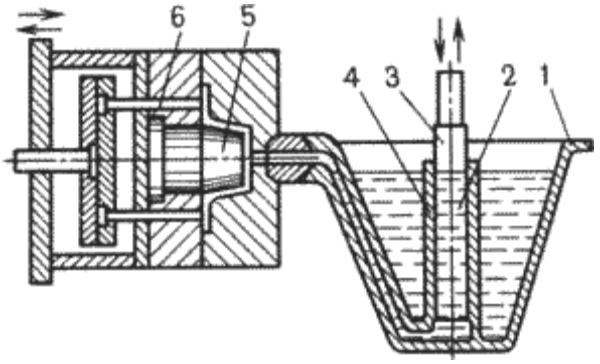


Рис.7.2. Схема изготовления отливки на машинах с горячей камерой прессования

При литье под давлением температура заливки сплава выбирается на 10…20 ^{0}С выше температуры плавления.

Литье под давлением используют в массовом и крупносерийном производствах отливок с минимальной толщиной стенок 0,8 мм, с высокой точностью размеров и малой шероховатостью поверхности, за счет тщательного полирования рабочей полости пресс-формы, без механической обработки или с минимальными припусками, с высокой производительностью процесса.

Недостатки: высокая стоимость пресс-формы и оборудования, ограниченность габаритных размеров и массы отливок, наличие воздушной пористости в массивных частях отливки.

Изготовление отливок электрошлаковым литьем

Сущность процесса электрошлакового литья заключается в переплаве расходуемого электрода в водоохлаждаемой металлической форме (кристаллизаторе).

При этом операции расплавления металла, его заливка и выдержка отливки в форме совмещены по месту и времени.

Схема изготовления отливок электрошлаковым литьем представлена на рис. 7.3.

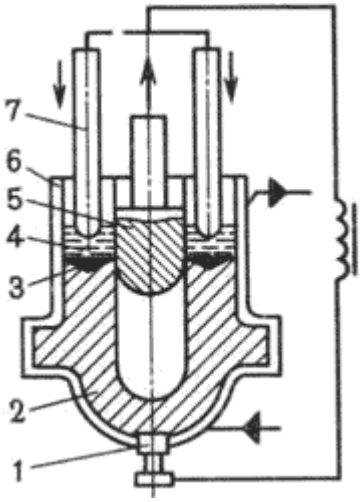


Рис.7.3. Схема изготовления отливок электрошлаковым литьем

В качестве расходуемого электрода используется прокат. В кристаллизатор *6* заливают расплавленный шлак *4* (фторид кальция или смесь на его основе), обладающий высоким электро- сопротивлением. При пропускании тока через электрод *7* и затравку *1* выделяется значительное количество теплоты, и шлаковые ванна нагревается до 1700 ?С, происходит оплавление электрода. Капли расплавленного металла проходят через расплавленный шлак и образуют под ним металлическую ванну *3*. Она в водоохлаждаемой форме затвердевает последовательно, образуя плотную без усадочных дефектов отливку *2*. Внутренняя полость образуется металлической вставкой *5*.

Расплавленный шлак способствует удалению кислорода, снижению содержания серы и неметаллических включений, поэтому получают отливки с высокими механическими и эксплуатационными свойствами.

Изготавливаются отливки ответственного назначения массой до 300 тонн: корпуса клапанов и задвижек атомных и тепловых электростанций, коленчатые валы судовых двигателей, корпуса сосудов сверхвысокого давления, ротора турбогенераторов.

Изготовление отливок непрерывным литьем

При *непрерывном литье* (рис. 7.4) расплавленный металл из металлоприемника *1* через графитовую насадку *2* поступает в водоохлаждаемый кристаллизатор *3* и затвердевает в виде отливки *4*, которая вытягивается специальным устройством *5*. Длинные отливки разрезают на заготовки требуемой длины.

Используют при получении отливок с параллельными образующими из чугуна, медных, алюминиевых сплавов. Отливки не имеют неметаллических включений, усадочных раковин и пористости, благодаря созданию направленного затвердевания отливок.

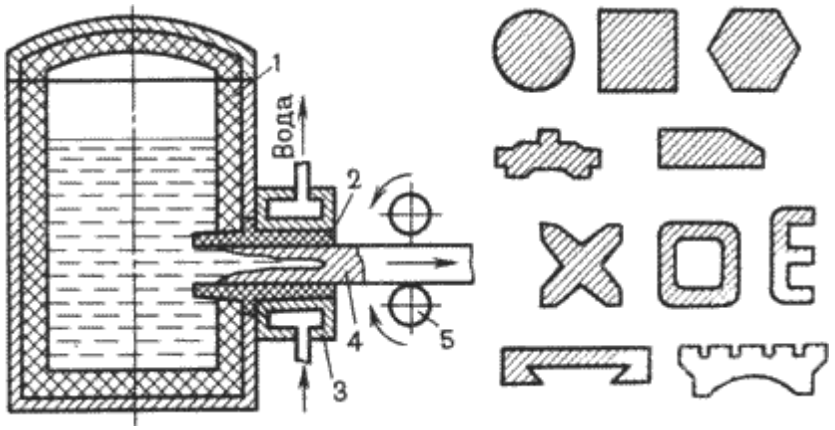


Рис. 7.4. Схема непрерывного литья (а) и разновидности получаемых отливок (б)

Особенности изготовления отливок из различных сплавов

Чугун. Преобладающее количество отливок из серого чугуна изготовляют в песчаных формах. Отливки получают ,как правило, получают без применения прибылей.

При изготовлении отливок из серого чугуна в кокилях, в связи с повышенной скоростью охлаждения при затвердевании, начинает выделяться цементит – появление отбеливания. Для предупреждения отбела на рабочую поверхность кокиля наносят малотеплопроводные покрытия. Кокили перед работой их нагревают, а чугун подвергают модифицированию. Для устранения отбела отливки подвергают отжигу.

Отливки типа тел вращения (трубы, гильзы, втулки) получают центробежным литьем.

Отливки из высокопрочного чугуна преимущественно изготовляют в песчаных формах, в оболочковых формах, литьем в кокиль, центробежным литьем. Достаточно высокая усадка чугуна вызывает необходимость создания условий направленного затвердевания отливок для предупреждения образования усадочных дефектов в массивных частях отливки путем установки прибылей и использования холодильников.

Расплавленный чугун в полость формы подводят через сужающуюся литниковую систему и, как правило, через прибыль.

Особенностью получения отливок из ковкого чугуна является то, что исходный материал – белый чугун имеет пониженную жидкотекучесть, что требует повышенной температуры заливки при изготовлении тонкостенных отливок. Для сокращения продолжительности отжига чугун модифицируют алюминием, бором, висмутом. Отливки изготавливают в песчаных формах, а также в оболочковых формах и кокилях.

Стальные отливки

Углеродистые и легированные стали – 15Л, 12Х18Н9ТЛ, 30ХГСЛ, 10Х13Л, 110Г13Л – литейные стали.

Литейные стали имеют пониженную жидкотекучесть, высокую усадку до 2,5%, склонны к образованию трещин.

Стальные отливки изготовляют в песчаных и оболочковых формах, литьем по выплавляемым моделям, центробежным литьем.

Для предупреждения усадочных раковин и пористости в отливках на массивные части устанавливают прибыли, а в тепловых узлах – используют наружные или внутренние холодильники. Для предупреждения трещин формы изготавливают из податливых формовочных смесей, в отливках предусматривают технологические ребра.

Подачу расплавленного металла для мелких и средних отливок выполняют по разъему или сверху, а для массивных – сифоном. В связи с низкой жидкотекучестью площадь сечения питателей в 1,5…2 раза больше, чем при литье чугуна.

Для получения высоких механических свойств, стальные отливки подвергают отжигу, нормализации и другим видам термической обработки.

Алюминиевые сплавы

Основные литейные сплавы – сплавы системы алюминий – кремний (силумины)

Силумины (АЛ2, АЛ4, АЛ9) имеют высокую жидкотекучесть, малую усадку (0,8…1%), не склонны к образованию горячих и холодных трещин, потому что по химическому составу близки к эвтектическим сплавам (интервал кристаллизации составляет 10…30 ^{0}С).

Остальные алюминиевые сплавы имеют низкую жидкотекучесть, повышенную усадку, склонны к образованию трещин.

Отливки из алюминиевых сплавов изготовляют литьем в кокиль, под давлением, в песчаные формы.

Используют кокили с вертикальным разъемом. Для получения плотных отливок устанавливаются массивные прибыли. Металл подводят через расширяющиеся литниковые системы с нижним подводом металла к тонким сечениям отливки. Все элементы литниковой системы размещают в плоскости разъема кокиля.

Медные сплавы

Бронзы (БрО5Ц5С5, БрАЖЗЛ) и латуни (ЛЦ40Мц3А).

Все медные сплавы склонны к образованию трещин. Отливки изготавливаются литьем в песчаные и оболочковые формы, а также литьем в кокиль, под давлением, центробежным.

Для предупреждения образования усадочных раковин и пористости в массивных узлах отливок устанавливают прибыли. Для предупреждения появления трещин в отливках используют форму с высокой податливостью.

Для плавного поступления металла применяют расширяющиеся литниковые системы с верхним, нижним и боковым подводом. Для отделения оксидных пленок в литниковой системе устанавливают фильтры из стеклоткани.

Титановые сплавы

Имеют высокую химическую активность в расплавленном состоянии. Они активно взаимодействуют с кислородом, азотом, водородом и углеродом. Плавку этих сплавов ведут в вакууме или в среде защитных газов.

Основной способ производства титановых отливок – литье в графитовые формы, в оболочковые формы из нейтральных оксидов магния, циркония. При изготовлении сложных тонкостенных отливок применяют формы, полученные по выплавляемым моделям.

Дефекты отливок и их исправление

Дефекты отливок по внешним признакам подразделяют: на наружные (песчаные раковины, перекос недолив); внутренние (усадочные и газовые раковины, горячие и холодные трещины),

Песчаные раковины – открытые или закрытые пустоты в теле отливки, которые возникают из-за низкой прочности формы и стержней, слабого уплотнения формы и других причин.

Перекос – смещение одной части отливки относительно другой, возникающее в результате небрежной сборки формы, износа центрирующих штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели и в стержневом ящике, неправильной установке стержня.

Недолив – некоторые части отливки остаются незаполненными в связи с низкой температурой заливки, недостаточной жидкотекучести, недостаточным сечением элементов литниковой системы.

Усадочные раковины – открытые или закрытые пустоты в теле отливки с шероховатой поверхностью и грубокристаллическим строением.

Возникают при недостаточном питании массивных узлов, нетехнологичной конструкции отливки, заливки перегретым металлом, неправильная установка прибылей.

Газовые раковины – открытые или закрытые пустоты с чистой и гладкой поверхностью, которая возникает из-за недостаточной газопроницаемости формы и стержней, повышенной влажности формовочных смесей и стержней, насыщенности расплавленного металла газами.

Трещины горячие и холодные – разрывы в теле отливки, возникающие при заливке чрезмерно перегретым металлом, из-за неправильной конструкции

литниковой системы, неправильной конструкции отливок, повышенной неравномерной усадки, низкой податливости форм и стержней.

Методы обнаружения дефектов

Наружные дефекты отливок обнаруживаются внешним осмотром после извлечения отливки из формы или после очистки.

Внутренние дефекты определяют радиографическими или ультразвуковыми методами дефектоскопии.

При использовании радиографических методов (рентгенография, гаммаграфия) на отливки воздействуют рентгеновским или гамма-излучением. С помощью этих методов выявляют наличие дефекта, размеры и глубину его залегания.

При ультразвуковом контроле ультразвуковая волна, проходящая через стенку отливки при встрече с границей дефекта (трещиной, раковиной) частично отражается. По интенсивности отражения волны судят о наличие, размерах и глубине залегания дефекта.

Трещины выявляют люминесцентным контролем, магнитной или цветной дефектоскопией.

Методы исправления дефектов

Незначительные дефекты исправляют заделкой замазками или мастиками, пропиткой различными составами, газовой или электрической сваркой.

Заделка замазками или мастиками – декоративное исправление мелких поверхностных раковин. Перед заполнением мастикой дефектные места очищают от грязи, обезжиривают. После заполнения исправленное место заглаживают, подсушивают и затирают пемзой или графитом.

Пропитывание применяют для устранения пористости. Отливки на 8…12 часов погружают в водный раствор хлористого аммония. Проникая в промежутки между кристаллами металла, раствор образует оксиды, заполняющий поры отливок.

Для устранения течи отливки из цветных металлов пропитывают бакелитовым лаком.

Газовую и *электрическую сварку* применяют для исправления дефектов на необрабатываемых поверхностях (раковины, сквозные отверстия, трещины). Дефекты в чугунных отливках заваривают с использованием чугунных электродов и присадочных прутков, в стальных отливках – электродами соответствующего состава.

Техника безопасности и охрана окружающей среды в литейном производстве

Производство отливок связано с использованием токсичных веществ (формовочные смеси с жидким стеклом). Должны быть предусмотрены меры, исключающие контакт обслуживающего персонала с едким натром. При работе со стержневыми смесями (синтетическая фенолформальдегидные смолы) запрещается работа без резиновых перчаток.

Места заливки литейных форм должны быть обеспечены вентиляцией для удаления продуктов сгорания.

При изготовлении литейных форм и литейных стержней на формовочных и стержневых машинах предусматриваются обязательные меры безопасности.

Машины литья под давлением должны быть снабжены блокировками, исключающими возможность создания давления до закрытия пресс-форм. Между машинами устанавливают защитные металлические щиты, предохраняющие от возможного аварийного выплеска из разъема формы.

Литейные цехи снабжены надежной вентиляцией, устройствами воздушных душей или тепловых завес на рабочих местах.

Шумопроизводящее оборудование размещают в специальных изолированных помещениях.

Для улучшения санитарно-гигиеничных условий труда широко внедряются: современные плавильные печи, в которых газы подвергаются очистке, а теплота утилизируется; установки для очистки дымовых газов от хлоридов; новые нетоксичные связующие материалы и технологические процессы изготовления стержней.

Охрану водных бассейнов осуществляют путем создания эффективных способов очистки загрязненных производственных стоков и оборотного водоснабжения. Сброс сточных вод осуществляется, если содержание вредных примесей ниже предельно допустимых концентраций. Для удаления грубодисперсных примесей применяют отстаивание, фильтрацию.

ЛЕКЦИЯ 8. Технологичность конструкций литых деталей Основные положения к выбору способа литья

Технологичность конструкций литых форм

Конструкция литой детали должна обеспечивать высокий уровень механических и эксплуатационных характеристик при заданной массе, конфигурации, точности размеров и шероховатости поверхности.

При проектировании отливки должны учитываться литейные свойства сплавов, а также технологии изготовления модельного комплекта, литейной формы, стержней, очистка и обрубка отливок, а также их дальнейшая обработка. Необходимо стремиться к уменьшению массы и упрощению конфигурации.

Основы конструирования литых заготовок

Минимальную толщину необрабатываемых стенок отливки определяют по диаграмме (рис.8.1) в зависимости от габаритного размера. $N = \frac{21 + b + h}{3}$.

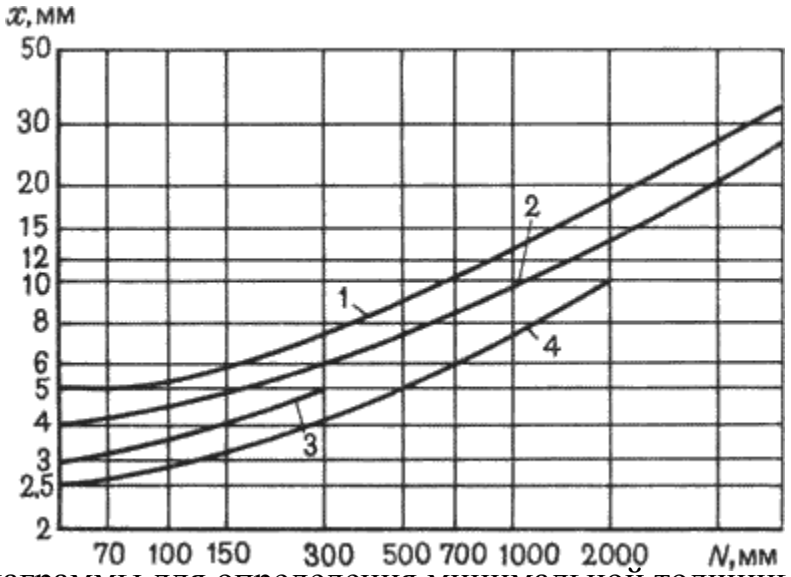


Рис. 8.1. Диаграммы для определения минимальной толщины стенок отливок из различных сплавов:
1 – стали; 2 – серого чугуна; 3 – бронзы; 4 – алюминиевых сплавов

Толщина внутренних стенок и ребер принимается на 20 % меньше толщины наружных стенок.

Получение отливок без усадочных дефектов достигается при равномерной толщине стенок, т.е. если отсутствуют термические узлы – большое скопление металла в отдельных местах. Равномерность толщины стенки и скопление металла определяют диаметром вписанных окружностей (рис. 8.2. а, б).

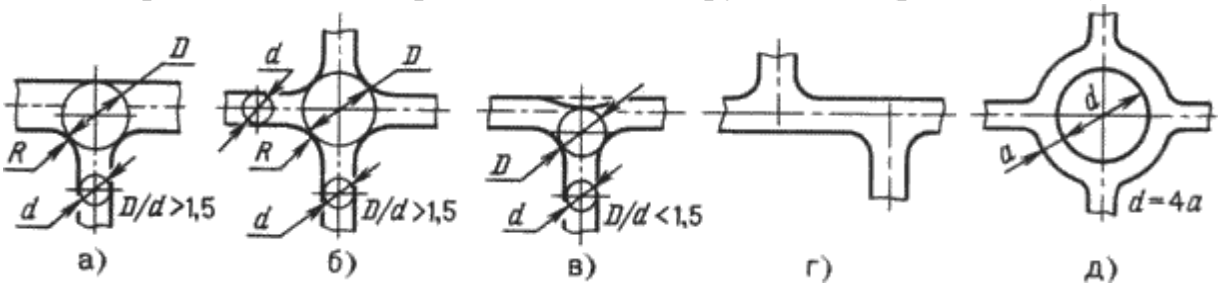


Рис.8.2. Устранение местного скопления металла в стенках отливки

Желательно, чтобы соотношение диаметров вписанных окружностей в близко расположенных сечениях не превышало 1,5 $\left(\frac{D}{d} \le 1.5\right)$. Это достигается уменьшением радиуса галтели с помощью углублений в стенках отливки (рис.8.2.в), смещением одной стенки (рис. 8.2.г), при возможности предусматривается отверстие (рис. 8.2.д).

Отливки, затвердевающие одновременно должны иметь равномерную толщину стенок с плавными переходами (рис. 8.3.а). Принцип применяется для мелких и средних тонкостенных отливок из чугуна и других сплавов.

При направленном затвердевании (рис. 8.3.б) верхние сечения отливок питаются от прибылей *1*. Верхние сечения служат прибылью для нижних сечений. Принцип направленного затвердевания применяется для деталей с повышенными требованиями к герметичности отливок.

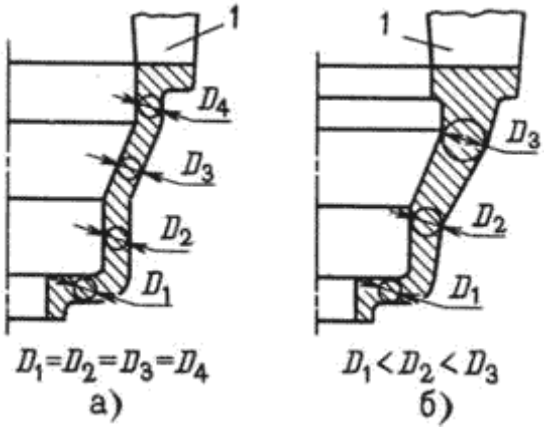


Рис.8.3. Конструкции литых деталей, обеспечивающих одновременное (а) и направленное (б) затвердевание отливок

Для снижения литейных напряжений необходимо обеспечить свободную усадку элементов отливки.

Корпусная деталь, показанная на рис. 8.4. а имеет перегородки, которые затрудняют процесс усадки, в результате чего возникают значительные литейные напряжения. Конструкция, представленная на рис. 8.4.б, обеспечивает свободную усадку. Придание перегородкам конической формы (рис. 8.4. в) также снижает усадочные напряжения.

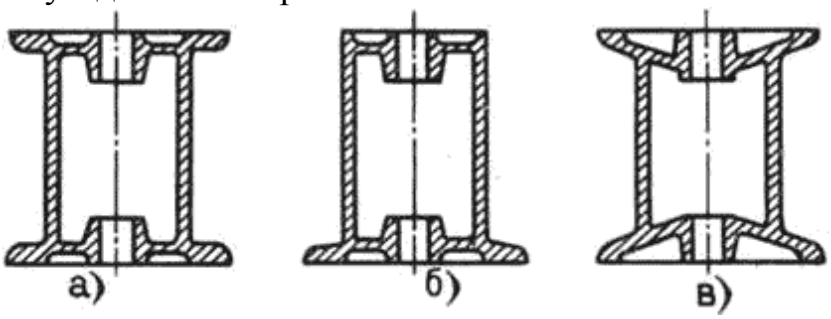


Рис. 8.4. Конструкции литых деталей, снижающие усадочные напряжения в отливках

Коробление отливок, возникающее из-за недостаточной жесткости конструкции, можно устранить путем установки ребер жесткости. Кромки стенок большой протяженности усиливают буртиками толщиной $b = (0.5...0.8) \times a$ и шириной $h = 2 \times a$ (a – толщина стенки).

Отливки, изготовляемые литьем в песчаные формы

Внешние контуры отливок должны представлять собой сочетание простых геометрических тел с преобладанием плоских прямолинейных поверхностей с плавными переходами (рис.8.5).

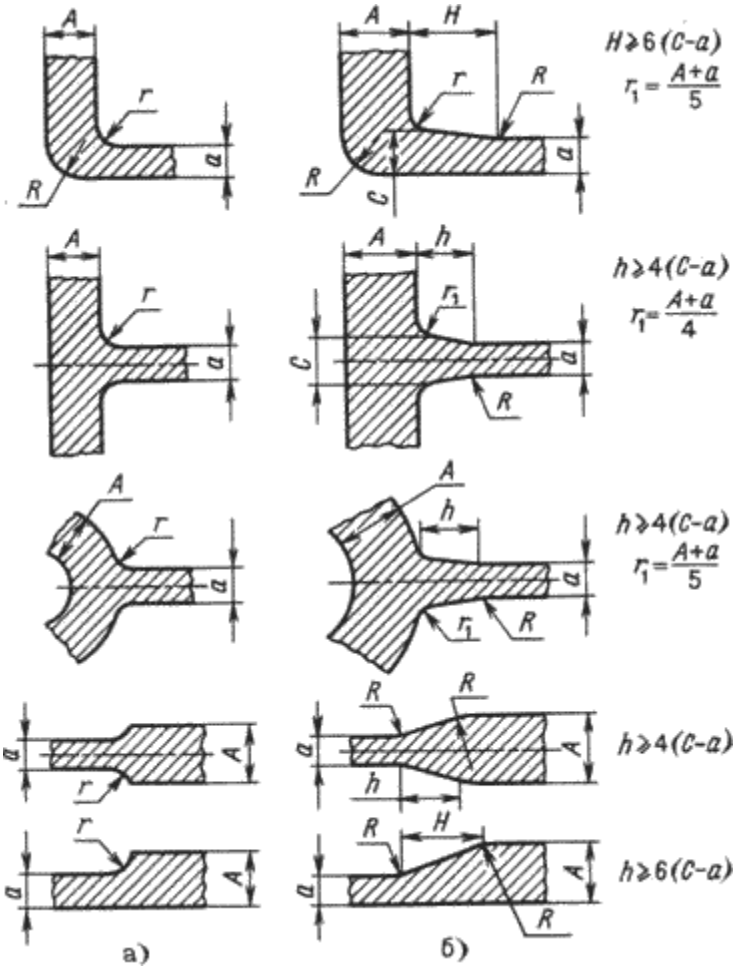


Рис. 8.5. Рекомендуемые переходы от стенки к стенке в литых деталях

а – $\frac{A}{a} \le 1.75$; б – $\frac{A}{a} \ge 1.75$

Стремятся к уменьшению габаритных размеров и особенно высоты литой детали. Это облегчает изготовление модельного комплекта, а также процессы формовки, сборки форм и очистки отливок. При этом отливка должна иметь один плоский разъем и располагаться по возможности в одной полуформе.

Контуры литых деталей должны обеспечивать формовку без дополнительных стержней (отсутствие поднутрений). На рис. 8.6.а показана конструкция отливки, при формовке которой требуется три стержня. При изменении конструкции детали (рис. 8.6.б) требуется только один стержень, процесс формовки упростился.

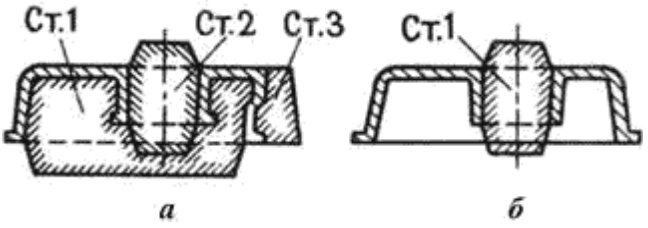


Рис. 8.6. Конструкция литой детали: а – нетехнологичная,; б - технологичная

Необрабатываемые поверхности, перпендикулярные к плоскости разъема, должны иметь конструктивные уклоны.

Бобышки, приливы и другие выступающие части необходимо конструировать так, чтобы не затруднять извлечение модели из формы (рис. 8.7). При изготовлении нетехнологичных отливок требуется применение в моделях отъемных частей или стержней, что усложняет процесс формовки.

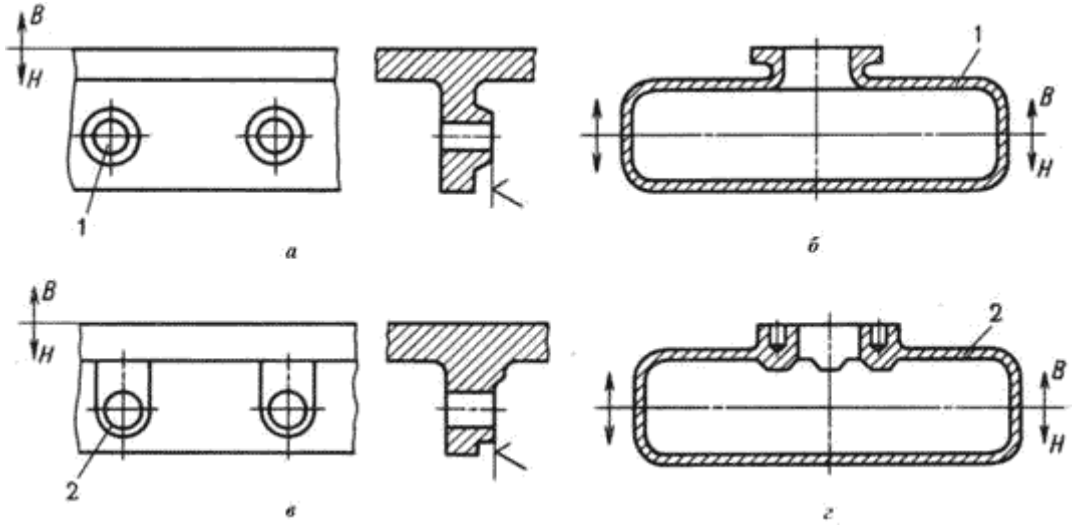


Рис. 8.7. Конструкции литой детали: а, б – нетехнологичные,; в, г - технологичные

Внутренние полости сложных отливок необходимо изготавливать с минимальным числом стержней. На рис. 8.8 представлены варианты конструкции литой детали: технологичной (б) и нетехнологичной (а).

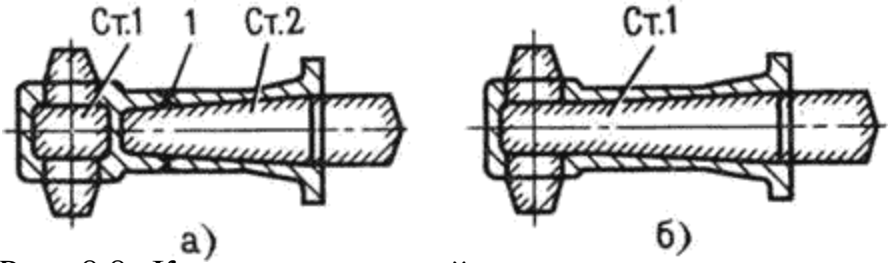


Рис. 8.8. Конструкция литой детали: а – нетехнологичная,; б - технологичная

В конструкции должно быть достаточное число окон для прочного крепления стержней в форме, удаления газов из стержня и удобства выбивки стержней из отливки.

В конструкции детали следует избегать пазов и узких полостей, при выполнении которых возможно образование песчаных раковин, из-за разрушения стержней потоком расплавленного металла (рис. 8.9).

Рис.8.9. Устранение пазов в конструкции литой детали

Минимальные диаметры отверстий в отливках выбираются в зависимости от материала и толщины стенки.

Основные положения к выбору способа литья

При выборе способа литья для получения заготовки в первую очередь должен быть рассмотрен вопрос экономии металла. Металлоемкость можно снизить конструктивными и технологическими мероприятиями. Часто закладывается неоправданно большой запас прочности деталей, работающих при незначительных нагрузках. За счет изменения конструкции, образования выемок, изменения толщины стенок, применения коробчатых или тавровых сечений можно достичь значительной экономии металла. При анализе требований, предъявляемых в процессе эксплуатации, возможна замена дорогостоящих материалов.

При выборе способа получения отливки необходимо оценить все положительные и отрицательные стороны возможных технологических процессов, провести сравнительный анализ.

При сравнении различных способов литья необходимо учитывать различные факторы.

Технологические свойства сплава. При пониженной жидкотекучести нежелательно применять литье в металлические формы. При высокой склонности к усадке нежелательно применять литье в металлические формы, так как возможно образование трещин из-за низкой податливости формы, а также литье под давлением из-за сложности пресс-формы.

Возможности способов для получения отливок без дефектов литейного происхождения и для обеспечения равномерной мелкозернистой структуры, высоких механических свойств.

Технологичность конструкции детали применительно к каждому рассматриваемому способу. Сложные по конфигурации отливки получают литьем под давлением, по выплавляемым моделям, в песчаных формах. Литьем в кокиль получают отливки с простой наружной конфигурацией, а центробежным литьем – отливки типа тел вращения. Наиболее тонкостенные отливки получают литьем по выплавляемым моделям и литьем под давлением. Специальные способы литья применяют для получения мелких и средних отливок, при литье в песчаные формы габариты и масса отливок не ограничены.

Следует выбирать способ, обеспечивающий заданную точность размеров и шероховатость поверхности. Высокое качество поверхности дает возможность сохранить при механической обработке литейную корку, имеющую по-

вышенную твердость и износостойкость, снизить себестоимость готовых деталей за счет экономии металла.

Специальные способы литья целесообразно применять в крупносерийном и массовом производствах

Необходимо учитывать возможности имеющегося оборудования, уровень литейной технологии и технологии механической обработки.

Наиболее точным показателем, определяющим эффективность применения того или иного способа, является себестоимость.

ЛЕКЦИЯ 9. Технология обработки давлением. Общие сведения

Обработкой давлением называются процессы получения заготовок или деталей машин силовым воздействием инструмента на исходную заготовку из исходного материала.

Пластическое деформирование при обработке давлением, состоящее в преобразовании заготовки простой формы в деталь более сложной формы того же объема, относится к малоотходной технологии.

Обработкой давлением получают не только заданную форму и размеры, но и обеспечивают требуемое качество металла, надежность работы изделия, низкая себестоимость и высокое качество продукции привели к широкому применению этих процессов.

Классификация процессов обработки давлением

Пластическое деформирование в обработке металлов давлением осуществляется при различных схемах напряженного и деформированного состояний, при этом исходная заготовка может быть объемным телом, прутком, листом.

По назначению процессы обработки металлов давлением группируют следующим образом:

– для получения изделий постоянного поперечного сечения по длине (прутков, проволоки, лент, листов), применяемых в строительных конструкциях или в качестве заготовок для последующего изготовления деталей – прокатка, волочение, прессование;

– для получения деталей или заготовок, имеющих формы и размеры, приближенные к размерам и формам готовых деталей, требующих механической обработки для придания им окончательных размеров и заданного качества поверхности – ковка, штамповка.

Основными схемами деформирования объемной заготовки являются:

– сжатие между плоскостями инструмента – ковка;

– ротационное обжатие вращающимися валками – прокатка;

– затекание металла в полость инструмента – штамповка;

– выдавливание металла из полости инструмента – прессование;

– вытягивание металла из полости инструмента – волочение.

Характер пластической деформации зависит от соотношения процессов упрочнения и разупрочнения. Губкиным С.И. предложено различать виды деформации и, соответственно, виды обработки давлением.

Горячая деформация – деформация, после которой металл не получает упрочнения. Рекристаллизация успевает пройти полностью, новые равноосные зерна полностью заменяют деформированные зерна, искажения кристаллической решетки отсутствуют. Деформация имеет место при температурах выше температуры начала рекристаллизации.

Неполная горячая деформация характеризуется незавершенностью процесса рекристаллизации, которая не успевает закончиться, так как скорость ее недостаточна по сравнению со скоростью деформации. Часть зерен остается деформированными и металл упрочняется. Возникают значительные остаточные напряжения, которые могут привести к разрушению. Такая деформация наиболее вероятна при температуре, незначительно превышающей температуру начала рекристаллизации. Ее следует избегать при обработке давлением.

При *неполной холодной деформации* рекристаллизация не происходит, но протекают процессы возврата. Температура деформации несколько выше температуры возврата, а скорость деформации меньше скорости возврата. Остаточные напряжения в значительной мере снимаются, интенсивность упрочнения снижается.

При *холодной деформации* разупрочняющие процессы не происходят. Температура холодной деформации ниже температуры начала возврата.

Холодная и горячая деформации не связаны с деформацией с нагревом или без нагрева, а зависят только от протекания процессов упрочнения и разупрочнения. Поэтому, например, деформация свинца, олова, кадмия и некоторых других металлов при комнатной температуре является с этой точки зрения горячей деформацией.

Схемы напряженного и деформированного состояний

Схемы напряженного состояния графически отображают наличие и направление главных напряжений в рассматриваемой точке тела.

Напряжения в точке изображаются как напряжения на трех бесконечно малых гранях куба, соответственно перпендикулярных главным осям.

Возможны девять схем напряженного состояния (рис. 9.1.а). Напряженное состояние в точке может быть линейным, плоским или объемным.

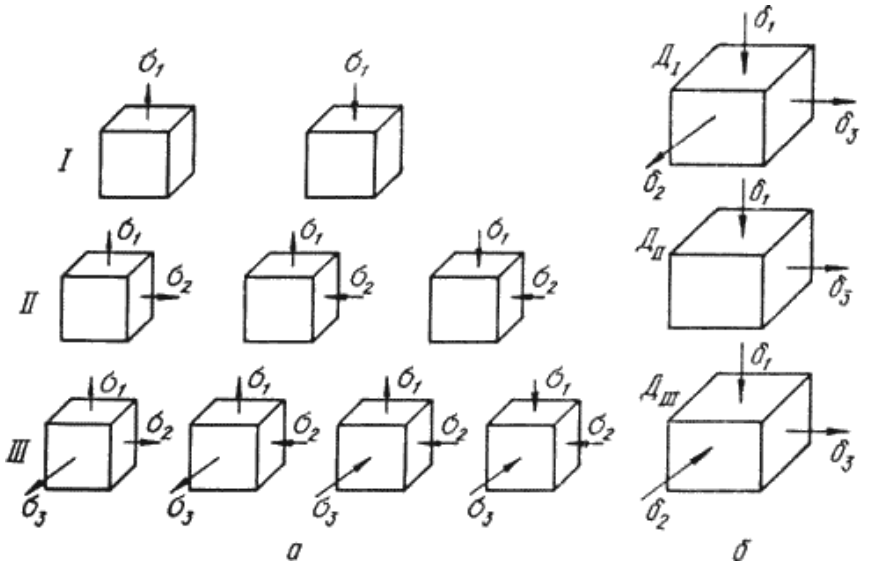


Рис. 9.1. Схемы напряженного (а) и деформированного (б) состояний:
I – линейное напряженное состояние; II – плоское; III – объемное

Схемы с напряжениями одного знака называют одноименными, а с напряжениями разных знаков – разноименными. Условно растягивающие напряжения считают положительными, с сжимающие – отрицательными.

Схема напряженного состояния оказывает влияние на пластичность металла. На значение главных напряжений оказывают существенное влияние силы трения, возникающие в месте контакта заготовки с инструментом, и форма инструмента. В условиях всестороннего неравномерного сжатия при прессовании, ковке, штамповке сжимающие напряжения препятствуют нарушению межкристаллических связей, способствуют развитию внутрикристаллических сдвигов, что благоприятно сказывается на процессах обработки металлов давлением. В реальных процессах обработки давлением в большинстве случаев встречаются схемы всестороннего сжатия и состояния с одним растягивающим и двумя сжимающими напряжениями.

Схема деформированного состояния графически отображает наличие и направление деформации по трем взаимно перпендикулярным направлениям.

Возможны три схемы деформированного состояния (рис. 9.1.б).

При схеме Д $_{I}$ уменьшаются размеры тела по высоте, за счет этого увеличиваются два других размера (осадка, прокатка).

При схеме Д $_{II}$ происходит уменьшение одного размера, чаще высоты, другой размер (длина) увеличивается, а третий (ширина) не изменяется. Например, прокатка широкого листа, когда его ширина в процессе прокатки практически не изменяется. Это схема плоской деформации.

Наиболее рациональной с точки зрения производительности процесса обработки давлением является схема Д $_{III}$: размеры тела уменьшаются по двум направлениям, и увеличивается третий размер (прессование, волочение).

Совокупность схем главных напряжений и главных деформаций характеризуют пластичность металла. Напряженное состояние при прессовании металла характеризуется такой же схемой напряженного состояния, как при ковке, а

схема главных деформаций характеризуется двумя деформациями сжатия и одной – растяжения. При ковке и штамповке растягивающие напряжения играют большую роль, поэтому пластичность металла меньше.

Закономерности обработки давлением. Характеристики деформаций

Процессам обработки металлов давлением присущи определенные закономерности.

Закон постоянства объема. Пластическая деформация практически не влияет на плотность металла, поэтому действует закон постоянства объема: объем тела при его пластической деформации остается неизменным:

$$H \times B \times L = h \times b \times l, \frac{h \times b \times l}{H \times B \times L} = 1$$

где:

H – высота;

B – ширина;

L – длина – размеры тела до деформации;

h – высота;

b – ширина;

l – высота – размеры тела после деформации.

Закон применяется для расчетов объема и размеров исходной заготовки, необходимой для получения поковки с заданными размерами, а также переходов и изменения размеров заготовки в процессе деформирования.

Закон подобия. При осуществлении в одинаковых условиях одних и тех же процессов пластического деформирования геометрически подобных тел из одинакового материала отношение усилий деформирования равно квадрату, а отношение затраченных работ – кубу отношений соответствующих линейных размеров. Этот закон, основанный на принципе моделирования, используется для приближенного определения усилий деформирования и затрачиваемой работы.

Закон наименьшего сопротивления. В случае возможности перемещения точек деформируемого тела в различных направлениях, каждая точка перемещается в направлении наименьшего сопротивления.

Закон позволяет учесть предпочтительное направление течения металла, определить, какая часть полости штампа заполнится быстрее, какие размеры и форму будет иметь поперечное сечение заготовки в результате ее обработки давлением.

По этому закону, при наличии трения на контактной поверхности, заготовка прямоугольного сечения при осадке будет приобретать округлую форму, имеющую наименьший периметр при данной площади.

В этом случае направлением наименьшего сопротивления является кратчайшая нормаль к периметру сечения.

Деформацию принято оценивать следующими величинами.

1. Абсолютные деформации:

$H - h = \Delta h$ – обжатие;

$b - B = \Delta b$ – уширение;

$l - L = \Delta l$ – удлинение.

2. Относительные деформации:

$\frac{\Delta h}{H}$ или $\frac{\Delta h}{h}$ – относительное обжатие или относительная высотная деформация;

$\frac{\Delta b}{B}$ или $\frac{\Delta b}{b}$ – относительное уширение или относительная поперечная деформация;

$\frac{\Delta l}{L}$ или $\frac{\Delta l}{l}$ – относительное удлинение или относительная продольная деформация.

3. Коэффициент, определяющий изменение длины обрабатываемого изделия – $\mu = \frac{l}{L}$. Его называют *вытяжкой* или *коэффициентом вытяжки*.

Согласно закону постоянства объема $\mu = \frac{F}{f}$ (где: F площадь поперечно- го сечения до деформации, – площадь поперечного сечения после деформа- ции).

Скорость деформации – изменение относительной деформации в единицу времени:

$$W = \frac{d\varepsilon}{dt}; W_{Ср.} = \frac{\varepsilon}{t}\left(c^{-1}, \frac{\%}{c}\right),$$

где: ε – степень деформации; t время.

Скорость деформации следует отличать от скорости движения деформирующего инструмента и скорости течения металла при деформации. Диапазон скоростей деформации составляет $10^{-1} \ldots 10^{3}$, $с^{-1}$.

Технологические свойства

При выборе металла или сплава для изготовления изделия различными способами обработки давлением учитывается способность материала к данному методу обработки.

Ковкость – свойство металла изменять свою форму под действием ударов или давления, не разрушаясь.

Степень ковкости зависит от многих параметров. Наиболее существенным из них является пластичность, характеризующая способность материала деформироваться без разрушения. Чем выше пластичность материала, тем большую степень суммарного обжатия он выдерживает.

В условиях обработки металлов давлением на пластичность влияют многие факторы: состав и структура деформируемого металла, характер напряженного состояния при деформации, неравномерность деформации, скорость де-

формации, температура деформации и др. Изменяя те или иные факторы, можно изменять пластичность.

Состав и структура металла. Пластичность находится в прямой зависимости от химического состава материала. С повышением содержания углерода в стали пластичность падает. Большое влияние оказывают элементы, входящие в состав сплава как примеси. Олово, сурьма, свинец, сера не растворяются в металле и, располагаясь по границам зерен, ослабляют связи между ними. Температура плавления этих элементов низкая, при нагреве под горячую деформацию они плавятся, что приводит к потере пластичности.

Пластичность зависит от структурного состояния металла, особенно при горячей деформации. Неоднородность микроструктуры снижает пластичность. Однофазные сплавы, при прочих равных условиях, всегда пластичнее, чем двухфазные. Фазы имеют неодинаковые механические свойства, и деформация получается неравномерной. Мелкозернистые металлы пластичнее крупнозернистых. Металл слитков менее пластичен, чем металл прокатанной или кованой заготовки, так как литая структура имеет резкую неоднородность зерен, включения и другие дефекты.

Характер напряженного состояния. Один и тот же материал проявляет различную пластичность при изменении схемы напряженного состояния. Еще в 1912 году немецкий ученый Карман осаживал образцы из мрамора и песчаника, помещенные в толстостенный цилиндр, в который нагнетался глицерин под давлением до 170 МН/м^2. Деформация происходила при схеме всестороннего сжатия. В результате остаточная деформация образцов составила 9 %, в дальнейшем удалось достигнуть деформации в 78 %. Схема всестороннего сжатия является наиболее благоприятной для проявления пластических свойств, так как при этом затрудняется межзеренная деформация и вся деформация протекает за счет внутризеренной. Появление в схеме растягивающих напряжений снижает пластичность. Самая низкая пластичность наблюдается при схеме всестороннего растяжения.

Неравномерность деформации. Чем больше неравномерность деформации, тем ниже пластичность. Неравномерность деформации вызывает появление дополнительных напряжений. Растягивающие напряжения всегда снижают пластичность и способствуют хрупкому разрушению. Кроме того, неравномерность напряженного состояния понижает механическую прочность материала, так как напряжения от внешней нагрузки суммируется с остаточными растягивающими напряжениями, то разрушение наступает при меньшей нагрузке.

Скорость деформации. С повышением скорости деформации в условиях горячей деформации пластичность снижается. Имеющаяся неравномерность деформации вызывает дополнительные напряжения, которые снимаются только в том случае, если скорость разупрочняющих процессов не меньше скорости деформации.

Влияние температуры. Качественная зависимость пластичности от температуры представлена на рис.9.2.

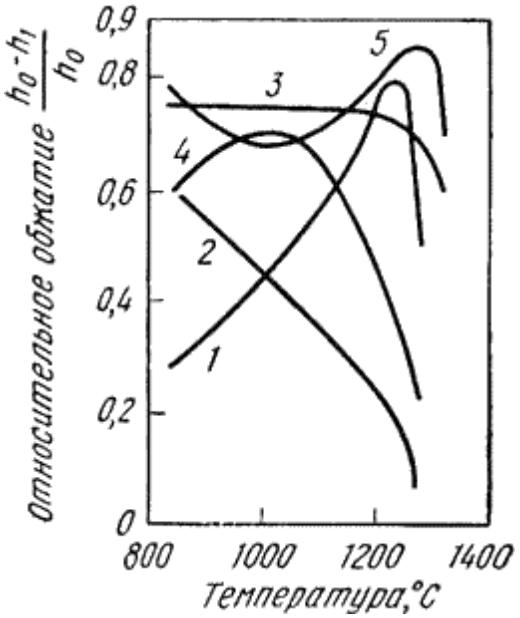


Рис. 9.2. Влияние температуры на пластичность сталей

Влияние температуры неоднозначно. Малоуглеродистые и среднеуглеродистые стали, с повышением температуры, становятся более пластичными *(1).* Высоколегированные стали имеют большую пластичность в холодном состоянии *(2).* Для шарикоподшипниковых сталей пластичность практически не зависит от температуры *(3)* . Отдельные сплавы могут иметь интервал повышенной пластичности *(4).* Техническое железо в интервале 800…1000 ^{0}С характеризуется понижением пластических свойств *(5).* При температурах, близких к температуре плавления пластичность резко снижается из-за возможного перегрева и пережога.

ЛЕКЦИЯ 10 Прокат и его производство

Прокатка – это способ обработки пластическим деформированием – наиболее распространенный. Прокатке подвергают до 90 % всей выплавляемой стали и большую часть цветных металлов. Способ зародился в XVIII веке и, претерпев значительное развитие, достиг высокого совершенства.

Сущность процесса: заготовка обжимается (сдавливается), проходя в зазор между вращающимися валками, при этом, она уменьшается в своем поперечном сечении и увеличивается в длину. Форма поперечного сечения называется профилем.

Процесс прокатки обеспечивается силами трения между вращающимся инструментом и заготовкой, благодаря которым заготовка перемещается в зазоре между валками, одновременно деформируясь. В момент захвата металла со стороны каждого валка действуют на металл две силы: нормальная сила N и касательная сила трения T (рис. 10.1).

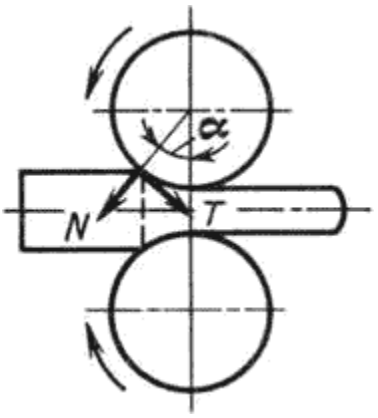


Рис. 10.1. Схема сил, действующих при прокатке

Угол α угол захвата, дуга, по которой валок соприкасается с прокатываемым металлом – дуга захвата, а объем металла между дугами захвата – очаг деформации.

Возможность осуществления прокатки определяется условием захвата металла валками или соотношением $T' > N'$,

где: T'– втягивающая сила - проекция силы трения T на горизонтальную ось; N' выталкивающая сила – проекция нормальной реакции валков N на горизонтальную ось.

При этом условии результирующая сила будет направлена в сторону движения металла.

Условие захвата металла можно выразить: $T \times \cos\alpha > N \times \sin\alpha$

Выразив силу трения T через нормальную силу N и коэффициент трения f: $T = f \times N$, и, подставив это выражение в условие захвата, получим:

$f \times \cos\alpha > \sin\alpha$ или $f > tg\alpha$.

Таким образом, для захвата металла валками необходимо, чтобы коэффициент трения между валками и заготовкой был больше тангенса угла захвата.

Коэффициент трения можно увеличить применением насечки на валках.

При прокатке стали α = 20…25 ^{0}, при горячей прокатке листов и полос из цветных металлов – α = 12…15 ^{0}, при холодной прокатке листов – α = 2…10 ^{0}.

Степень деформации характеризуется показателями:

– абсолютное обжатие: $\Delta h = H - h$ (H, h – начальная и конечная высоты заготовки);

относительное обжатие: $\varepsilon = \dfrac{H - h}{H} \times 100\%$

Площадь поперечного сечения заготовки всегда уменьшается. Поэтому для определения деформации (особенно когда обжатие по сечению различно) используют показатель, называемый *вытяжкой (коэффициентом вытяжки).*

$$\mu = \frac{l_1}{l_0} = \frac{F_0}{F_1}$$

где: l_0, F_0– первоначальные длина и площадь поперечного сечения, l_1, F_1 – те же величины после прокатки.

Вытяжка обычно составляет 1,1…1,6 за проход, но может быть и больше.

Способы прокатки

Когда требуется высокая прочность и пластичность, применяют заготовки из сортового или специального проката. В процессе прокатки литые заготовки подвергают многократному обжатию в валках прокатных станов, в результате чего повышается плотность материала за сч¨т залечивания литейных дефектов, пористости, микротрещин. Это прида¨т заготовкам из проката высокую прочность и герметичность при небольшой их толщине.

Существуют три основных способа прокатки, имеющих определенное отличие по характеру выполнения деформации: продольная, поперечная, поперечно – винтовая (рис.10.2).

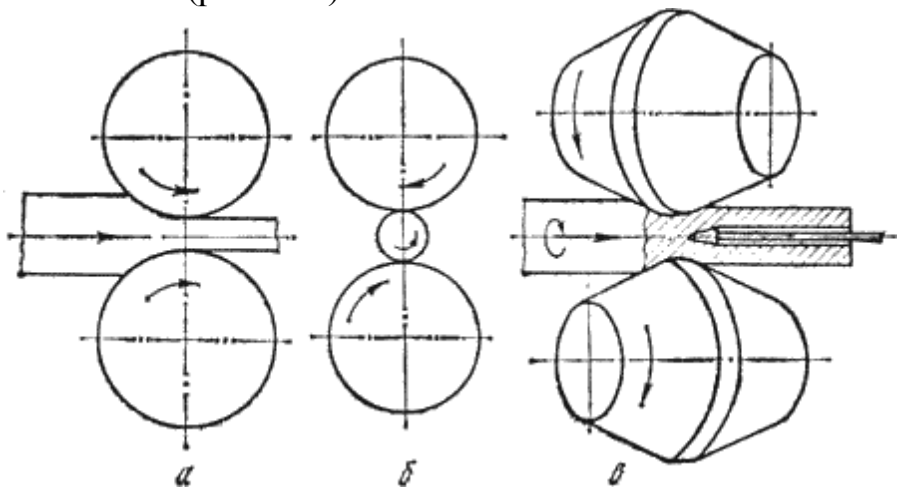


Рис. 10.2. Схемы основных видов прокатки:
а – продольная; б – поперечная; в – поперечно – винтовая

При *продольной* прокатке деформация осуществляется между вращающимися в разные стороны валками (рис.10.2 а). Заготовка втягивается в зазор между валками за сч¨т сил трения. Этим способом изготавливается около 90 % проката: весь листовой и профильный прокат.

Поперечная прокатка (рис. 10.2.б). Оси прокатных валков и обрабатываемого тела параллельны или пересекаются под небольшим углом. Оба валка вращаются в одном направлении, а заготовка круглого сечения – в противоположном.

В процессе поперечной прокатки обрабатываемое тело удерживается в валках с помощью специального приспособления. Обжатие заготовки по диаметру и придание ей требуемой формы сечения обеспечивается профилировкой валков и изменением расстояния между ними. Данным способом производят специальные периодические профили, изделия представляющие тела вращения – шары, оси, шестерни.

Поперечно – винтовая прокатка (рис. 10.2.в). Валки, вращающиеся в одну сторону, установлены под углом друг другу. Прокатываемый металл получает еще и поступательное движение. В результате сложения этих движений

каждая точка заготовки движется по винтовой линии. Применяется для получения пустотелых трубных заготовок.

В качестве инструмента для прокатки применяют *валки прокатные*, конструкция которых представлена на рис. 10.3. В зависимости от прокатываемого профиля валки могут быть гладкими (рис.10.3.а), применяемыми для прокатки листов, лент и т.п. и калиброванными (ручьевыми) (рис. 10.3.б) для получения сортового проката.

Ручей – профиль на боковой поверхности валка. Промежутки между ручьями называются *буртами*. Совокупность двух ручьев образует полость, называемую *калибром*, каждая пара валков образует несколько калибров. Система последовательно расположенных калибров, обеспечивающая получение требуемого профиля заданных размеров называется *калибровкой*.

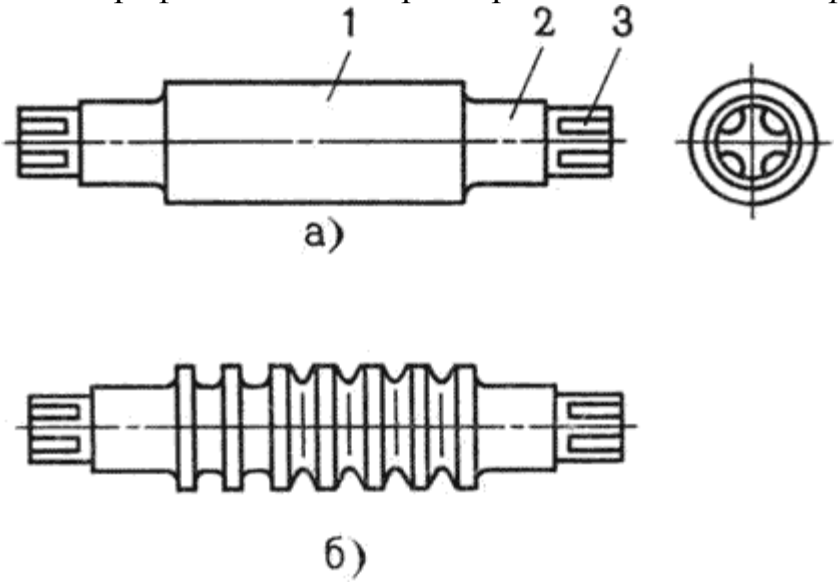


Рис. 10.3. Прокатные валки: а – гладкий ; б – калиброванный

Валки состоят из рабочей части – бочки *1*, шеек *2* и трефы *3*.

Шейки валков вращаются в подшипниках, которые, у одного из валков, могут перемещаться специальным нажимным механизмом для изменения расстояния между валками и регулирования взаимного расположения осей.

Трефа предназначена для соединения валка с муфтой или шпинделем.

Используются роликовые подшипники с низким коэффициентом трения, f = 0,003…0,005, что обеспечивает большой срок службы.

Технологический процесс прокатки

Исходным продуктом для прокатки могут служить квадратные, прямоугольные или многогранные слитки, прессованные плиты или кованые заготовки.

Процесс прокатки осуществляется как в холодном, так и горячем состоянии. Начинается в горячем состоянии и проводится до определенной толщины заготовки. Тонкостенные изделия в окончательной форме получают, как прави-

ло, в холодном виде (с уменьшением сечения увеличивается теплоотдача, поэтому горячая обработка затруднена).

Основными технологическими операциями прокатного производства являются подготовка исходного металла, нагрев, прокатка и отделка проката.

Подготовка исходных металлов включает удаление различных поверхностных дефектов (трещин, царапин, закатов), что увеличивает выход готового проката.

Нагрев слитков и заготовок обеспечивает высокую пластичность, высокое качество готового проката и получение требуемой структуры. Необходимо строгое соблюдение режимов нагрева.

Основное требование при нагреве: равномерный прогрев слитка или заготовки по сечению и длине до соответствующей температуры за минимальное время с наименьшей потерей металла в окалину и экономным расходом топлива.

Температуры начала и конца горячей деформации определяются в зависимости от температур плавления и рекристаллизации. Прокатка большинства марок углеродистой стали начинается при температуре 1200…1150 ^{0}C, а заканчивается при температуре 950…900^{0}C.

Существенное значение имеет режим охлаждения. Быстрое и неравномерное охлаждение приводит к образованию трещин и короблению.

При *прокатке* контролируется температура начала и конца процесса, режим обжатия, настройка валков в результате наблюдения за размерами и формой проката. Для контроля состояния поверхности проката регулярно отбирают пробы.

Отделка проката включает резку на мерные длины, правку, удаление поверхностных дефектов и т.п. Готовый прокат подвергают конечному контролю.

Процесс прокатки осуществляют на специальных прокатных станах.

Прокатный стан – комплекс машин для деформирования металла во вращающихся валках и выполнения вспомогательных операций (транспортирование, нагрев, термическая обработка, контроль и т.д.).

Оборудование для деформирования металла называется основным и располагается на *главной линии прокатного стана* (линии рабочих клетей).

Главная линия прокатного стана состоит из рабочей клети и линии привода, включающей двигатель, редуктор, шестеренную клеть, муфты, шпиндели. Схема главной линии прокатного стана представлена на рис. 10.4.

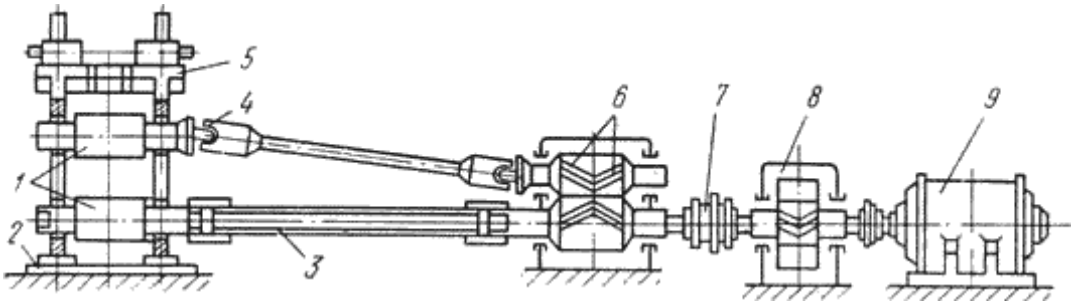


Рис.10.4. Схема главной линии прокатного стана
1 – прокатные валки; 2 – плита; 3 – трефовый шпиндель; 4 – универсальный шпиндель; 5 – рабочая клеть; 6 – шестеренная клеть; 7 – муфта; 8 – редуктор; 9 – двигатель

Прокатные валки *1* установлены в рабочей клети *5*, которая воспринимает давление прокатки. Определяющей характеристикой рабочей клети являются размеры прокатных валков: диаметр (для сортового проката) или длина (для листового проката) бочки. В зависимости от числа и расположения валков в рабочей клети различают прокатные станы: двухвалковые (дуо-стан), трехвалковые (трио-стан), четырехвалковые (кварто-стан) и универсальные (рис.10.5).

В двухвалковых клетях (рис.10.5.а) осуществляется только по одному пропуску металла в одном направлении. Металл в трехвалковых клетях (рис. 10.5.б) движется в одну сторону между нижним и верхним, а в обратную – между средним и верхним валками.

В четырехвалковых клетях (рис. 10.5.в) устанавливаются опорные валки, которые позволяют применять рабочие валки малого диаметра, благодаря чему увеличивается вытяжка и снижаются деформирующие усилия.

Универсальные клети (рис.10.5.г) имеют неприводные вертикальные валки, которые находятся между опорами подшипников горизонтальных валков и в одной плоскости с ними.

Шестеренная клеть *6* предназначена для распределения крутящего момента двигателя между валками. Это одноступенчатый редуктор, передаточное отношение которого равно единице, а роль шестерен выполняют шестеренные валки.

Шпиндели предназначены для передачи крутящего момента от шестеренной клети прокатным валкам при отклонении от соосности до 10…12 ^{0}. При незначительном перемещении в вертикальной плоскости применяют шпиндели трефового типа *3* в комплекте с трефовой муфтой. Внутренние очертания трефовых муфт отвечают форме сечения хвостовика валка или шпинделя. Муфтой предусмотрен зазор 5…8 мм, что допускает возможность работы с перекосом 1…2 ^{0}. При значительных перемещениях валков в вертикальной плоскости ось шпинделя может составлять значительный угол с горизонтальной плоскостью, в этом случае применяют шарнирные или универсальные шпиндели *4*, которые могут передавать крутящий момент прокатным валкам при перекосе шпинделя до 10…12 ^{0}.

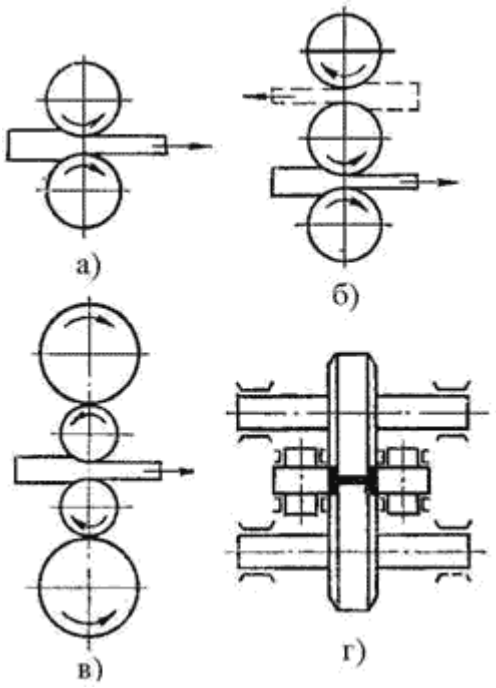


Рис. 10.5. Рабочие клети прокатных станов

В качестве двигателя прокатного стана *9* применяют двигатели постоянного и переменного тока, тип и мощность зависят от производительности стана.

Редуктор *8* используется для изменения чисел оборотов при передаче движения от двигателя к валкам. Зубчатые колеса – обычно шевронные с наклоном спирали 30^0.

По назначению прокатные станы подразделяют на станы для производства полупродукта и станы для выпуска готового проката.

Нагрев металла осуществляют в пламенных и электрических печах. По распределению температуры печи могут быть камерные и методические. В камерных печах периодического нагрева температура одинакова по всему рабочему пространству. В методических печах температура рабочего пространства постоянно повышается от места загрузки заготовок до места их выгрузки. Металл нагревается постепенно, методически. Печи характеризуются высокой производительностью. Применяются в прокатных и кузнечно-штамповочных цехах для нагрева слитков из цветных металлов. Крупные слитки перед прокаткой нагревают в нагревательных колодцах – разновидности камерных, пламенных печей.

В качестве *транспортных устройств* в прокатном производстве используют:

- *слитковозы* и различного вида *тележки* для подачи слитков и заготовок от нагревательных устройств к стану;
- *рольганги* – основное транспортное средство прокатных цехов (транспортеры с последовательно установленными вращающимися роликами

обеспечивают продольное перемещение металла; при косом расположении роликов возникает возможность поперечного движения полосы);

- *манипуляторы*, предназначенные для правильной задачи полосы в калибр;
- *кантователи*, предназначенные для поворота заготовки вокруг горизонтальной оси.

Правка проката

Изделия, полученные прокаткой, часто требуют правки. Иногда правку выполняют в горячем состоянии, например, при производстве толстых листов. Но обычно в холодном состоянии, так как последующее охлаждение после горячей правки может вызвать дополнительное изменение формы.

Процесс правки заключается в однократном или многократном пластическом изгибе искривленных участков полосы, каждый раз в обратном направлении.

Правку можно выполнять и растяжением полосы, если напряжения растяжения будут превышать предел текучести материала.

Роликоправильные машины с параллельно расположенными роликами предназначены для правки листа и сортового проката (рис. 10.6)

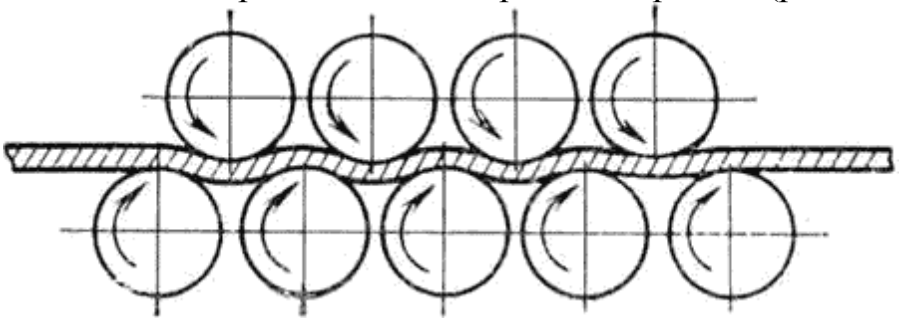


Рис.10.6. Схема правки проката на роликоправильных машинах с параллельно расположенными роликами

Процесс правки заключается в прохождении полосы между двумя рядами последовательно расположенных роликов, установленных в шахматном порядке таким образом, что при движении полосы, ее искривление устраняется. Диаметр роликов – 25…370 мм, шаг – 30…400 мм, количество роликов: для тонких листов – 19…29, для толстых – 7…9.

Правильные машины с косо расположенными гиперболоидальными роликами предназначены для правки труб и круглых прутков (рис.10.7).

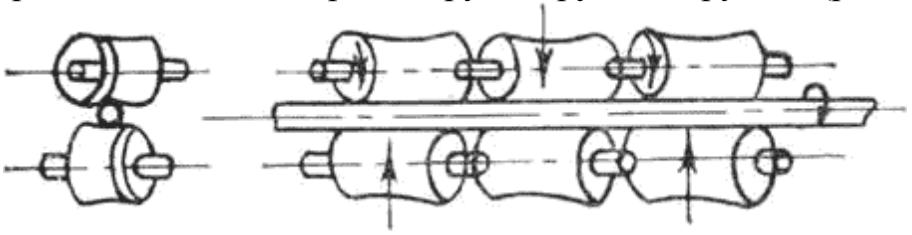


Рис. 10.7. Схема правки проката на машинах с косо расположенными гиперболоидальными роликами

Ролики выполняют в виде однополостного гиперболоида и располагают под некоторым углом друг к другу. Выправляемый металл, кроме поступательного движения, совершает вращательное, что вызывает многократные перегибы полосы роликами и обеспечивает осесимметричную правку.

Растяжные правильные машины используют для правки тонких листов (менее 0,3 мм), трудно поддающихся правке на роликоправильных машинах.

Разрезка и заготовительная обработка проката

Производится на заготовительных участках механических цехов различными способами, отличающимися производительностью, точностью заготовки, стойкостью инструмента и др.

Разрезка пилами применяется для относительно крупных заготовок, в основном из цветных металлов. Заготовка характеризуется высокой точностью по длине, хорошим качеством среза, перпендикулярностью торца к оси. Основными недостатками являются низкая производительность и значительные потери металла на рез.

Применяются пилы зубчатые и гладкие (трения).

Разрезка на эксцентриковых пресс-ножницах применяется для стального проката круглого или квадратного сечения до 300 мм. Является наиболее производительным и дешевым процессом разделки проката на заготовки. Основными недостатками являются косой рез и смятие концов заготовки.

Заготовки из высокоуглеродистых и легированных сталей целесообразно подогреть до 450…650 ^{0}C.

Применяют ножи с плоской режущей кромкой и с ручьями.

Разрезка на токарных полуавтоматах отрезными резцами.

Электроискровая и анодно-механическая резка обеспечивает максимальную точность размеров. Применяется для особо прочных металлов.

Разрезка на прессах-хладоломах применяется для заготовок крупного сечения. На заготовке предварительно делается надрез пилой или газовым резаком.

Газопламенная разрезка смесью ацитилена и кислорода.

Плазменно-дуговая разрезка применяется для высоколегированных тугоплавких сталей и сплавов. Вдоль электрической дуги по каналу плазмотрона пропускается газ (аргон), который сжимает дугу и выходит из сопла в виде плазмы с температурой 10000…30000 ^{0}C.

ЛЕКЦИЯ 11 Продукция прокатного производства. Прессование. Волочение

Продукция прокатного производства

Форма поперечного сечения называется профилем проката. Совокупность профилей различной формы и размеров - сортамент.

В зависимости от профиля прокат делится на четыре основные группы: листовой, сортовой, трубный и специальный. В зависимости от того нагретая или холодная заготовка поступает в прокатные валки – горячий и холодный.

Листовой прокат из стали и цветных металлов подразделяется на толстолистовой (4…60 мм), тонколистовой (0,2…4мм) и жесть (менее 0,2 мм). Толстолистовой прокат получают в горячем состоянии, другие виды листового проката – в холодном состоянии.

Прокатку листов и полос проводят в гладких валках.

Среди сортового проката различают:

- заготовки круглого, квадратного и прямоугольного сечения для ковки и прокатки;
- простые сортовые профили (круг, квадрат, шестигранник, полоса, лента);
- фасонные сортовые профили:
  - профили общего назначения (уголок, швеллер, тавр, двутавр);
  - профили отраслевого назначения (железнодорожные рельсы, автомобильный обод);
  - профили специального назначения (профиль для рессор, напильников).

Трубный прокат получают на специальных трубопрокатных станах. Различают бесшовные горячекатаные трубы диаметром 25…550 мм и сварные диаметром 5…2500 мм.

Трубы являются продуктом вторичного передела круглой и плоской заготовки.

Общая схема процесса производства бесшовных труб предусматривает две операции: 1– получение толстостенной гильзы (прошивка); 2 – получение из гильзы готовой трубы (раскатка).

Первая операция выполняется на специальных прошивочных станах в результате поперечно-винтовой прокатки. Вторую операцию выполняют на трубопрокатных раскатных станах различных конструкций: пилигримовых, автоматических и др.

Схема прокатка труб на пилигримовом стане представлена на рис. 11.1.

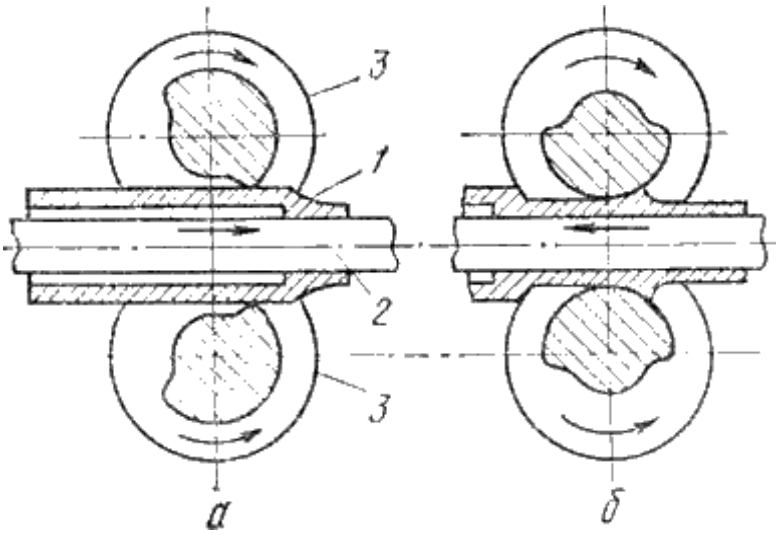


Рис.11.1. Схема прокатки труб на пилигримовом стане

В толстостенную гильзу *1* вводят оправку (дорн) *2* подающего механизма, длина которой больше длины гильзы. Гильза перемещается к валкам *3,* калибр которых разделяется на две части: рабочую и холостую. Рабочая часть валка имеет рабочий и калибрующий участки. Процесс работы заключается в периодической подаче на определенную длину гильзы вместе с оправкой в зазор между валками в момент совпадения холостой части обоих валков (рис.11.1.а). Затем выполняется процесс прокатки, и гильза перемещается в направлении вращения валков, т.е. обратном ходу прокатываемой трубы (рис. 11.1.б). При этом рабочий участок обжимает гильзу по диаметру и толщине стенки, а калибрующий участок обеспечивает выравнивание диаметра и толщины стенки. После выхода из рабочей части оправка с гильзой продвигаются вперед, поворачиваясь на 90^0 вокруг продольной оси. По окончании прокатки валки разводят, и подающий механизм обратным ходом вытягивает оправку из трубы.

Сварные трубы изготавливают на трубосварочных агрегатах различными способами: печной сваркой, контактной электросваркой и др. из полос – штрипсов. Процесс получения трубы состоит из получения заготовки в виде свернутой полосы и сварки ее в трубу.

Особое место занимают станы спиральной сварки. Трубы получают завивкой полосы по спирали на цилиндрических оправках с непрерывной сваркой спирального шва автоматической сварочной головкой (рис.11.2). Формовка осуществляется путем пластического изгиба в плоскости, расположенной под углом α продольной оси.

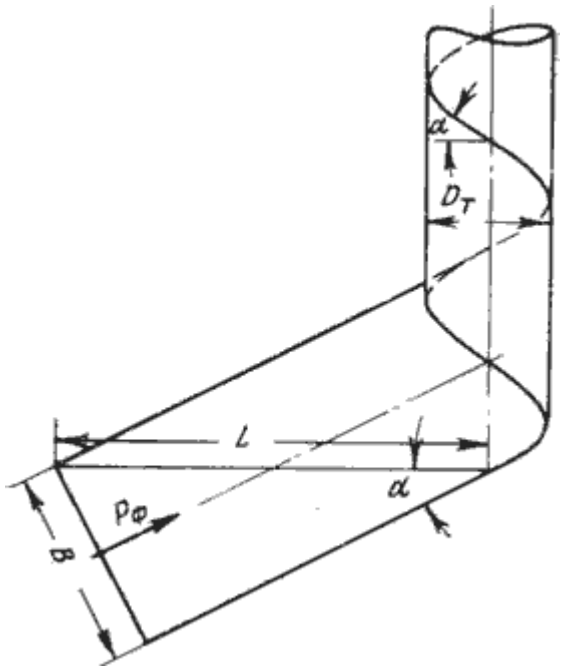


Рис.11.2. Схема формовки заготовки при спиральной сварке трубы

Преимущества способа состоят в следующем: диаметр трубы не зависит от ширины исходного полосы, так как он определяется и углом подъема спирали; спиральный шов придает трубе большую жесткость; спирально-сварные трубы имеют более точные размеры.

Специальные виды проката.

Периодический профиль – профиль, изменяющийся по определенному закону, повторяющемуся по длине. Периодические профили получают продольной, поперечной и винтовой прокаткой.

При продольной периодической прокатке получают профили с односторонним периодом, с двухсторонним совпадающим периодом, с несовпадающим верхним и нижним периодом. Окончательную форму изделию придают за один проход. Длина периода профиля определяется длиной окружности валка. При каждом обороте валков из них должен выходить отрезок полосы с целым числом периодов, поэтому наибольшая длина периода не может быть больше длины окружности валков.

Поперечная прокатка периодических профилей характеризуется тем, что заготовка и готовый профиль представляют собой тела вращения. Схема прокатки на трехвалковом стане представлена на рис.11.3.

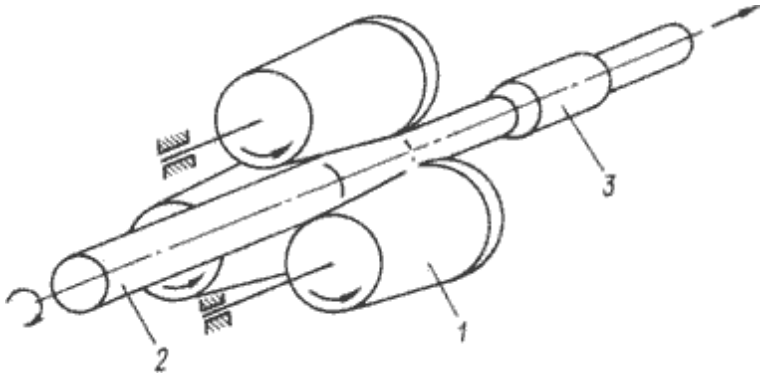


Рис. 11.3. Схема прокатки на трехвалковом стане

Прокатка осуществляется дисковыми или коническими валками, расположенными под углом 120 ^{0} друг к другу. Валки могут быть установлены с некоторым перекосом. Способ заключается в том, что три приводных валка *1* вращают заготовку *2*, которая принудительно перемещается в осевом направлении со значительным натяжением. Гидравлическое устройство перемещает зажимной патрон *3* вместе с металлом в направлении рабочего хода. Во время прокатки валки сближаются и разводятся на требуемый размер гидравлической следящей системой в соответствии с заданным профилем копировальной линейки или системой ЧПУ по заранее заданной программе. Переход от одного профиля к другому осуществляется без замены валков, только за счет смены копира или программы.

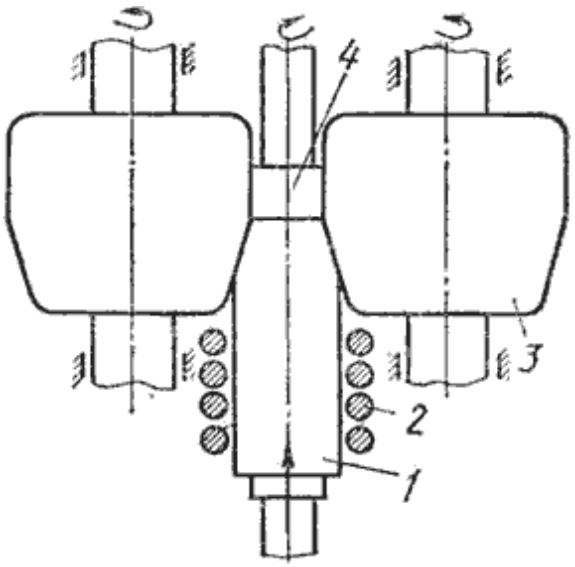


Рис 11.4. Схема прокатки шестерни с осевой подачей заготовки

Поперечной прокаткой накатывают зубья шестерен между двумя вращающимися валками. Возможны два способа обработки зубьев: с осевой подачей обрабатываемой заготовки (прутковая прокатка) и прокатка с радиальной подачей валков (штучная прокатка). Прутковая прокатка шестерен (рис.11.4) применяется для обработки прямозубых и косозубых шестерен с небольшими модулями (до 6 мм) и диаметром до 200 мм. Образование зубьев при прокатке осуществляется перемещением нагретой в кольцевом индукторе *2* заготовки *1*

между двумя вращающимися зубчатыми валками *3*, модуль которых равен модулю прокатываемой шестерни *4*.

В начале прокатки заготовка приводится во вращение дополнительным зубчатым колесом, находящимся в зацеплении с валками. После выхода из зацепления шестерня вращается валками.

Станы винтовой прокатки широко применяют для прокатки стальных шаров диаметром 25…125 мм. Схема прокатки представлена на рис.11.5.

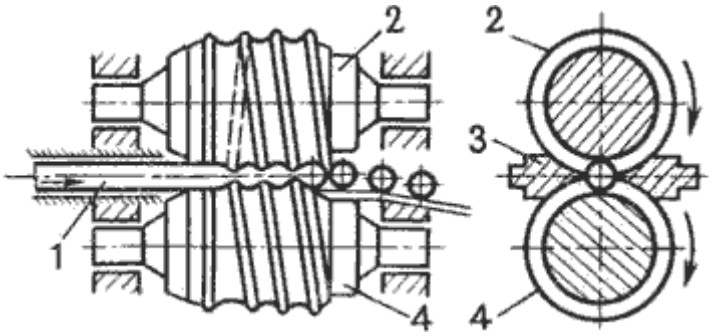


Рис.11.5. Схема прокатки шаров

Валки *2* и *4* вращаются в одном направлении, в результате заготовка *1* получает вращательное движение. Для осевого перемещения оси валков располагают под углом к оси вращения. От вылета из валков заготовка предохраняется центрирующими упорами *3*. В валках нарезают винтовые калибры. По характеру деформации калибр разделяется на формующий участок, где осуществляется захват заготовки и ее постепенное обжатие в шар, и отделочный участок, где придаются точные размеры шару и происходит его отделение от заготовки. Диаметр валков в 5…6 раз превышает диаметр прокатываемых шаров, и составляет 190…700 мм. Производительность стана определяется числом оборотов валков, так как за один оборот Существуют станы для прокатки ребристых труб, для накатки резьб и т.д.

Прессование

Прессование – вид обработки давлением, при котором металл выдавливается из замкнутой полости через отверстие в матрице, соответствующее сечению прессуемого профиля.

Это современный способ получения различных профильных заготовок: прутков диаметром 3…250 мм, труб диаметром 20…400 мм с толщиной стенки 1,5…15 мм, профилей сложного сечения сплошных и полых с площадью поперечного сечения до 500 см^2.

Впервые метод был научно обоснован академиком Курнаковым Н.С. в 1813 году и применялся главным образом для получения прутков и труб из оловянисто-свинцовых сплавов. В настоящее время в качестве исходной заготовки используют слитки или прокат из углеродистых и легированных сталей, а также из цветных металлов и сплавов на их основе (медь, алюминий, магний, титан, цинк, никель, цирконий, уран, торий).

Технологический процесс прессования включает операции:

- подготовка заготовки к прессованию (разрезка, предварительное обтачивание на станке, так как качество поверхности заготовки оказывает влияние на качество и точность профиля);
- нагрев заготовки с последующей очисткой от окалины;
- укладка заготовки в контейнер ;
- непосредственно процесс прессования;
- отделка изделия (отделение пресс-остатка, разрезка).

Прессование производится на гидравлических прессах с вертикальным или горизонтальным расположением плунжера, мощностью до 10 000 т.

Применяются две метода прессования: *прямой* и *обратный* (рис. 11.6.)

При прямом прессовании движение пуансона пресса и истечение металла через отверстие матрицы происходят в одном направлении. При прямом прессовании требуется прикладывать значительно большее усилие, так как часть его затрачивается на преодоление трения при перемещении металла заготовки внутри контейнера. Пресс-остаток составляет 18…20 % от массы заготовки (в некоторых случаях – 30…40 %). Но процесс характеризуется более высоким качеством поверхности, схема прессования более простая.

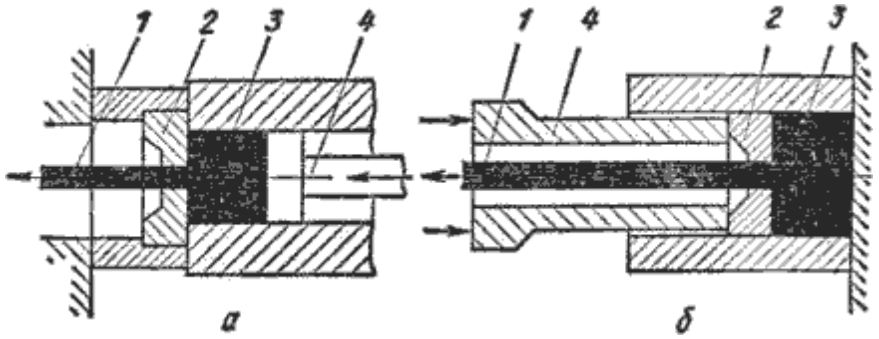


Рис. 11.6. Схема прессования прутка прямым (а) и обратным (б) методом
1 – готовый пруток; 2 – матрица; 3 – заготовка; 4 – пуансон

При обратном прессовании заготовку закладывают в глухой контейнер, и она при прессовании остается неподвижной, а истечение металла из отверстия матрицы, которая крепится на конце полого пуансона, происходит в направлении, обратном движению пуансона с матрицей. Обратное прессование требует меньших усилий, пресс-остаток составляет 5…6 %. Однако меньшая деформация приводит к тому, что прессованный пруток сохраняет следы структуры литого металла. Конструктивная схема более сложная

Процесс прессования характеризуется следующими основными параметрами: коэффициентом вытяжки, степенью деформации и скоростью истечения металла из очка матрицы.

Коэффициент вытяжки λ определяют как отношение площади сечения контейнера F_K к площади сечения всех отверстий матрицы F_M .

Степень деформации:

$$\varepsilon = \frac{F_K - F_M}{F_K} \times 100\%$$

Скорость истечения металла из очка матрицы пропорциональна коэффициенту вытяжки и определяется по формуле:

$$V_M = \frac{F_K \times V_П}{F_M} = \lambda \times V_П$$

где: $V_П$ – скорость прессования (скорость движения пуансона).

При прессовании металл подвергается всестороннему неравномерному сжатию и имеет очень высокую пластичность.

К основным преимуществам процесса относятся:

- возможность обработки металлов, которые из-за низкой пластичности другими методами обработать невозможно;
- возможность получения практически любого профиля поперечного сечения;
- получение широкого сортамента изделий на одном и том же прессовом оборудовании с заменой только матрицы;
- высокая производительность, до 2…3 м/мин.

Недостатки процесса :

- повышенный расход металла на единицу изделия из-за потерь в виде пресс-остатка;
- появление в некоторых случаях заметной неравномерности механических свойств по длине и поперечному сечению изделия;
- высокая стоимость и низкая стойкость прессового инструмента;
- высокая энергоемкость.

Волочение

Сущность процесса волочения заключается в протягивании заготовок через сужающееся отверстие (фильеру) в инструменте, называемом волокой. Конфигурация отверстия определяет форму получаемого профиля. Схема волочения представлена на рис.11.7.

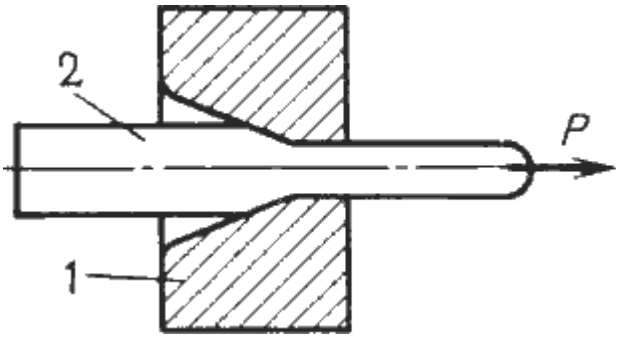


Рис.11.7. Схема волочения

Волочением получают проволоку диаметром 0,002…4 мм, прутки и профили фасонного сечения, тонкостенные трубы, в том числе и капиллярные. Волочение применяют также для калибровки сечения и повышения качества поверхности обрабатываемых изделий. Волочение чаще выполняют при комнат-

ной температуре, когда пластическую деформацию сопровождает наклеп, это используют для повышения механических характеристик металла, например, предел прочности возрастает в 1,5…2 раза.

Исходным материалом может быть горячекатаный пруток, сортовой прокат, проволока, трубы. Волочением обрабатывают стали различного химического состава, цветные металлы и сплавы, в том числе и драгоценные.

Основной инструмент при волочении – волоки различной конструкции. Волока работает в сложных условиях: большое напряжение сочетается с износом при протягивании, поэтому их изготавливают из твердых сплавов. Для получения особо точных профилей волоки изготавливают из алмаза. Конструкция инструмента представлена на рис. 11.8.

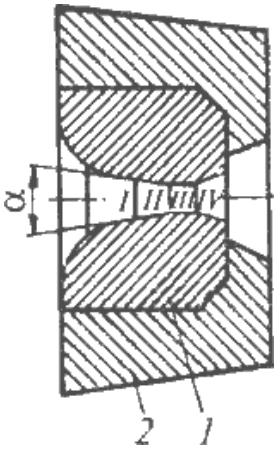


Рис.11.8. Общий вид волоки

Волока *1* закрепляется в обойме *2*. Волоки имеют сложную конфигурацию, ее составными частями являются: заборная часть I, включающая входной конус и смазочную часть; деформирующая часть II с углом в вершине α (6…18 ^{0} – для прутков, 10…24 ^{0} – для труб); цилиндрический калибрующий поясок III длиной 0,4…1 мм; выходной конус IV.

Технологический процесс волочения включает операции:

- предварительный отжиг заготовок для получения мелкозернистой структуры металла и повышения его пластичности;
- травление заготовок в подогретом растворе серной кислоты для удаления окалины с последующей промывкой, после удаления окалины на поверхность наносят подсмазочный слой путем омеднения, фосфотирования, известкования, к слою хорошо прилипает смазка и коэффициент трения значительно снижается;
- волочение, заготовку последовательно протягивают через ряд постепенно уменьшающихся отверстий;
- отжиг для устранения наклепа: после 70…85 % обжатия для стали и 99 % обжатия для цветных металлов ;
- отделка готовой продукции (обрезка концов, правка, резка на мерные длины и др.)

Технологический процесс волочения осуществляется на специальных волочильных станах. В зависимости от типа тянущего устройства различают станы: с прямолинейным движением протягиваемого металла (цепной, реечный); с наматыванием обрабатываемого металла на барабан (барабанный). Станы барабанного типа обычно применяются для получения проволоки. Число барабанов может доходить до двадцати. Скорость волочения достигает 50 м/с.

Процесс волочения характеризуется параметрами: коэффициентом вытяжки и степенью деформации.

Коэффициент вытяжки определяется отношением конечной и начальной длины или начальной и конечной площади поперечного сечения:

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0} = \frac{F_0}{F_1}$$

Степень деформации определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{(F_0 - F_1)}{F_0} \times 100\%$$

Обычно за один проход коэффициент вытяжки λ не превышает 1,3, а степень деформации ε 30 %. При необходимости получить большую величину деформации производят многократное волочение.

ЛЕКЦИЯ 12 Ковка

Ковка – способ обработки давлением, при котором деформирование нагретого (реже холодного) металла осуществляется или многократными ударами молота или однократным давлением пресса.

Формообразование при ковке происходит за счет пластического течения металла в направлениях, перпендикулярных к движению деформирующего инструмента. При свободной ковке течение металла ограничено частично, трением на контактной поверхности деформируемый металл – поверхность инструмента: бойков плоских или фигурных, подкладных штампов.

Ковкой получают разнообразные поковки массой до 300 т.

Первичной заготовкой для поковок являются:

- слитки, для изготовления массивных крупногабаритных поковок;
- прокат сортовой горячекатаный простого профиля (круг, квадрат).

Ковка может производиться в горячем и холодном состоянии.

Холодной ковке поддаются драгоценные металлы – золото, серебро; а также медь. Технологический процесс холодной ковки состоит из двух чередующихся операций: деформации металла и рекристаллизационного отжига. В современных условиях холодная ковка встречается редко, в основном в ювелирном производстве.

Горячая ковка применяется для изготовления различных изделий, а также инструментов: чеканов, зубил, молотков и т.п.

Материалом для горячей ковки являются малоуглеродистые стали, углеродистые инструментальные и некоторые легированные стали. Каждая марка

стали имеет определенный интервал температур начала и конца ковки, зависящий от состава и структуры обрабатываемого металла. Температурные интервалы начала и конца ковки для углеродистых сталей приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Температурные интервалы начала и конца ковки для углеродистых сталей

Марка стали	Температуры ковки	
	начала	конца
Ст 1	1300	900
Ст 2	1250	850
Ст 3	1200	850
Сталь У7, У8, У9	1150	800
Сталь У10, У12, У13	1130	870

Операции ковки

Различают ковку предварительную и окончательную. Предварительная (или черновая) ковка представляет собой кузнечную операцию обработки слитка для подготовки его к дальнейшей деформации прокаткой, прессованием и т.п. Окончательная (чистовая ковка) охватывает все методы кузнечной обработки, с помощью которых изделию придают окончательную форму.

Предварительные операции

Биллетирование – превращение слитка в болванку или заготовку: включает сбивку ребер и устранение конусности.

Обжатие при биллетировании составляет 5…20 %. Проковка слитка предназначена для обжатия металла в углах слитка с целью предварительного деформирования литой структуры – дендритов, которые имеют стыки в этих углах. Биллетирование способствует заварке воздушных пузырей и других подкорковых дефектов литой структуры, созданию пластичного поверхностного слоя металла, благоприятно влияющего на дальнейшую деформацию. После биллетирования производят обрубку донной части слитка.

Рубка – применяется для отделения от основной заготовки негодных частей или для разделения заготовки на части.

Рубка производится в холодном и горячем состоянии. В холодном состоянии рубят тонкие и узкие полосы и прутки сечением 15…20 мм. Более толстые заготовки нагревают.

Схема рубки основана на действии деформирующей силы на малую площадь соприкосновения инструмента с заготовкой, а реакция этой силы со стороны нижней части распределена по большой поверхности заготовки, и пластической деформации здесь не возникает.

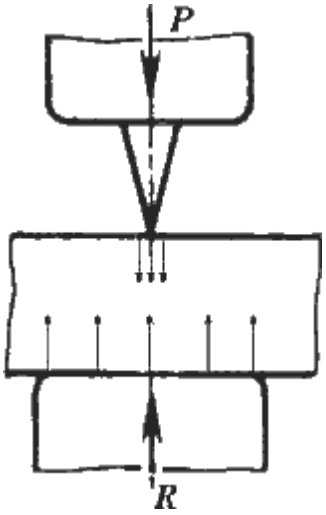


Рис.12.1. Схема рубки

В зависимости от габаритов и формы заготовок используют способы рубки:

- *с одной стороны – для тонких заготовок;*
- *с двух сторон, сначала осуществляется предварительная надрубка заготовки на 0,5…0,75 высоты, после кантовки на 180^0 проводится окончательная рубка;*
- *с трех сторон – для круглых и крупных заготовок, осуществляются две надрубки на глубину 0,4 диаметра заготовки с кантовкой на 120^0, после второй кантовки на 120^0 проводят окончательную рубку;*
- *с четырех сторон – для крупных заготовок, после надрубки с четырех сторон в центре остается перемычка прямоугольного сечения, по месту которой производят разделение заготовки на части.*

Основные операции

Осадка – операция обработки давлением, в результате которой уменьшается высота и одновременно увеличиваются поперечные размеры заготовок (рис. 12.2.а).

Осадку применяют для получения формы поковки, с целью уменьшения глубины прошивки, для обеспечения соответствующего расположения волокон в будущей детали (при изготовлении шестерней обеспечивается повышенная прочность зубьев в результате радиального расположения волокон), как контрольную операцию (из-за значительной деформации по периметру на боковой поверхности вскрываются дефекты).

При выполнении осадки требуется, чтобы инструмент перекрывал заготовку. Вследствие трения боковая поверхность осаживаемой заготовки приобретает бочкообразную форму, это характеризует неравномерность деформации.

Повторяя осадку несколько раз с разных сторон, можно привести заготовку к первоначальной форме или близкой к ней, получив при этом более высокое качество металла и одинаковые его свойства по всем направлениям.

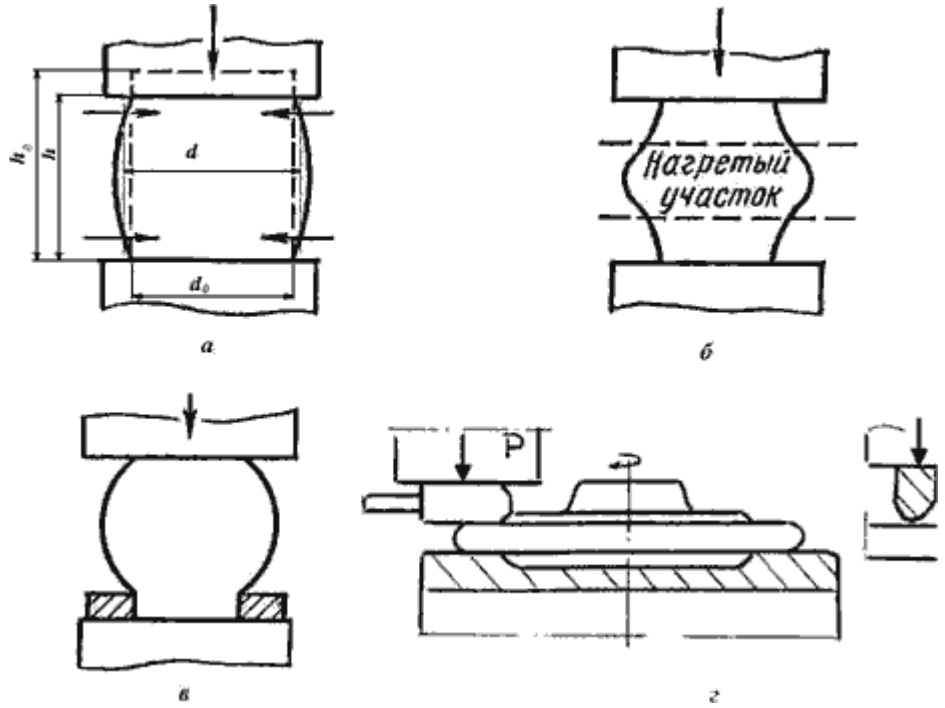


Рис.12.2. Схемы осадки и ее разновидностей

Средний диаметр заготовки определяется по формуле:

$$d = d_0\sqrt{\frac{h_0}{h}}$$

Осадке подвергают заготовки, для которых высота не превышает 2,5…3 диаметра. В противном случае возможен или продольный изгиб заготовки, или образование седлообразности.

Разновидностями осадки являются высадка и осадка разгонкой торца.

Высадка – кузнечная операция, заключающаяся в деформировании части заготовки (концевой части или середины).

Для проведения операции используют местный нагрев, например, в середине заготовки (рис. 12.2.б), или ограничивают деформацию на части заготовки кольцевым инструментом (рис. 12.2.в).

Осадка разгонкой торца позволяет уменьшить высоту и увеличить площадь ренее осаженной заготовки (рис. 12.2.г). Локализация деформации позволяет уменьшить усилие осадки.

Протяжка (вытяжка) – кузнечная операция, в результате которой происходит увеличение длины заготовки за счет уменьшения площади ее поперечного сечения.

Протяжка не только изменяет форму заготовок, но и улучшает качество металла. Операция заключается в нанесении последовательных ударов и перемещении заготовки, при этом между бойками во время удара находится только

часть заготовки. После каждого обжатия заготовка продвигается на величину, меньшую, чем длина бойка (рис.12.3.а).

Протягивать можно плоскими (рис. 12.3.а) и вырезными (рис.12.3.б) бойками.

Протяжка на плоских бойках может выполняться двумя способами.

Первый способ. Протяжка выполняется по всей длине слитка или заготовки вначале с одной стороны, а после кантовки на 90 ^{0} – с другой стороны и т.д.

Большие по длине поковки могут изгибаться в бойках концами вниз. Чтобы исправить изгиб, поковки кантуют сначала на 180 ^{0} , а потом на 90 ^{0}.

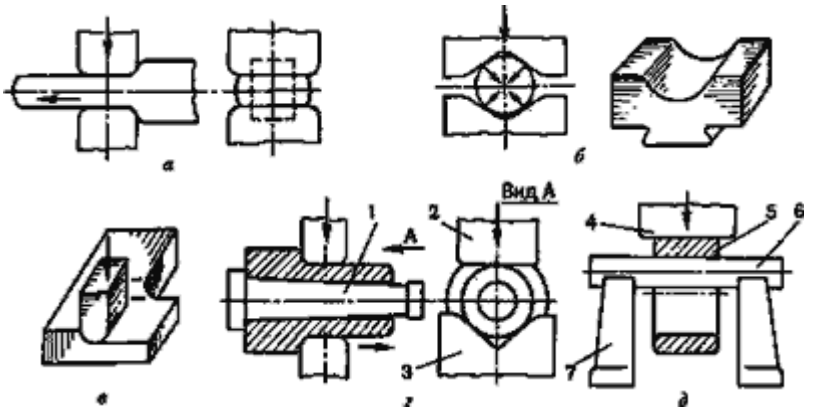


Рис. 12.3. Схемы протяжки и ее разновидностей

Второй способ. Поочередная протяжка на плоских бойках (по винтовой линии) – после каждого обжатия следует кантовка на 90 в одну и ту же сторону, после каждых четырех обжатий следует подача. Способ более трудоемкий, применяется при ковке твердых инструментальных сталей.

При протяжке на плоских бойках в центре изделия могут возникнуть (особенно при проковке круглого сечения) значительные растягивающие напряжения, которые приводят к образованию осевых трещин.

Протяжка в вырезных бойках или в комбинации плоских бойков с вырезными используется при ковке легированных сталей с пониженной пластичностью. Благодаря боковому давлению, создаваемому жесткими стенками инструмента повышаются сжимающие напряжения, увеличивается пластичность металла. Получают поковки более точные по форме и размерам. Возрастает скорость протяжки.

При протяжке с круга на круг в вырезных бойках, силы, направленные с четырех сторон к осевой линии заготовки, способствуют более равномерному течению металла и устранению возможности возникновения осевых трещин.

Разновидностями протяжки являются разгонка, протяжка с оправкой, раскатка на оправке.

Разгонка (расплющивание) – операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины (рис. 12.3.в).

Операция выполняется за счет перемещения инструмента в направлении, перпендикулярном оси заготовки.

Протяжка на оправке – операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенки и уменьшения наружного диаметра (рис.12.3.г).

Протяжку выполняют в вырезных бойках (или нижнем вырезном *3* и верхнем плоском *2*) на слегка конической оправке *1*. Протягивают в одном направлении – к расширяющемуся концу оправки, что облегчает ее удаление из поковки. Оправку предварительно нагревают до температуры 160…200 ^{0}С.

Раскатка на оправке – операция одновременного увеличения наружного и внутреннего диаметров кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок (рис.12.3.д).

Заготовка *5* опирается внутренней поверхностью на цилиндрическую оправку *6*, устанавливаемую концами на подставках *7*, и деформируется между оправкой и узким длинным бойком *4*. После каждого обжатия заготовку поворачивают относительно оправки.

Протяжку с оправкой и раскатку на оправке часто применяют совместно. Вначале раскаткой уничтожают бочкообразность предварительно осаженной и прошитой заготовки и доводят ее внутренний диаметр до требуемых размеров. Затем протяжкой с оправкой уменьшают толщину стенок и увеличивают до заданных размеров длину заготовки.

Прошивка – операция получения в заготовке сквозных или глухих отверстий за счет вытеснения металла (рис.12.4).

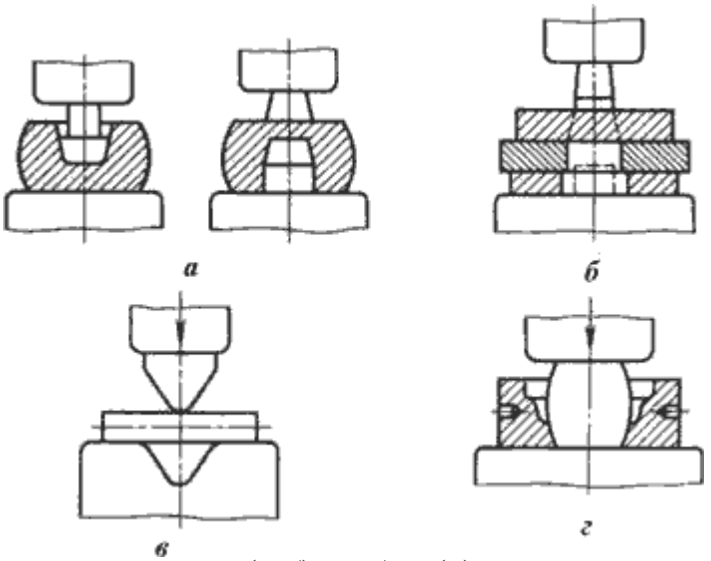


Рис.12.4. Схемы прошивки (а,б), гибки (в), штамповки в подкладных штампах (г)

Инструментом для прошивки служат прошивни сплошные и пустотелые. Пустотелые прошивают отверстия большого диаметра (400…900 мм).

При сквозной прошивке сравнительно тонких поковок применяют подкладные кольца (рис. 12.4.б). Более толстые поковки прошивают с двух сторон без подкладного кольца (рис.12.4.а). Диаметр прошивня выбирают не более по-

ловины наружного диаметра заготовки, при большем диаметре прошивня заготовка значительно искажается. Прошивка сопровождается отходом (выдрой).

Гибка – операция придания заготовке или ее части изогнутой формы по заданному контуру (рис.12.4. в).

Гибка сопровождается искажением первоначальной формы поперечного сечения заготовки и уменьшением его площади в месте изгиба (утяжка). Для компенсации утяжки в зоне изгиба заготовке придают увеличенные поперечные размеры. При гибке возможно образование складок по внутреннему контуру и трещин по наружному. Для избежания этого явления по заданному углу изгиба подбирают соответствующий радиус скругления. Радиус в месте изгиба не должен быть меньше полутора толщин заготовки.

Этой операцией получают угольники, скобы, крючки, кронштейны.

Скручивание – операция, заключающаяся в повороте одной части поковки вокруг общей оси по отношению к другой ее части под определенным углом.

Различают два случая:

- *поворот на угол до 180 ^{0} – для пространственной ориентации отдельных частей;*
- *многократное скручивание на 360 ^{0} – для придания витого характера (используется как элемент украшения композиций решеток, перил, лестниц и т.д.).*

К скручиванию относится и свивание нескольких тонких прутков (проволок) в шнуры.

При изготовлении небольшой партии поковок с относительно сложной конфигурацией применяют штамповку в подкладных штампах (рис.12.4.г). Подкладной штамп может состоять из одной или двух частей, в которых имеется полость с конфигурацией поковки или ее отдельных участков.

Технологический процесс ковки включает операции: резку исходной заготовки в требуемый размер, нагрев материала до требуемой температуры, формообразующую операцию, очистку заготовок от окалины, контроль поковки.

Точность и производительность резки определяется способом резки.

На практике обычно применяют нагрев в пламенной печи, как способ, не требующий дополнительных затрат.

Основная операция включает переходы: установку – снятие заготовки, формоизменяющую операцию (осадку, вытяжку, прошивку и т.д.).

Очистку поковок от окалины осуществляют в галтовочных барабанах, обдувкой стальной дробью, травлением в водных растворах серной или соляной кислоты.

При контроле поковок выявляют внешние и внутренние дефекты, проверяют соответствие геометрическим и функциональным техническим условиям.

Оборудование для ковки

В качестве оборудования применяются ковочные молоты и ковочные прессы.

Оборудование выбирают в зависимости от режима ковки данного металла или сплава, массы поковки и ее конфигурации. Необходимую мощность оборудования определяют по приближенным формулам или справочным таблицам.

Молоты – машины динамического ударного действия. Продолжительность деформации на них составляет тысячные доли секунды. Металл деформируется за счет энергии, накопленной падающими частями молота к моменту их соударения с заготовкой. Часть энергии теряется на упругие деформации инструмента и колебания шабота – детали, на которую устанавливают нижний боек. Чем больше масса шабота, тем выше КПД. Обычно масса шабота в 15 раз превышает массу падающих частей, что обеспечивает КПД на уровне 0,8…0,9.

Для получения поковок массой до 20 кг применяют ковочные пневматические молоты, работающие на сжатом воздухе. Сила удара определяется силой давления сжатого воздуха, и может регулироваться в широких пределах. Масса падающих частей составляет 50…1000 кг. Основные параметры молотов регламентируются ГОСТами.

Для получения поковок массой до 350 кг применяют ковочные паровоздушные молоты. Они приводятся в действие паром или сжатым воздухом давлением 0,7…0,9 МПа. Масса падающих частей составляет 1000…8000 кг. Параметры регламентируются ГОСТами.

Различают молоты простого действия, когда пар или воздух только поднимают поршень, и двойного действия, когда энергоноситель создает дополнительное деформирующее усилие.

Прессы ковочные гидравлические – машины статического действия. Продолжительность деформации составляет до десятков секунд. Металл деформируется приложением силы, создаваемой с помощью жидкости (водной эмульсии или минерального масла), подаваемой в рабочий цилиндр пресса. Выбираются прессы по номинальному усилию, которое составляет 5…100 МН. Применяют в основном для получения крупных заготовок из слитков.

Конструирование кованых заготовок

Чертеж поковки составляют по рабочему чертежу детали установлением припусков на механическую обработку, допусков на ковку и напусков на поковку. Значения этих величин устанавливаются ГОСТами: на поковки, получаемые на молотах – ГОСТ 7829; на поковки, получаемые на прессах – ГОСТ 7869.

При разработке чертежа поковки следует учитывать специфику техники ковки и избегать нехарактерных для нее форм и конфигураций. Поковки должны быть простыми, очерченными цилиндрическими поверхностями и плоскостями (рис.12.5, 1…4).

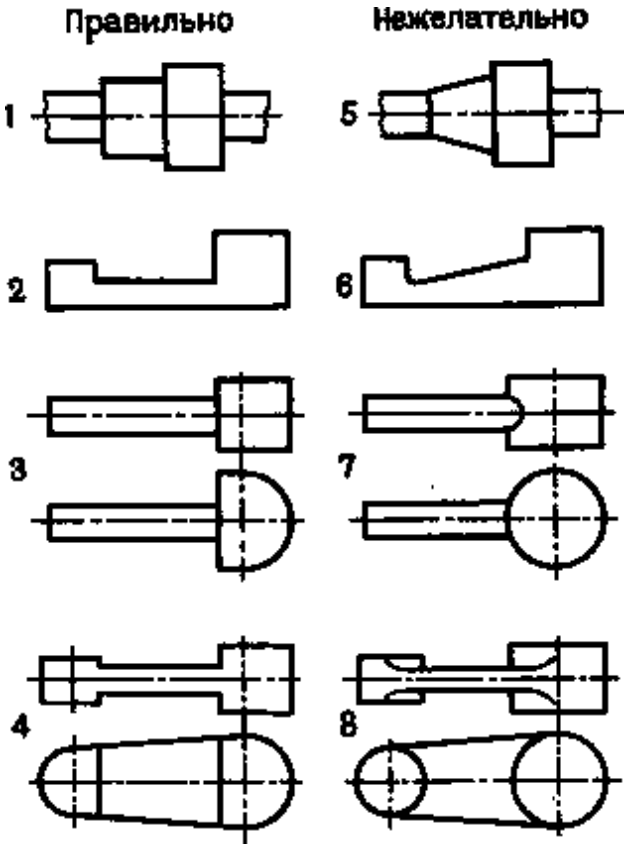


Рис.12.5. Правильные и нежелательные формы поковок

В поковках следует избегать конических (рис.12.5, 5) и клиновых (рис.12.5, 6) поверхностей, взаимных пересечений цилиндрических поверхностей (рис. 12.5, 7), а также пересечений цилиндрических поверхностей с призматическими участками деталей (рис. 12.5, 8). Предпочтительнее назначать односторонние выступы, взамен двухсторонних, особенно для мелких деталей. Следует избегать ребристых сечений, бобышек, выступов и т.п., так как эти элементы в большинстве случаев получить ковкой невозможно. Ребра жесткости в поковках недопустимы. Детали с резкой разницей размеров поперечных сечений или сложной формы следует заменять сочетанием более простых кованых деталей. Детали сложной формы целесообразно выполнять сварными из нескольких поковок или из кованых и литых элементов.

ЛЕКЦИЯ 13 Горячая объемная штамповка

Объемной штамповкой называют процесс получения поковок, при котором формообразующую полость штампа, называемую ручьем, принудительно заполняют металлом исходной заготовки и перераспределяют его в соответствии с заданной чертежом конфигурацией.

Применение объемной 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 свободной ковки.

Объемную штамповку осуществляют при разных температурах исходной заготовки и, в соответствии с температурой, делят на холодную и горячую. Наиболее широкое распространение получила горячая объемная штамповка (ГОШ), которую ведут в интервале температур, обеспечивающих снятие упрочнения.

Исходным материалом для горячей объемной штамповки являются сортовой прокат, прессованные прутки, литая заготовка, в крупносерийном производстве – периодический прокат, что обеспечивает сокращение подготовительных операций.

Формообразование при горячей объемной штамповке

Основная операция ГОШ может быть выполнена за один или несколько переходов. При каждом переходе формообразование осуществляется специальной рабочей полостью штампа – *ручьем (гравюрой*). Переходы и ручьи делятся на две группы: заготовительные и штамповочные. Схема технологического процесса получения сложной заготовки в нескольких ручьях представлена на рис.13.1.

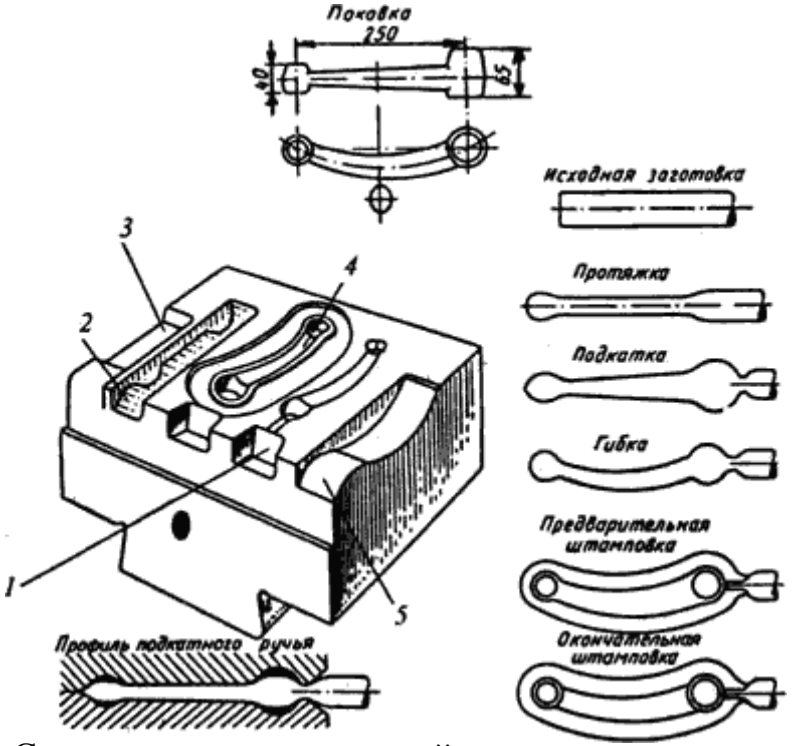


Рис. 13.1. Стадии получения сложной поковки в нескольких ручьях
1 – черновой ручей; 2 – подкатной ручей; 3 – протяжной ручей; 4 – чистовой ручей, 5 – гибочный ручей

Заготовительные ручьи предназначены для фасонирования в штампах.

Фасонирование – перераспределение металла заготовки с целью придания ей формы, обеспечивающей последующую штамповку с малым отходом металла.

К заготовительным ручьям относятся протяжной, подкатной, гибочный и пережимной, а также площадка для осадки.

Протяжной ручей предназначен для увеличения длины отдельных участков заготовки за счет уменьшения площади их поперечного сечения, выполняемого воздействием частых слабых ударов с кантованием заготовки.

Подкатной ручей служит для местного увеличения сечения заготовки (набора металла) за счет уменьшения сечения рядом лежащих участков, то есть для распределения объема металла вдоль оси заготовки в соответствии с распределением его в поковке. Переход осуществляется за несколько ударов с кантованием.

Пережимной ручей предназначен для уменьшения вертикального размера заготовки в местах, требующих уширения. Выполняется за 1…3 удара.

Гибочный ручей применяют только при штамповке поковок, имеющих изогнутую ось. Служит для придания заготовке формы поковки в плоскости разъема. Из гибочного ручья в следующий заготовку передают с поворотом на 90^{0}.

При штамповке поковок, имеющих в плане форму окружности или близкую к ней, часто применяют осадку исходной заготовки до требуемых размеров по высоте и диаметру. Для этого на плоскости штампа предусматривают *площадку для осадки*.

Штамповочные ручьи предназначены для получения готовой поковки. К штамповочным ручьям относятся черновой (предварительный) и чистовой (окончательный).

Черновой ручей предназначен для максимального приближения формы заготовки к форме поковки сложной конфигурации. Глубина ручья несколько больше, а поперечные размеры меньше, чем у чистового ручья (чтобы заготовка свободно укладывалась в чистовой ручей). Радиусы скругления и уклоны увеличиваются. В открытых штампах черновой ручей не имеет облойной канавки. Применяется для снижения износа чистового ручья, но может отсутствовать.

Чистовой ручей служит для получения готовой поковки, имеет размеры «горячей поковки», то есть больше, чем у холодной поковки, на величину усадки. В открытых штампах по периметру ручья предусмотрена облойная канавка, для приема избыточного металла. Чистовой ручей расположен в центре штампа, так как в нем возникают наибольшие усилия при штамповке.

Технологический процесс ГОШ отличается значительным разнообразием и определяется выбором самого изделия и применяемым оборудованием.

Технологический процесс зависит от формы поковки. По форме в плане поковки делятся на две группы: диски и поковки удлиненной формы.

К первой группе относятся круглые или квадратные поковки, имеющие сравнительно небольшую длину: шестерни, диски, фланцы, ступицы, крышки и

др. Штамповка таких поковок производится осадкой в торец исходной заготовки с применением только штамповочных переходов.

Ко второй группе относятся поковки удлиненной формы: валы, рычаги, шатуны и др. Штамповка таких поковок производится протяжкой исходной заготовки (плашмя). Перед окончательной штамповкой таких поковок в штамповочных ручьях требуется фасонирование исходной заготовки в заготовительных ручьях штампа, свободной ковкой или на ковочных вальцах.

Так как характер течения металла в процессе штамповки определяется типом штампа, то этот признак можно считать основным для классификации способов штамповки. В зависимости от типа штампа выделяют штамповку в открытых и закрытых штампах (рис. 13.2).

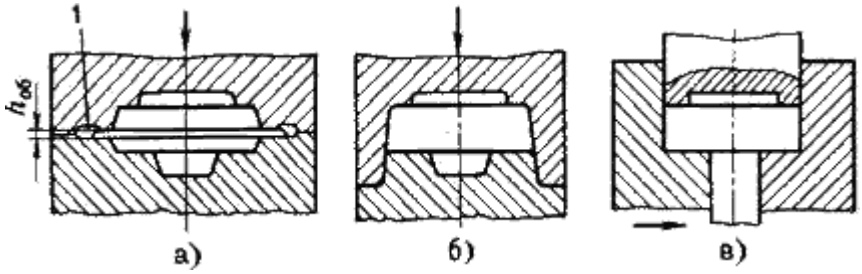


Рис. 13.2. Схемы штамповки в открытых и закрытых штампах:
1 – облойная канавка

Штамповка в открытых штампах (рис.13.2.а) 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. Штамповкой в открытых штампах можно получить поковки всех типов.

Штамповка в закрытых штампах (рис.13.2.б) характеризуется тем, что полость штампа в процесс 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 (рис. 13.3.в).

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.

Существенное преимущество штамповки в закрытых штампах – уменьшение расхода металла из-за отсутствия облоя. Поковки имеют более благоприятную структуру, так как волокна обтекают контур поковки, а не перерезаются в месте выхода металла в облой. Металл деформируется в условиях все-

стороннего неравномерного сжатия при больших сжимающих напряжениях, это позволяет получать большие степени деформации и штамповать малопластичные сплавы.

Чертеж поковки

Чертеж поковки является основным документом при разработке технологического процесса и проектировании штампа. Его выполняют на основе чертежа детали по ГОСТ 7505 – Поковки стальные штампованные.

Сначала необходимо выбрать поверхность разъема, т.е. поверхность, по которой соприкасаются между собой верхняя и нижняя половины штампа. Обычно эта поверхность является плоскостью или сочетанием плоскостей. Она необходима для установки исходной заготовки и удаления из штампа готовой поковки. Поверхность разъема устанавливают в плоскости двух наибольших габаритных размеров, при этом полости штампа имеют наименьшую глубину.

При штамповке в открытых штампах плоскость разъема должна обеспечивать контроль сдвига верхней и нижней частей штампа после обрезки облоя. Для этого она должна пересекать вертикальную поверхность поковки (рис. 13.3.а). Желательно плоскость разъема располагать так, чтобы естественные уклоны облегчали удаление поковки из штампа (рис. 13.3.б) даже без выталкивателей и без существенного упрощения формы детали.

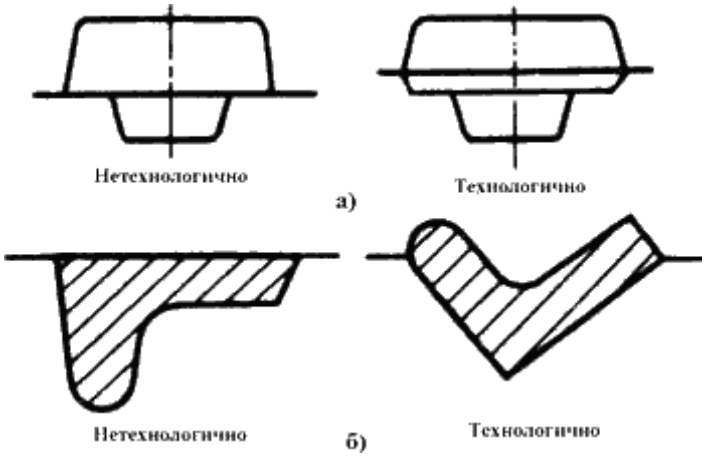


Рис. 13.3. Выбор плоскости разъема штампа

В некоторых случаях положение плоскости разъема определяется макроструктурой металла. Например, при штамповке шестерен плоскость разъема должна быть перпендикулярна к оси детали. В этом случае макроструктура получается одинаковой у всех зубьев шестерни и обеспечивает их высокую прочность. На рис. 13.4 показан выбор положения разъема штампа по условиям работы детали. Если деталь работает на срез по линии *а – а*, то волокна металла должны располагаться перпендикулярно к линии среза (положение *II – II*). Положение плоскости разъема *I – I* в данном случае нежелательно.

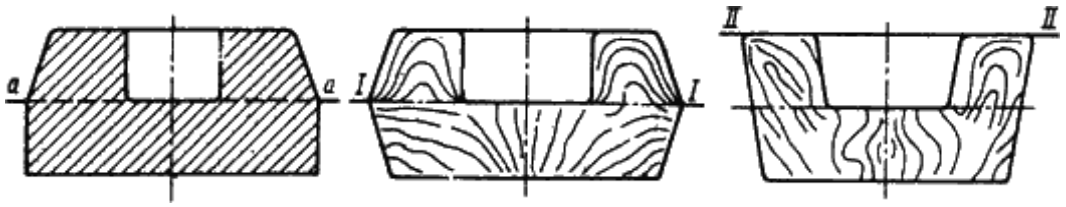


Рис.13.4. Схема к выбору плоскости разъема с учетом условий работы детали

При выборе плоскости разъема необходимо учитывать использование поверхностей поковки в качестве баз при механической обработке. Базы должны быть цилиндрическими, без штамповочных уклонов. При этом припуск на механическую обработку должен быть одинаков в направлении обработки.

При штамповке в закрытых штампах плоскость разъема выбирают по торцевой наибольшей поверхности детали.

Припуски на механическую обработку регламентируются ГОСТ 7505 с учетом точности поковки, которая определяется видом оборудования и технологией ГОШ (открытая или закрытая) и назначаются в основном на сопрягаемые поверхности.

Допуски учитывают возможные отклонения от номинальных размеров вследствие недоштамповки по высоте, сдвига частей штампов, их износа и т.п.

К кузнечным напускам относятся штамповочные уклоны, внутренние радиусы закруглений, перемычки отверстий.

Штамповочные уклоны назначаются сверх припуска, они повышают отход металла при механической обработке и утяжеляют поковку. Для наружных поверхностей, вследствие температурной усадки, уклоны меньше, чем для внутренних поверхностей.

Все пересекающиеся поверхности сопрягаются по радиусам. Это необходимо для лучшего заполнения полости штампа и предохранения его от преждевременного износа и поломок. Радиусы скругления зависят от глубины полости штампа. Внутренние радиусы скругления в 3…4 раза больше, чем наружные. Наружные радиусы обычно составляют $1…6^0$.

При штамповке в штампах с одной плоскостью разъема нельзя получить сквозное отверстие в поковке, поэтому наносят только наметку отверстия с перемычкой-пленкой, удаляемой впоследствии в специальных штампах. Толщина перемычки (S)устанавливается в зависимости от диаметра отверстия (D), $S = 0.1 \times D$, но не должна быть менее 4 мм. Отверстия диаметром менее 30 мм не штампуются

Технологический процесс горячей объемной штамповки

Технологический процесс изготовления поковки включает следующие операции: отрезка проката на мерные заготовки, нагрев, штамповка, обрезка облоя и пробивка пленок, правка, термическая обработка, очистка поковок от окалины, калибровка, контроль готовых поковок.

Перед штамповкой заготовки должны быть нагреты равномерно по всему объему до заданной температуры. При нагреве должны быть минимальными окалинообразование (окисление) и обезуглероживание поверхности заготовки. Используются электроконтактные установки, в которых заготовка, зажатая медными контактами, нагревается при пропускании по ней тока; индукционные установки, в которых заготовка нагревается вихревыми токами; газовые печи, с безокислительным нагревом заготовок в защитной атмосфере.

Штамповку осуществляют в открытых и закрытых штампах. В открытых штампах получают поковки удлиненной и осесимметричной формы. В закрытых штампах – преимущественно осесимметричные поковки, в том числе из малопластичных материалов. Поковки простой формы штампуют в штампах с одной полостью. Сложные поковки с резкими изменениями сечений по длине, с изогнутой осью и т.п. штампуют в многоручьевых штампах.

После штамповки в открытых штампах производят обрезание облоя и пробивку пленок в специальных штампах, устанавливаемых на кривошипных прессах (рис..13. 5).

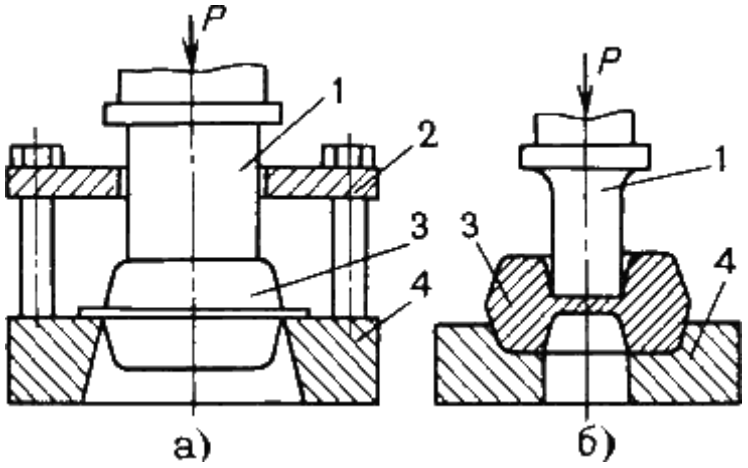


Рис. 13.5. Схемы обрезания облоя (а) и пробивки пленок (б)

Правку штампованных поковок выполняют для устранения искривления осей и искажения поперечных сечений, возникающих при затрудненном извлечении поковок из штампа, после обрезания облоя, после термической обработки. Крупные поковки и поковки из высокоуглеродистых и высоколегированных сталей правят в горячем состоянии либо в чистовом ручье штампа сразу после обрезания облоя, либо на обрезном прессе (обрезной штамп совмещается с правочным штампом), либо на отдельной машине. Мелкие поковки правят на винтовых прессах в холодном состоянии после термической обработки.

Термическую обработку применяют для получения требуемых механических свойств поковок и облегчения их обработки резанием. Отжиг снимает в поковках из высокоуглеродистых и легированных сталей остаточные напряжения, измельчает зерно, снижает твердость, повышает пластичность и вязкость. Нормализацию применяют для устранения крупнозернистой структуры в поковках из сталей с содержанием углерода до 0,4%.

Очистку поковок от окалины производят для облегчения контроля поверхности поковок, уменьшения износа металлорежущего инструмента и пра-

вильной установки заготовки на металлорежущих станках. На дробеструйных установках окалину с пковок, перемещающихся по ленте конвейера, сбивают потоком быстро летящей дроби диаметром 1…2 мм. В галтовочных барабанах окалина удаляется благодаря ударам поковок друг о друга и о металлические звездочки, закладываемые во вращающийся барабан.

Калибровка поковок повышает точность размеров всей поковки или отдельных ее участков. В результате этого последующая механическая обработка устраняется полностью или ограничивается только шлифованием. Различают плоскостную и объемную калибровку. Плоскостная калибровка служит для получения точных вертикальных размеров на одном или нескольких участках поковки. Объемной калибровкой повышают точность размеров поковки в разных направлениях и улучшают качество ее поверхности. Калибруют в штампах с ручьями, соответствующими конфигурации поковки.

ЛЕКЦИЯ 14 Оборудование для горячей объемной штамповки

Оборудование для горячей объемной штамповки молоты штамповочные, горячештамповочные кривошипные прессы, горизонтально-ковочные машины. Процессы штамповки на этих машинах имеют свои особенности, обусловленные устройством и принципом их действия.

Горячая объемная штамповка на молотах

Основным типом молотов являются паровоздушные штамповочные молоты. Их конструкция несколько отличается от ковочных молотов. Стойка станины устанавливается непосредственно на шаботе. Молоты имеют усиленные регулируемые направляющие для движения бабы. Масса шабота превышает массу падающих частей в 30…30 раз. Все это обеспечивает необходимую точность соударения штампов.

Масса падающих частей составляет 630…25000 кг.

Используются молоты бесшаботной конструкции. Шабот заменен подвижной нижней бабой, связанной с верхней бабой механической или гидравлической связью. Энергия удара поглощается механизмами молота. При соударении верхней и нижней баб развивается значительная энергия, что позволяет штамповать поковки в одноручьевых штампах.

Особенностями ГОШ на молотах являются ударный характер деформирующего воздействия и возможность регулирования хода подвижных частей и величины удара при одновременном кантовании заготовки, что позволяет более эффективно производить перераспределение металла. На молотах возможно выполнение всех заготовительных переходов, в том числе протяжки и подката. Верхняя часть штампа заполняется лучше. Части штампа при штамповке на молоте должны смыкаться.

При штамповке в открытых штампах облойная канавка имеет вид, представленный на рис. 14.1.

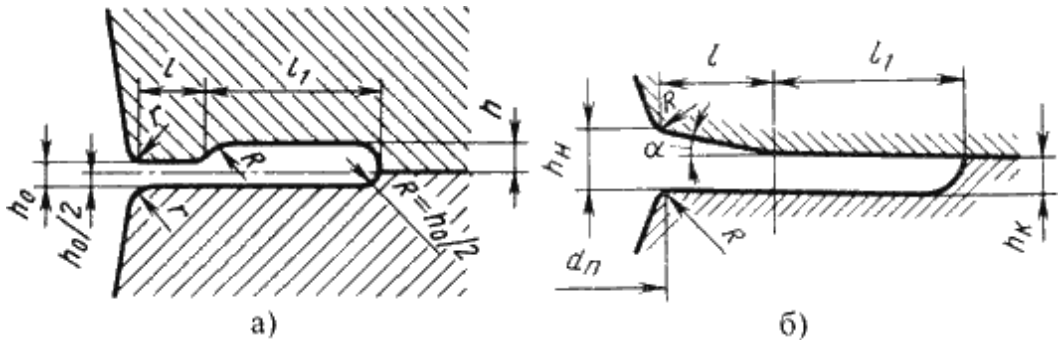


Рис.14.1. Виды облойной канавки при штамповке на молотах

Размеры облойной канавки (рис. 14.1.а) назначаются в зависимости от сложности поковки и ее размеров в плане. Клиновая облойная канавка (рис. 14.1. б) позволяет снизить потери на облой в результате повышения сопротивления течению металла.

При закрытой штамповке на молотах применяются штампы с одним и двумя замками. Конструкции штампов представлены на рис. 14.2.

Штампы с одним замком используются чаще, так как они проще в изготовлении. Но они требуют точной наладки и хорошего состояния оборудования. Второй замок (больший конус) предохраняет первый замок и упрощает наладку штампа, но при этом увеличиваются его размеры и масса.

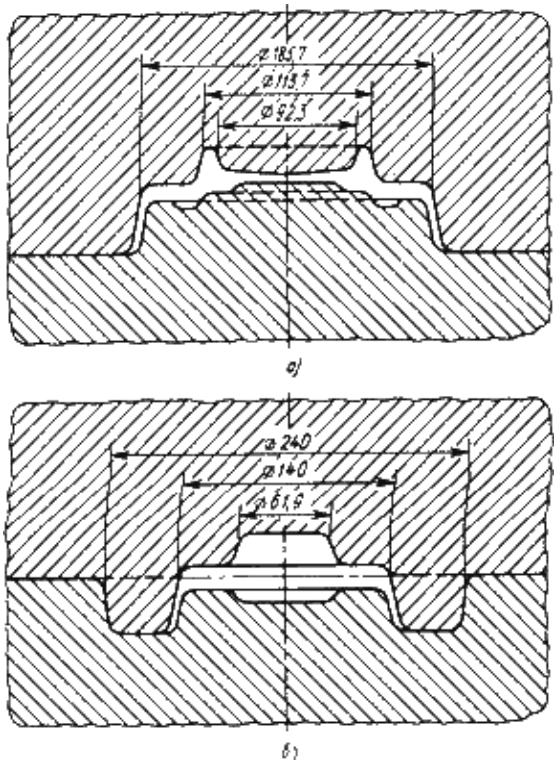


Рис.14.2. Конструкции закрытых молотовых штампов
а – с одним замком; б – с двумя замками

Геометрическая точность поковок, полученных на молотах

На молотах поковки изготавливаются с самыми низкими классами точности: Т4, Т5. Это обусловлено возможностью смещения частей штампа, отсутствием направляющих в конструкции штампа, ударным характером деформирования.

Допускаемые отклонения от номинальных размеров поковки соответствуют припускам, поэтому также являются увеличенными.

Кузнечные напуски имеют максимальные значения. Ввиду ударного характера работы молота в конструкции штампа нельзя использовать выталкиватели, поэтому для извлечения поковки из ручья штампа на вертикальных поверхностях поковок оформляются значительные штамповочные уклоны: наружные – до 7^{0}, внутренние – до 10^{0}. Радиусы закругления назначаются для облегчения течения металла, повышения стойкости штампа, обеспечения расположения волокон.

Горячая объемная штамповка на прессах

Наиболее часто используются кривошипные горячештамповочные прессы. Выбор пресса осуществляется по номинальному усилию, которое составляет 6,7…100 МН.

К особенностям конструкции пресса следует отнести жесткий привод, не позволяющий изменять ход ползуна, отсутствие ударных нагрузок.

Жесткий привод не позволяет производить переходы, требующие постепенно возрастающего обжатия с кантованием, (протяжка, подкат). Для фасонирования заготовки могут быть использованы заготовительные ручьи: пережимной, гибочный. Поэтому при штамповке на прессах сложных заготовок, имеющих удлиненную форму в плане (шатуны, турбинные лопатки), фасонирование осуществляется ковочными вальцами, свободной ковкой, высадкой на горизонтально-ковочных машинах.

Отсутствие ударных нагрузок позволяет не применять массивные шаботы, использовать сборную конструкцию штампов (блок-штампы).

При открытой штамповке на прессах части штампа не должны смыкаться на величину, равную толщине облоя. Полость штампа выполняется открытой и облойная канавка имеет вид, показанный на рис.14.3.

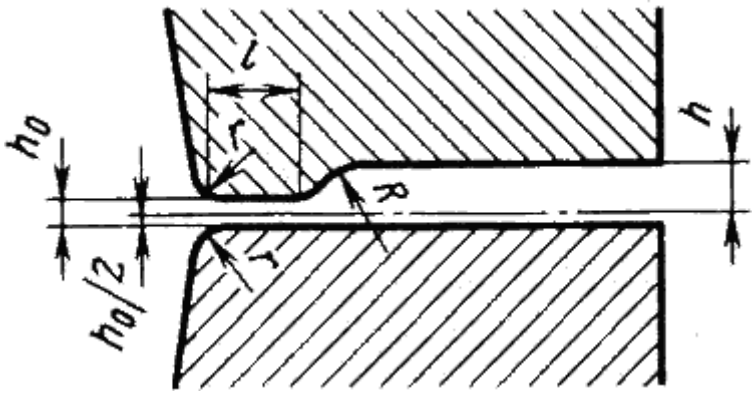


Рис.14.3. Вид облойной канавки при штамповке на прессах

Для закрытой штамповки используются штампы двух видов:

- с цельной матрицей, для изготовления поковок типа тел вращения, усилие распора в них воспринимается матрицей и не передается ползуну пресса;
- с разъемной матрицей, для легкого извлечения из полости штампа поковок, что позволяет значительно уменьшить штамповочные уклоны.

Поковки, полученные на прессах, характеризуются высокой точностью, которая достигается за счет снижения припусков на механическую обработку (в среднем на 20…30 % по сравнению с поковками, полученными на молотах) и допускаемых отклонений на номинальные размеры, снижения штамповочных уклонов в два – три раза. Наличие постоянного хода приводит к большей точности поковок по высоте, а жесткость конструкции пресса делает возможным применение направляющих колонок в штампах, что исключает сдвиг.

Производительность труда повышается в среднем в 1,4 раза за счет однократности и повышения мощности деформирующих воздействий. В результате себестоимость поковок снижается на 10…30 %. Как показывают исследования, штамповка на прессах может быть экономически выгодной даже при загрузке оборудования на 35…45 %.

При штамповке на прессах деформация глубже проникает в заготовку, что позволяет штамповать малопластичные материалы, применять штампы с разъемной матрицей с боковым течением металла.

Процессу штамповки на прессах присущи недостатки:

- окалина вдавливается в тело поковки, для предотвращения этого необходимо проводить малоокислительный или безокислительный нагрев или полную очистку заготовки от окалины;
- из-за невысокой скорости деформирования время контакта металла с инструментом больше, чем на молотах, поэтому имеет место переохлаждение поверхности заготовки, что приводит к худшему заполнению полости штампа.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах

Горизонтально-ковочная машина представляет собой механический кривошипный штамповочный пресс, имеющий разъемную матрицу, одна часть которой является подвижной – зажимной.

Кроме главного деформирующего ползуна, имеется ползун, движение которого перпендикулярно движению главного.

Горизонтально-ковочные машины выбираются по номинальному усилию, которое составляет 1…31,5 МН.

Схема горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине показана на рис. 14.4.

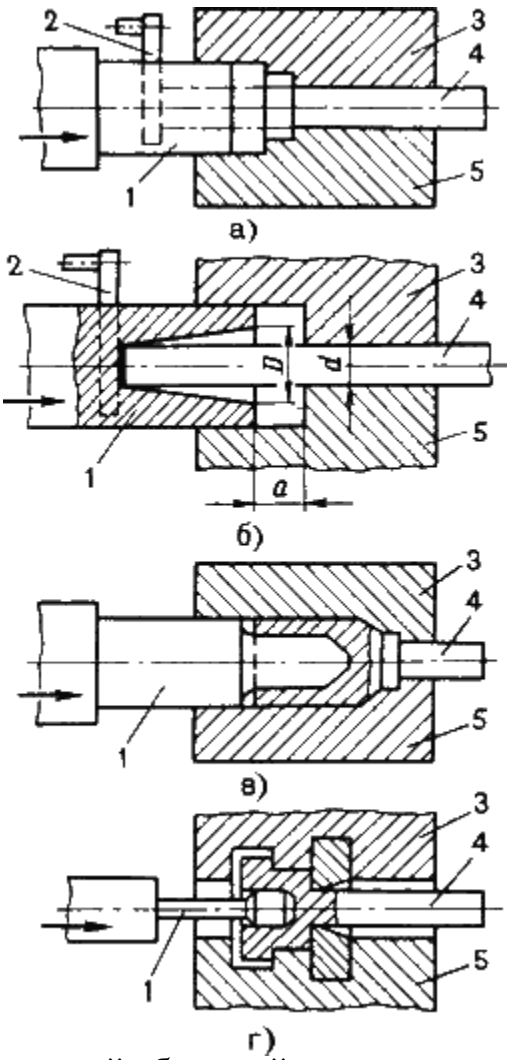


Рис. 14.4. Схема горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине

Штамп состоит из трех частей: неподвижной матрицы *3*, подвижной матрицы *5* и пуансона *1*, размыкающихся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Пруток *4* с нагретым участком на его конце закладывают в неподвижную матрицу. Положение конца прутка определяется упором *2*. При включении машины подвижная матрица *5* прижимает пруток к неподвижной матрице, упор автоматически отходит в сторону, и только после этого пуансон *1* соприкасается с выступающей частью прутка и деформирует ее. Металл при этом заполняет формующую полость, расположенную впереди зажимной части. Формующая полость может находиться только в матрице, только в пуансоне, а также в матрице и пуансоне.

После окончания деформирования пуансон движется в обратном направлении, выходя из полости матрицы. Матрицы разжимаются, деформированную заготовку вынимают или она выпадает из них.

Штамповка выполняется за несколько переходов в отдельных ручьях, оси которых расположены одна над другой. Каждый переход осуществляется за один рабочий ход ползуна. Осуществляются операции: высадка, прошивка, пробивка. За один переход можно высадить выступающий из зажимной части матрицы конец прутка только в том случае, если его длина не превышает трех диаметров. При большей длине возможен изгиб заготовки, поэтому предварительно необходимо произвести набор металла. Набор металла осуществляется в полости пуансона, которой придают коническую форму.

В качестве исходной заготовки используют пруток круглого или квадратного сечения, трубный прокат. Штампуют поковки: стержни с утолщениями и глухими отверстиями, кольца, трубчатые детали со сквозными и глухими отверстиями.

Так как штамп состоит из трех частей , то напуски на поковки и штамповочные уклоны малы или отсутствуют.

К недостаткам горизонтально-ковочных машин следует отнести их малую универсальность и высокую стоимость.

Ротационные способы изготовления поковок

В основе этих способов лежит процесс ротационного обжатия при вращении инструмента или заготовки. При обкатывании инструментом заготовки очаг деформации имеет локальный характер и постоянно перемещается по заготовке, вследствие чего усилие, действующее на инструмент, меньше чем при штамповке. Это позволяет изготовлять поковки большой массы (заготовка вагонных осей) с большой точностью, так как упругие деформации при меньших усилиях меньше.

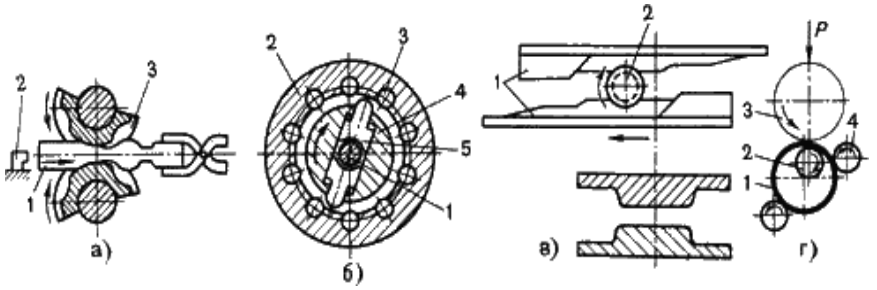


Рис.14.5. Схемы действия ковочных вальцов (а), ротационно-ковочной машины (б), станов поперечно-клиновой прокатки (в); раскатки (г)

Штамповка на ковочных вальцах напоминает продольную прокатку, на двух валках закрепляют секторные штампы, имеющие соответствующие ручьи (рис. 14. 5.а).

Нагретую заготовку *1* подают до упора *2*, когда секторные штампы *3* расходятся. При повороте валков происходит захват заготовки и обжатие ее по

форме полости; одновременно с обжатием заготовка выталкивается в сторону подачи.

На вальцах изготовляют поковки типа звеньев цепей, рычагов, гаечных ключей и т.п., а также осуществляют фасонирование заготовок. Исходное сечение заготовки принимают равным максимальному сечению поковки, так как при вальцовке происходит главным образом протяжка.

Штамповка на ротационно-ковочных машинах подобна операции протяжки и заключается в местном обжатии заготовки по периметру (рис. 14.5.б). Заготовку *1* в виде прутка или трубы помещают в отверстие между бойками *5* машины, находящимися в шпинделе *4*. Бойки могут свободно скользить в радиально расположенных пазах шпинделя. При вращении шпинделя ролики *3*, помещенные в обойме *2*, толкают бойки *5*, которые наносят удары по заготовке. В исходное положение бойки возвращаются под действием центробежных сил. В машинах этого типа получают поковки, имеющие форму тел вращения. Существуют машины, у которых вместо шпинделя с бойками вращается обойма с роликами; в этом случае для возвратного движения ползунов служат пружины. В таких машинах получают поковки квадратного, прямоугольного и других сечений.

Поперечно-клиновой прокаткой (рис.14.5.в) получают заготовки валов и осей с резкими ступенчатыми переходами диаметром от 12 до 120 мм. Деформирование может осуществляться инструментом в виде двух валков, валка и сегмента или двух плоских плит. Плоско-клиновой инструмент наиболее прост и обеспечивает получение валов сложной конфигурации с высокой точностью. Заготовка *2* из круглого прокатанного прутка после нагрева автоматически перемещается в рабочую зону клиньев *1* в их исходном положении. Клиновой инструмент, закрепленный в подвижной салазке станка, совершает прямолинейное движение. Заготовка прокатывается между двумя клиновыми плитами.

Раскатка кольцевых заготовок на раскатных станах получила особенно большое распространение при производстве колец подшипников. Схема процесса показана на рис. 14.5.г. Заготовка *1* представляет собой кольцо с меньшим диаметром и большей толщиной стенки, чем у поковки. Заготовки получают штамповкой на молотах или горизонтально-ковочных машинах. При подведении к заготовке *1*, надетой на валок *2*, быстро вращающегося валка *3* заготовка и валок *2* начинают вращаться. При дальнейшем сближении валков *2* и *3* увеличивается наружный диаметр заготовки за счет уменьшения толщины и происходит ее контакт с направляющим роликом *4*, обеспечивающим получение правильной кольцевой формы поковки. После касания поковкой контрольного ролика *5* раскатка прекращается.

Раскаткой получают поковки колец с поперечными сечениями различной формы наружным диаметром 70…700 мм и шириной 20…180 мм.

Штамповка жидкого металла

Штамповка жидкого металла является одним из прогрессивных технологических процессов, позволяющих получать плотные заготовки с уменьшенными пропусками на механическую обработку, с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Технологический процесс штамповки жидкого металла объединяет в себе процессы литья и горячей объемной штамповки.

Процесс заключается в том, что расплав, залитый в матрицу пресс-формы, уплотняют пуансоном, закрепленным на ползуне гидравлического пресса, до окончания затвердевания.

Сопряжение пуансона и матрицы образует закрытую фасонную полость. Наружные контуры заготовки получают разъемной формой, если деталь имеет наружные выступы, или неразъемной формой – при отсутствии выступов. Внутренние полости образуются внедрением пуансона в жидкий металл.

После извлечения из пресс-формы заготовку подвергают различным видам обработки или используют без последующей обработки.

Под действием высокого давления и быстрого охлаждения газы, растворенные в расплаве, остаются в твердом растворе. Все усадочные пустоты заполняются незатвердевшим расплавом, в результате чего заготовки получаются плотными, с мелкокристаллическим строением, что позволяет изготавливать детали, работающие под гидравлическим давлением.

Этим способом можно получить сложные заготовки с различными фасонными приливами на наружной поверхности, значительно выходящими за пределы основных габаритных размеров детали. В заготовках могут быть получены отверстия, расположенные не только вдоль движения пуансона, но и в перпендикулярном направлении.

Возможно запрессовывать в заготовки металлическую и неметаллическую арматуру.

Процесс используется для получения фасонных заготовок из чистых металлов и сплавов на основе магния, алюминия, меди, цинка, а также из черных металлов.

ЛЕКЦИЯ 15 Холодная штамповка

Холодная штамповка производится в штампах без нагрева заготовок и сопровождается деформационным упрочнением металла.

Холодная штамповка является одним из наиболее прогрессивных методов получения высококачественных заготовок небольших и точных из стали и цветных металлов. Она обеспечивает достаточно высокую точность и малую шероховатость поверхности при малых отходах металла и низкой трудоемкости и себестоимости изготовления изделий. Возможность осуществления холодной штамповки и качество заготовок определяются качеством исходного материала. Большое значение имеет подготовка поверхности заготовок: удаление окалины, загрязнений и поверхностных дефектов.

Процессы холодной штамповки часто выполняют за несколько технологических переходов, постепенно приближая форму и размеры заготовок к форме и размерам готовых изделий и осуществляя промежуточный отжиг для снятия наклепа и восстановления пластических свойств металла. В зависимости от характера деформирования и конструкции штампов холодную штамповку делят на объемную и листовую.

Объемная холодная штамповка

Холодную объемную штамповку выполняют на прессах или специальных холодноштамповочных автоматах. Основными ее разновидностями являются: высадка, выдавливание, объемная формовка, чеканка.

Высадка – образование на заготовке местных утолщений требуемой формы в результате осадки ее конца (рис. 15.1).

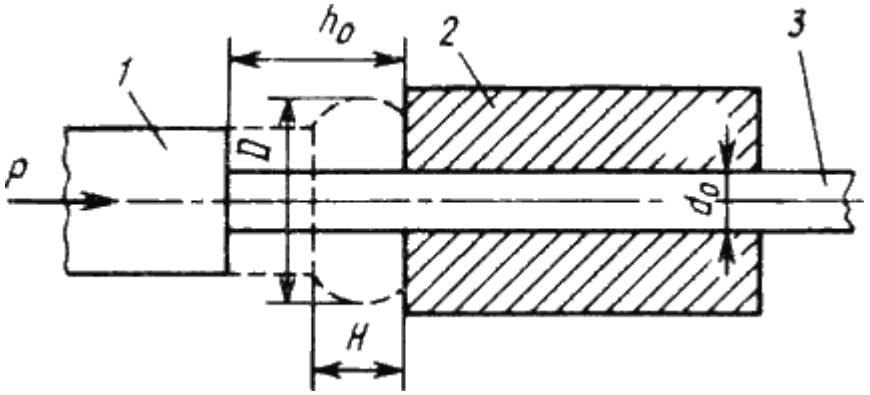


Рис.15.1. Схема высадки

Заготовкой обычно служит холоднотянутый материал в виде проволоки или прутка из черных или цветных металлов. Высадкой изготавливают стандартные и специальные крепежные изделия, кулачки, валы-шестерни, детали электронной аппаратуры, электрические контакты и т.д.

Длина высаживаемой части (h_0) рассчитывается с учетом объема требуемого утолщения (V) по формуле: $h_0 = \frac{4 \times V}{\pi \times d_0^{\,2}}$.

Расчет числа переходов производится в основном по соотношению длины высаживаемой части (h_0) и диаметра заготовки (d_0), которое характеризует устойчивость к продольному изгибу. При $\frac{h_0}{d_0} < 2.3$ используют один переход, при $\frac{h_0}{d_0} < 5$ – два перехода, при $\frac{h_0}{d_0} < 8$ – три перехода. При большом количестве переходов происходит упрочнение металла, поэтому требуется отжиг.

Последовательность переходов изготовления деталей показана на рис. 15.2.: за три перехода (рис. 15.2.а); за пять переходов (рис. 15.2.б).

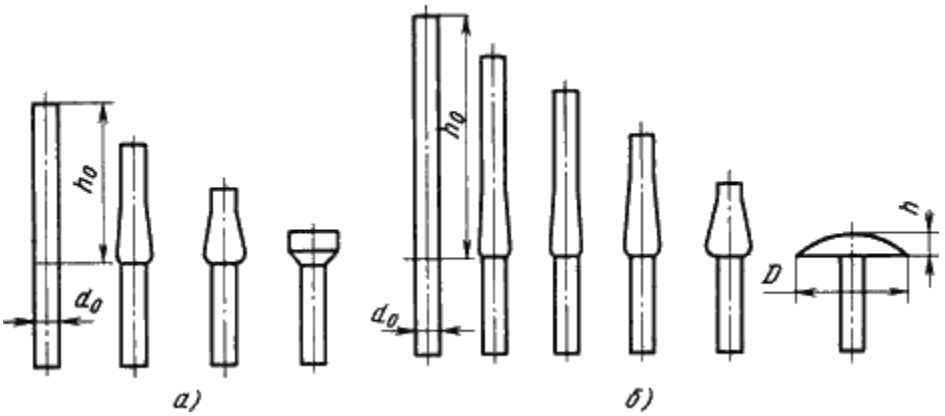


Рис.15.2. Последовательность переходов изготовления детали

Высадка осуществляется на прессах, горизонтально-ковочных машинах, автоматических линиях, оснащенных холодновысадочными пресс-автоматами.

Выдавливание – формообразование сплошных или полых изделий, благодаря пластическому течению металла из замкнутого объема через отверстия соответствующей формы.

Особенностью процесса является образование в очаге деформации схемы трехосного неравномерного сжатия, повышающего технологическую пластичность материала.

Различают прямое, обратное, боковое и комбинированное выдавливание (рис. 15.3).

При *прямом* выдавливании металл течет из матрицы *2* в направлении, совпадающем с направлением движения пуансона *1* (рис.15.3.а, 15.3.б). Этим способом можно получить детали типа стержня с утолщением, трубки с фланцем, стакана с фланцем.

При *обратном* выдавливании металл течет в направлении, противоположном направлению движения пуансона, в кольцевой зазор между пуансоном и матрицей для получения полых деталей с дном (рис. 15.3.в) или в полый пуансон для получения деталей типа стержня с фланцем (рис. 15.3.г).

При *боковом* выдавливании металл течет в боковые отверстия матрицы под углом к направлению движения пуансона (рис.15.3.ж). Таким образом, можно получить детали типа тройников, крестовин и т.п. Для обеспечения удаления заготовок из штампа матрицу выполняют состоящей из двух половинок с плоскостью разъема, проходящей через осевые линии исходной заготовки и получаемого отростка.

При *комбинированном* выдавливании металл течет по нескольким направлениям (рис.15.3.д, 15.3.е). Возможны сочетания различных схем.

Заготовки для выдавливания отрезают от прутков или вырубают из листа. Размер заготовок рассчитывают с учетом потерь на последующую обработку. Форма заготовки и ее размеры для полых деталей без фланца соответствуют наружным размерам детали; для деталей с фланцем – диаметру фланца; для деталей стержневого типа – размерам головки.

Выдавливание можно осуществлять и в горячем состоянии.

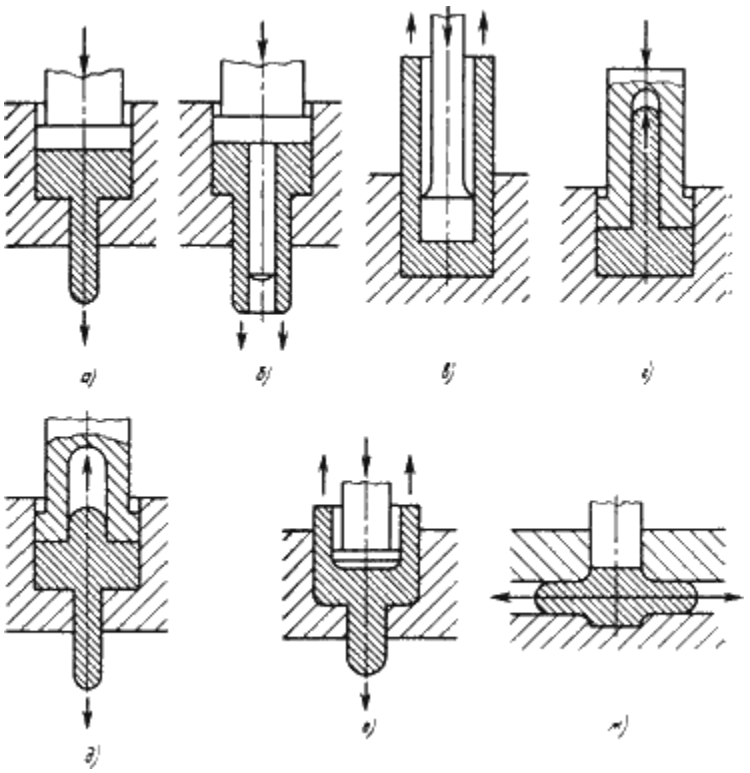


Рис. 15.3. Схемы выдавливания:
а,б – прямого; в, г – обратного; д, е – комбинированного; ж - бокового

Объемная формовка – формообразование изделий путем заполнения металлом полости штампа.

Схемы объемной формовки представлены на рис.15.4.

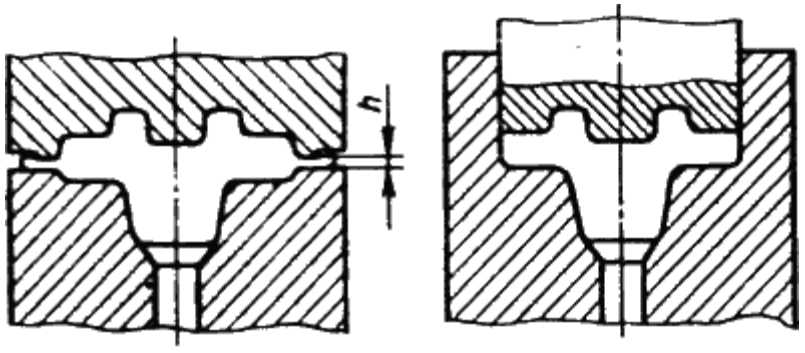


Рис.15.4. Схемы объемной формовки: а – в открытых штампах;
б – в закрытых штампах

Она производится в открытых штампах, где излишки металла вытекают в специальную полость для образования облоя (рис.15.4.а), и в закрытых штампах, где облой не образуется (рис.15.4.б). Формовку в закрытых штампах применяют реже из-за больших сложности и стоимости получения заготовок точного объема, необходимости использования более мощного оборудования и

меньшей стойкости штампов. В закрытых штампах получают в основном детали из цветных металлов.

Объемной формовкой изготавливают пространственные детали сложных форм, сплошные и с отверстиями. Холодная объемная формовка требует значительных удельных усилий вследствие высокого сопротивления металла деформированию в условиях холодной деформации и упрочнения металла в процессе деформации. Упрочнение сопровождается снижением пластичности металла. Для облегчения процесса деформирования оформление детали расчленяется на переходы, между которыми заготовку подвергают рекристаллизационному отжигу. Каждый переход осуществляют в специальном штампе, а между переходами обрезают облой для уменьшения усилия деформирования и повышения точности размеров деталей.

Заготовкой служит полоса или пруток, причем процесс штамповки может осуществляться непосредственно в полосе или прутке или из штучных заготовок.

В качестве оборудования используют прессы, однопозиционные и многопозиционные автоматы.

Чеканка – образование рельефных изображений на деформируемом материале.

Чеканка осуществляется в закрытых штампах на чеканочных фрикционных и гидравлических прессах.

При холодной штамповке коэффициент использования материала достигает 95 %. При холодном деформировании формируется благоприятная ориентированная волокнистая структура металла, что придает деталям высокую усталостную прочность при динамических нагрузках. Это позволяет получать конструкции с меньшими размерами и металлоемкостью, чем у конструкций, полученных обработкой резанием, не снижая при этом их надежность. Но для холодной объемной штамповки требуется дорогостоящий специальный инструмент, что делает целесообразным ее применение только в массовом и крупносерийном производствах.

Листовая штамповка

Листовая штамповка – один из видов холодной обработки давлением, при котором листовой материал деформируется в холодном или подогретом состоянии.

Листовой штамповкой изготавливаются разнообразные плоские и пространственные детали – от мелких, массой от долей грамма и размерами в доли миллиметра (секундная стрелка часов), до средних (металлическая посуда, крышки, кронштейны) и крупных (облицовочные детали автомобилей).

Толщина заготовки при листовой штамповке обычно не более 10 мм, но иногда может превышать 20 мм, в этом случае штамповка осуществляется с предварительным подогревом до ковочных температур.

При листовой штамповке используют: низкоуглеродистые стали, пластичные легированные стали, цветные металлы и сплавы на их основе, драгоценные металлы, а также неметаллические материалы: органическое стекло, фетр, целлулоид, текстолит, войлок и др.

Листовую штамповку широко применяют в различных отраслях промышленности, особенно, автомобилестроении, ракетостроении, самолетостроении, приборостроении, электротехнической промышленности.

Основные преимущества листовой штамповки:

- возможность изготовления прочных легких и жестких тонкостенных деталей простой и сложной формы, получить которые другими способами невозможно или затруднительно;
- высокие точность размеров и качество поверхности, позволяющие до минимума сократить механическую обработку;
- сравнительная простота механизации и автоматизации процессов штамповки, обеспечивающая высокую производительность (30 000…40 000 деталей в смену с одной машины);
- хорошая приспособляемость к масштабам производства, при которой листовая штамповка может быть экономически выгодна и в массовом, и в мелкосерийном производствах.

Холодная листовая штамповка заключается в выполнении в определенной последовательности разделительных и формоизменяющих операций, посредством которых исходным заготовкам придают форму и размеры детали.

Операцией листовой штамповки называется процесс пластической деформации, обеспечивающий характерное изменение формы определенного участка заготовки.

Различают *разделительные* операции, в которых этап пластического деформирования обязательно завершается разрушением, и *формообразующие* операции, в которых заготовка не должна разрушаться в процессе деформирования. При проектировании технологического процесса изготовления деталей листовой штамповкой основной задачей является выбор наиболее рациональных операций и последовательности их применения, позволяющих получить детали с заданными эксплуатационными свойствами при минимальной себестоимости и хороших условиях труда.

Все операции выполняются при помощи специальных инструментов – штампов, которые имеют различные конструкции в зависимости от назначения. Штампы состоят из рабочих элементов – матрицы и пуансона, и вспомогательных частей – прижимов, направляющих, ограничителей и т.д. Пуансон вдавливается в деформируемый металл или охватывается им, а матрица охватывает изменяющую форму заготовку и пуансон.

Операции листовой штамповки

Разделительные операции предназначены или для получения заготовки из листа или ленты, или для отделения одной части заготовки от другой. Операции могут выполняться по замкнутому или по незамкнутому контуру.

Отделение одной части заготовки от другой осуществляется относительным смещением этих частей в направлении, перпендикулярном к плоскости заготовки. Это смещение вначале характеризуется пластическим деформированием, а завершается разрушением.

Отрезка – отделение части заготовки по незамкнутому контуру на специальных машинах – ножницах или в штампах.

Обычно ее применяют как заготовительную операции для разделения листов на полосы и заготовки нужных размеров.

Основные типы ножниц представлены на рис. 15.5.

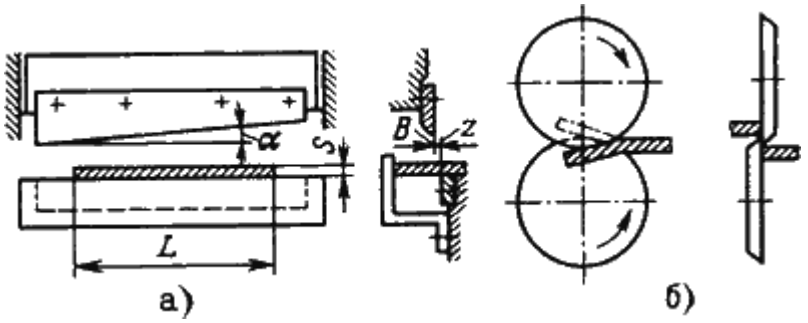


Рис. 15.5. Схемы действия ножниц: а – гильотинных; б – дисковых

Ножницы с поступательным движением режущих кромок ножа могут быть с параллельными ножами, для резки узких полос, с одним наклонным ножом – гильотинные (рис.15.5.а). Режущие кромки в гильотинных ножницах наклонены друг к другу под углом $1…5^0$ для уменьшения усилия резания. Лист подают до упора, определяющего ширину отрезаемой полосы *B*. Длина отрезаемой полосы L не должна превышать длины ножей.

Ножницы с вращательным движением режущих кромок – дисковые (рис.15.5.б). Длина отрезаемой заготовки не ограничена инструментом. Вращение дисковых ножей обеспечивает не только разделение, но и подачу заготовки под действием сил трения. Режущие кромки ножей заходят одна за другую, это обеспечивает прямолинейность линии отрезки. Для обеспечения захвата и подачи заготовки диаметр ножей должен быть в 30…70 раз больше толщины заготовки, увеличиваясь с уменьшением коэффициента трения.

Вырубка и *пробивка* – отделение металла по замкнутому контуру в штампе.

При вырубке и пробивке характер деформирования заготовки одинаков. Эти операции отличаются только назначением. Вырубкой оформляют наружный контур детали, а пробивкой – внутренний контур (изготовление отверстий).

Вырубку и пробивку осуществляют металлическими пуансоном и матрицей. Пуансон вдавливает часть заготовки в отверстие матрицы. Схема процессов вырубки и пробивки представлена на рис. 15.6.

Основным технологическим параметром операций является радиальный зазор между пуансоном и матрицей z. Зазор z назначают в зависимости от толщины и (S) механических свойств заготовки, он приближенно составляет $(0.05...0.1)S$. При вырубке размеры отверстия матрицы равны размерам изделия, а размеры пуансона на z меньше их. При пробивке размер пуансона равен размерам отверстия, а размеры матрицы на z больше их.

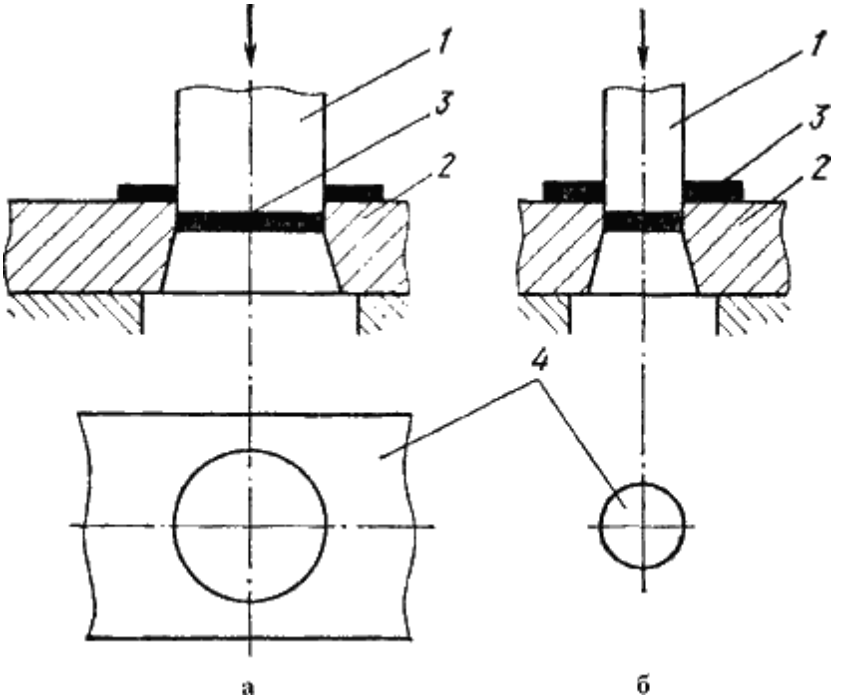


Рис. 15.6. Схема процессов вырубки (а) и пробивки (б)
1 – пуансон, 2 – матрица, 3 – изделие, 4 – отход

Уменьшение усилия резания достигается выполнением скоса на матрице при вырубке, на пуансоне – при пробивке.

При штамповке мало- и среднегабаритных деталей из одной листовой заготовки вырубают несколько плоских заготовок для штамповки. Между смежными контурами вырубаемых заготовок оставляют перемычки шириной, примерно равной толщине заготовки. В отдельных случаях смежные заготовки вырубают без перемычек (экономия металла при ухудшении качества среза и снижении стойкости инструмента).

Расположение контуров смежных вырубаемых заготовок на листовом материале называется раскроем. Часть заготовки, оставшаяся после вырубки – высечкой.

Высечка составляет основной отход при листовой штамповке. Тип раскроя следует выбирать из условия уменьшения отхода металла в высечку (рис. 15.7).

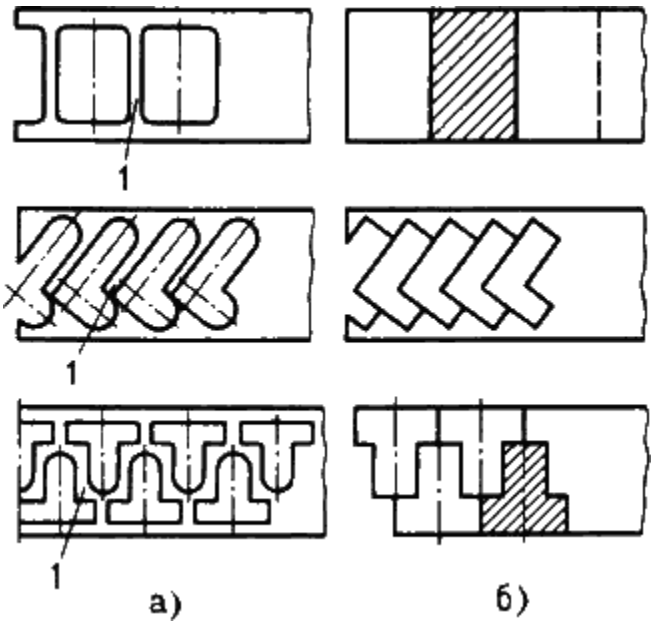


Рис.15.7. Примеры раскроя материала с перемычками (а) и без перемычек (б)

Экономия металла может быть получена: уменьшением расхода металла на перемычки, применением безотходного и малоотходного раскроя, повышением точности расчета размеров заготовки и уменьшением припусков на обрезку.

ЛЕКЦИЯ 16 Холодная штамповка (продолжение)

Формообразующие операции листовой штамповки

При формообразующих операциях стремятся получить заданную величину деформации, чтобы заготовка приобрела требуемую форму.

Основные формообразующие операции: гибка, вытяжка, отбортовка, обжим, раздача, рельефная формовка. Схемы формообразующих операций представлены на рис. 16.1.

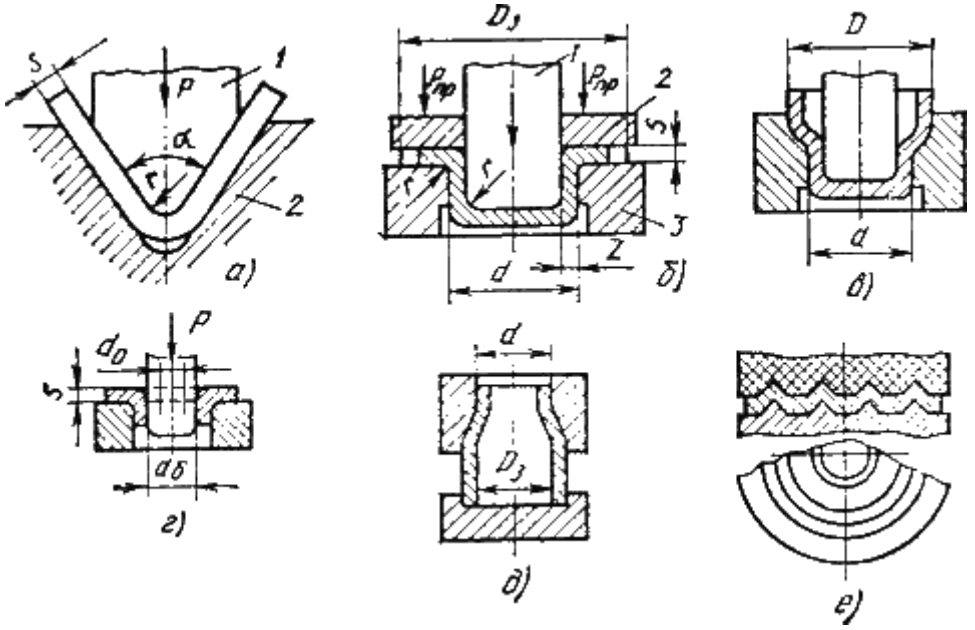


Рис. 16.1. Формообразующие операции листовой штамповки

Гибка – образование угла между частями заготовки или придание заготовке криволинейной формы.

При гибке пластически деформируется только участок заготовки в зоне контакта с пуансоном *1* (рис. 16.1.а): наружные слои заготовки растягиваются, а внутренние – сжимаются. Деформация растяжения наружных слоев и сжатия внутренних увеличивается с уменьшением радиуса скругления рабочего торца пуансона, при этом возрастает вероятность образования трещин. Поэтому минимальный радиус пуансона ограничивается величиной в пределах 0.1…2,0 от толщины заготовки, в зависимости от механических свойств материала.

При снятии нагрузки растянутые слои заготовки упруго сжимаются, а сжатые – растягиваются, что приводит к изменению угла гибки α, т.е. к пружинению детали. Это следует учитывать или уменьшением угла инструмента на величину пружинения, или применением в конце рабочего хода дополнительного усилия.

Гибку производят в штампах, а также вращающимися фигурными роликами, играющими роль матрицы, на профилегибочных станах.

Вытяжка – образование полого изделия из плоской или полой заготовки (рис.16.1.б).

Вырубленную заготовку диаметром $D_з$ и толщиной S укладывают на плоскость матрицы *3*. Пуансон *1* надавливает на заготовку и она, смещаясь в отверстие матрицы, образует стенки вытянутой детали диаметром d

Формоизменение при вытяжке оценивают коэффициентом вытяжки $k_в = \frac{D_з}{d}$, который в зависимости от механических характеристик металла и условий вытяжки не должен превышать 2,1.

При $D_з - d > (18...20)S$, возможны потеря устойчивости фланца и образование складок при вытяжке. Их предотвращают прижимом *2* фланца заготовки к матрице с определенным усилием $P_{Пр.}$.

Высокие детали малого диаметра получают за несколько операций вытяжки с постепенным уменьшением диаметра D полуфабриката и увеличением его высоты (рис. 16.1.в). При последующих переходах для предотвращения разрушения металла принимают

$$k_B = \frac{D}{d} = 1.2...1.4$$

Промежуточный отжиг для устранения наклепа позволяет увеличить k_B до 1,4…1,6.

Опасность разрушения заготовок устраняют применением смазочных материалов для уменьшения сил трения между поверхностями заготовок и инструмента.

При вытяжке зазор между матрицей и пуансоном составляет $(1...1.3)S$.

Отбортовка – получение борта диаметром $d_б$ путем вдавливания центральной части заготовки с предварительно пробитым отверстием d_oв матрицу (рис.16.1.г).

Формоизменение оценивают коэффициентом отбортовки

$$k_П = \frac{d_б}{d_0} < 1.8,$$

который зависит от механических характеристик металла заготовки и ее относительной толщины $\frac{S}{d_-}$. Большее увеличение диаметра можно получить, если заготовку отжечь перед отбортовкой или изготовить отверстие резанием, создающим меньшее упрочнение у края отверстия.

Отбортовку применяют для изготовления кольцевых деталей с фланцами и для образования уступов в деталях для нарезания резьбы, сварки, а также для увеличения жесткости конструкции при малой массе.

Выделяется отбортовка наружного контура – образование невысоких бортов по наружному криволинейному краю заготовки.

Обжим – уменьшение периметра поперечного сечения концевой части полой заготовки.

Производится заталкиванием заготовки в сужающуюся полость матрицы (рис. 16.1.д). За один переход можно получить $d = (0.7...0.8)D_з$. Для большего формоизменения выполняют несколько последовательных операций обжима.

Раздача – увеличение периметра поперечного сечения концевой части полой заготовки коническим пуансоном; это операция противоположная обжиму.

Рельефная формовка – местное деформирование заготовки с целью образования рельефа в результате уменьшения толщины заготовки (рис. 16.1.е).

Формовкой получают конструкционные выступы и впадины, ребра жесткости, лабиринтные уплотнения.

Штампы для листовой штамповки делятся по технологическому признаку в зависимости от выполняемой операции: вырубные, гибочные, вытяжные и т.д. В зависимости от числа выполняемых операций различают одно- и многооперационные штампы. Многооперационные штампы бывают последовательного действия, в которых операции выполняются последовательно при перемещении заготовки по нескольким рабочим позициям штампа, и совмещенного действия, в которых операции выполняются на одной позиции, например, одновременно вырубка и пробивка, вырубка и вытяжка и т.д.

В настоящее время применяют специальные конструкции штампов, в которых металлические пуансоны или матрицы отсутствуют, и давление на материал осуществляется при помощи резины, жидкости или сжатого воздуха (рис.16.2). При этом резина или жидкость легко удаляются из штампованной детали, а матрица должна быть разъемной.

При изготовлении небольших по глубине изделий пуансон заменяет резиновая подушка (рис.16.2.а). С помощью резины можно осуществлять все операции: вырубку, гибку, вытяжку, формовку. Матрица *3* крепится к столу, а резиновая подушка, помещенная в стальную обойму *1*, крепится к ходовой части пресса (толщина заготовки *2* – до 1,5 мм).

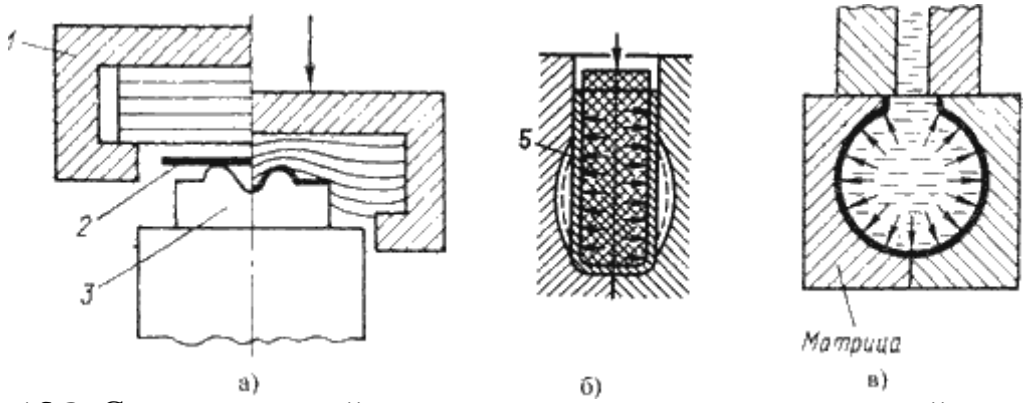


Рис. 16.2. Схемы листовой штамповки при помощи эластичной среды и жидкости

Резиновые пуансоны цилиндрической формы применяются при вытяжке изделий сложной формы, при необходимости увеличения диаметральных размеров средней части цилиндрических полуфабрикатов (рис.16.2.б).

При гидравлической вытяжке (рис.16.2.в) полые детали цилиндрической, конической, сферической или другой формы получают надавливанием на заготовку жидкостью или жидкостью, заключенной в эластичную оболочку.

Высокоскоростные методы штамповки

Особенностью таких методов является высокая скорость деформирования в соответствии с высокими скоростями преобразования энергии. Кратковременное приложение больших усилий разгоняет заготовку до скоростей 150 м/с. Последующее ее деформирование происходит за счет накопленной в период

разгона кинетической энергии. Основными разновидностями высокоскоростной листовой штамповки являются: штамповка взрывом, электрогидравлическая и электромагнитная штамповка (рис.16.3).

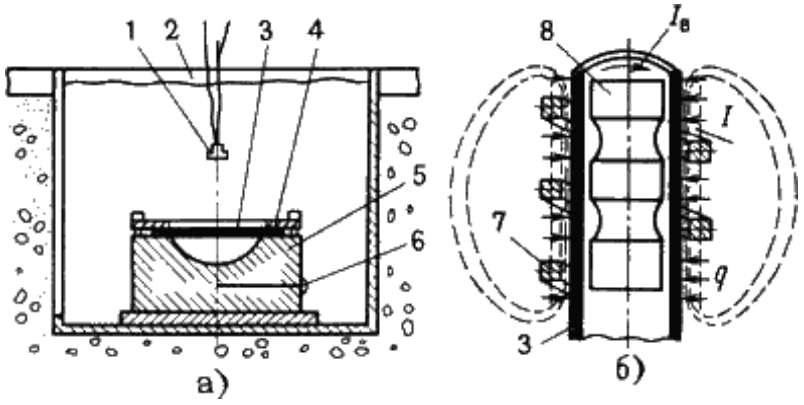


Рис. 16.3. а- электрогидравлическая, б – электромагнитная штамповка

Штамповка взрывом осуществляется в бассейнах, наполненных водой (рис.16.3.а). Заготовку *3*, зажатую между матрицей *5* и прижимом *4* опускают в бассейн с водой *2*. Полость матрицы под заготовкой вакуумируется при помощи вакуумной линии *6*. Заряд с детонатором *1* подвешивают в воде над заготовкой. Взрыв образует волну высокого давления, которая, достигая заготовки, вызывает ее разгон. Процесс штамповки длится тысячные доли секунды, а скорости перемещения заготовки соизмеримы со скоростями распространения пластических деформаций в металле. При штамповке взрывом не требуется дорогостоящего прессового оборудования, конструкция штампа крайне проста.

Электрогидравлическую штамповку также осуществляют в бассейне с водой. Ударная волна, разгоняющая заготовку, возникает при кратковременном электрическом разряде в жидкости. Мощный искровой разряд подобен взрыву. В результате разряда в жидкости возникает ударная волна, которая, дойдя до заготовки, оказывает на нее сильное воздействие и деформирует ее по матрице.

При э*лектромагнитной штамповке* (рис.16.3. б) электрическая энергия преобразуется в механическую за счет импульсного разряда батареи конденсаторов через соленоид *7*, вокруг которого при этом возникает мгновенное магнитное поле высокой мощности, наводящее вихревые токи в трубчатой токопроводящей заготовке *3*. Взаимодействие магнитных полей вихревых токов $I_в$ с магнитным полем индуктора создает механические силы q, деформирующие заготовку. Для электромагнитной штамповки трубчатых и плоских заготовок созданы установки, на которых можно проводить обжим, раздачу, формовку иоперации получения неразъемных соединения деталей.

Формообразование заготовок из порошковых материалов

Заготовки из порошковых материалов получают прессованием (холодным, горячим), изостатическим формованием, прокаткой и другими способами.

При *холодном прессовании* в пресс-форму (рис.16.4.а) засыпают определенное количество подготовленного порошка *3* и прессуют пуансоном *1*.

В процессе прессования увеличивается контакт между частицами, уменьшается пористость, деформируются или разрушаются отдельные частицы. Прочность получаемой заготовки достигается благодаря силам механического сцепления частиц порошка электростатическими силами притяжения и трения. С увеличением давления прессования прочность заготовки возрастает. Давление распределяется неравномерно по высоте прессуемой заготовки из-за влияния сил трения порошка о стенки пресс-формы, вследствие чего заготовки получаются с различной прочностью и пористостью по высоте. В зависимости от размеров и сложности прессуемых заготовок применяют одно- и двустороннее прессование.

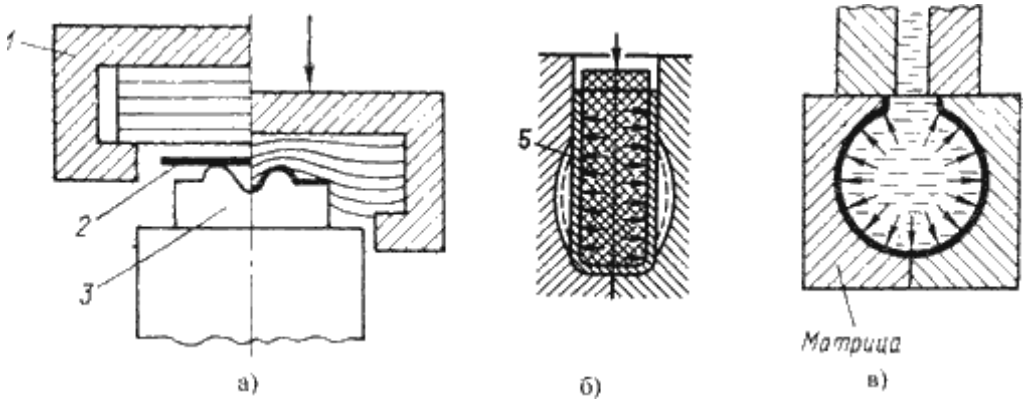


Рис.16.4. Схема холодного прессования: а – одностороннего; б – двустороннего

Односторонним прессованием получают заготовки простой формы с отношением высоты к диаметру, меньшим единицы, и заготовки втулок с отношением наружного диаметра к толщине стенки, меньшим трех.

Двустороннее прессование (рис.16.4.б) применяют для формообразования заготовок сложной формы. После заполнения пресс-формы порошком к верхнему пуансону с помощью гидропресса прикладывают давление для предварительного прессования. Затем гидропривод выключают и удаляют подкладку *4*. В дальнейшем в процессе прессования участвуют оба пуансона. В этом случае требуемое давление для получения равномерной плотности снижается на 30…40 %. Использование вибрационного прессования позволяет в десятки раз уменьшить требуемое давление.

В процессе прессования частицы порошка подвергаются упругому и пластическому деформированию. После извлечения заготовки из пресс-формы ее размеры увеличиваются в результате упругого последействия.

При *горячем прессовании* технологически совмещаются прессование и спекание заготовки. Температура горячего прессования составляет обычно 0,6…0,8 температуры плавления порошка. Благодаря нагреву уплотнение протекает гораздо интенсивнее, чем при холодном прессовании. Это позволяет значительно уменьшить необходимое давление. Горячим прессованием полу-

чают материалы, характеризующиеся высокой прочностью и однородностью структуры. Этот способ применяют для таких плохо прессуемых композиций, как тугоплавкие металлоподобные соединения (карбиды, бориды, силициды).

Изостатическое (всестороннее) формование применяют для получения крупногабаритных заготовок с массой до 500 кг и более. Отсутствие потерь на внешнее трение и равномерность давления со всех сторон дают возможность получать необходимую плотность заготовок при давлениях, значительно меньших, чем при прессовании в закрытых пресс-формах.

При гидростатическом формовании (рис.16.5) на порошок *3*, заключенный в эластичную оболочку *2*, передается давление с помощью жидкости, находящейся в сосуде высокого давления *1*. В качестве рабочей жидкости используют масло, глицерин, воду и т.д.

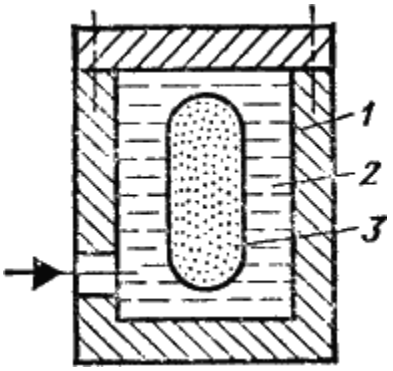


Рис.16.5. Схема гидростатического формования

Прокатка – наиболее производительный и перспективный способ переработки порошковых материалов. Характерной особенностью является высокая степень автоматизации и непрерывность прокатки. Схема прокатки представлена на рис.16.6.

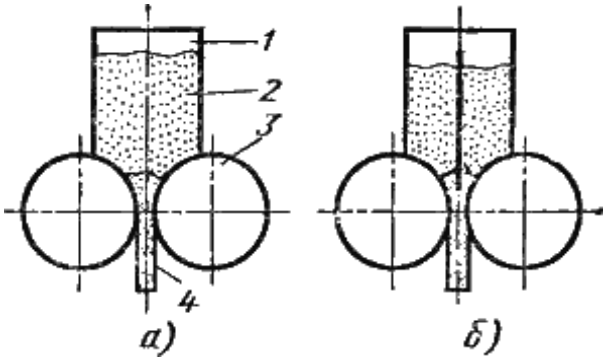


Рис.16.6. Схема прокатки порошков

Порошок непрерывно поступает из бункера *1* в зазор между валками. При вращении валков *3* происходит обжатие и вытяжка порошка *2* в ленту или полосу *4* определенной толщины. Прокатка может быть совмещена со спеканием и окончательной обработкой получаемых заготовок. В этом случае лента проходит через печь для спекания, а затем снова подвергается прокатке для получения листов заданных размеров. Применяя бункеры с перегородкой (рис.

16.6.б) изготавливают ленты из разных материалов (двухслойные). Применение валков определенной формы позволяет получать валки различного профиля, в том числе и проволоку.

ЛЕКЦИЯ 17. Сварочное производство. Сварка плавлением

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями при их нагреве и пластическом деформировании.

Сварные соединения можно получать двумя принципиально разными путями: сваркой плавлением и сваркой давлением.

При *сварке плавлением* атомно-молекулярные связи между деталями создают, оплавляя их примыкающие кромки, так, чтобы получилась смачивающая их, общая ванна. Эта ванна затвердевает при охлаждении и соединяет детали в одно целое. Как правило, в жидкую ванну вводят дополнительный металл, чтобы полностью заполнить зазор между деталями, но возможна сварка и без него.

При *сварке давлением* обязательным является совместная пластическая деформация деталей сжатием зоны соединения. Этим обеспечивается очистка свариваемых поверхностей от пленок загрязнений, изменение их рельефа и образование атомно-молекулярных связей. Пластической деформации обычно предшествует нагрев, так как с ростом температуры уменьшается значение деформации, необходимой для сварки и повышается пластичность металла.

Нагрев свариваемых деталей осуществляется разными способами: электрической дугой, газокислородным пламенем, пропусканием тока, лазером и т.д. По-разному обеспечиваются защита зоны сварки от воздействия воздуха и ее принудительная деформация.

Существует множество технологических процессов сварки (более 70).

Сварка является наиболее важным способом получения неразъемных соединений из различных материалов, свариваются металлы и сплавы, керамика, стекло, пластмассы, разнородные материалы. Сварка применяется во всех областях техники.

Сварка плавлением. Дуговая сварка

Источником теплоты является электрическая дуга, которая горит между электродом и заготовкой.

Сварочной дугой называется мощный электрический разряд между электродами, находящимися в среде ионизированных газов и паров.

В зависимости от материала и числа электродов, а также способа включения электродов и заготовки в цепь электрического тока различают следующие разновидности дуговой сварки (рис. 17.1):

- сварка неплавящимся (графитовым или вольфрамовым) электродом *1* дугой прямого действия *2* (рис. 17.1.а), при которой соединение выполняется

путем расплавления только основного металла *3*, либо с применением присадочного металла *4;*

- сварка плавящимся электродом (металлическим) *1* дугой прямого действия с одновременным расплавлением основного металла и электрода, который пополняет сварочную ванну жидким металлом (рис. 17.1.б);
- сварка косвенной дугой *5*, горящей между двумя, как правило, неплавящимися электродами, при этом основной металл нагревается и расплавляется теплотой столба дуги (рис. 17.1.в);
- сварка трехфазной дугой, при которой дуга горит между каждым электродом и основным металлом (рис. 17.1.г).

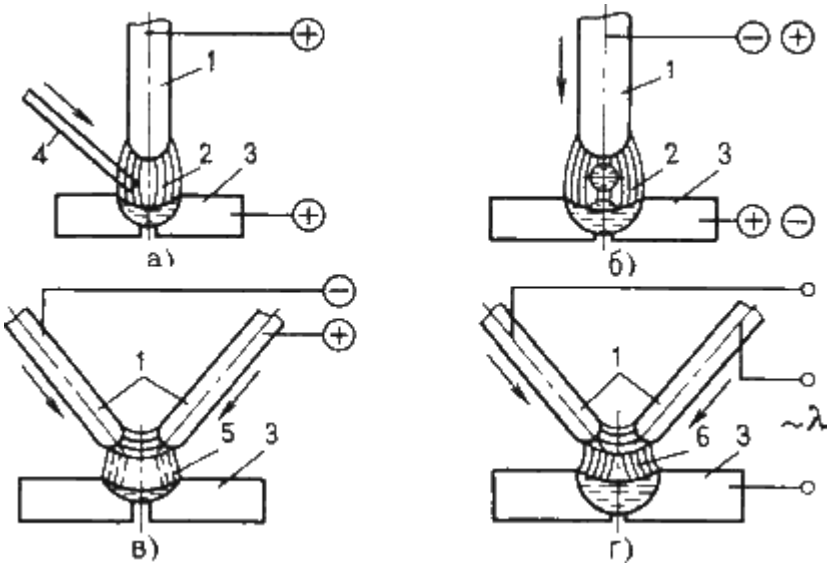


Рис. 17.1. Схемы дуговой сварки

Разновидности дуговой сварки различают по способу защиты дуги и расплавленного металла и степени механизации процесса.

Ручная дуговая сварка.

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые подают вручную в дугу и перемещают вдоль заготовки. В процессе сварки металлическим покрытым электродом (рис.17.2) дуга *8* горит между стержнем *7* электрода и основным металлом *1*.

Стержень электрода плавится, и расплавленный металл каплями стекает в сварочную ванну *9*. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода *6,* образуя защитную газовую атмосферу *5* вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну *4* на поверхности расплавленного металла. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и формируется сварной шов *3*. Жидкий шлак образует твердую шлаковую корку *2*.

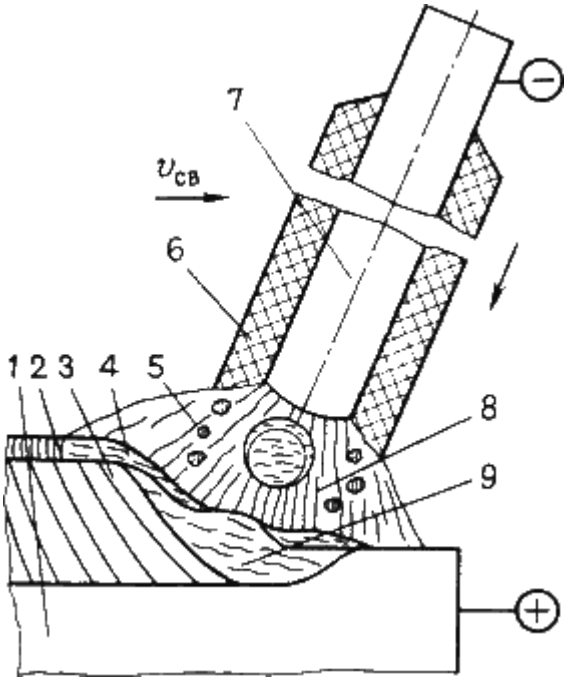


Рис. 17.2. Схема процесса сварки металлическим покрытым электродом

Ручная сварка позволяет выполнять швы в любых пространственных положениях: нижнем, вертикальном, горизонтальном, вертикальном, потолочном. Ручная сварка удобна при выполнении коротких криволинейных швов в любых пространственных положениях, при выполнении швов в труднодоступных местах, а также при монтажных работах и сборке конструкций сложной формы.

Оборудование для ручной сварки: источник питания дуги, электрододержатель, гибкие провода, защитная маска или щиток.

Автоматическая дуговая сварка под флюсом.

Для сварки используют непокрытую электродную проволоку и флюс для защиты дуги и сварочной ванны от воздуха.

Схема автоматической дуговой сварки под флюсом представлена на рис. 17.3.

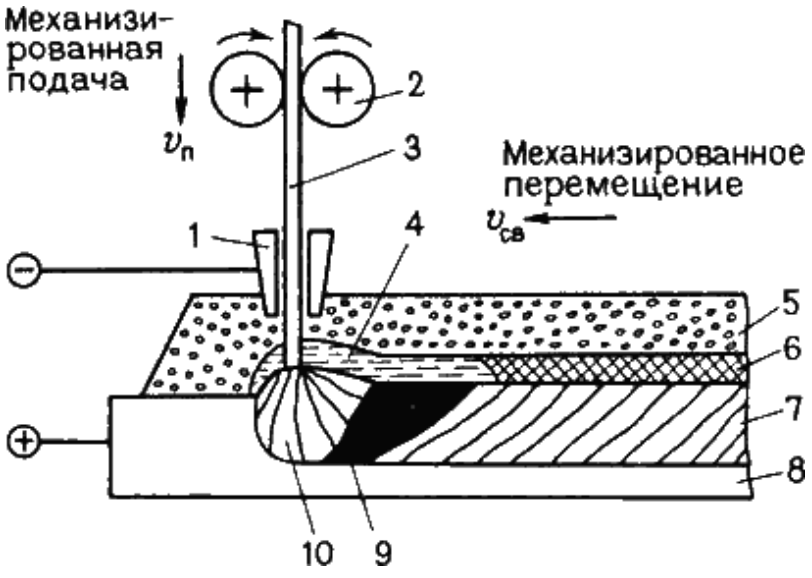


Рис.17.3. Схема автоматической дуговой сварки под флюсом

Подача и перемещение электродной проволоки механизированы. Автоматизированы процессы зажигания дуги и заварки кратера в конце шва. Дуга *10* горит между проволокой *3* и основным металлом *8*. Столб дуги и металлическая ванна жидкого металла *9* со всех сторон плотно закрыты слоем флюса *5* толщиной 30…50 мм. Часть флюса плавится и образуется жидкий шлак *4,* защищающий жидкий металл от воздуха. Качество защиты лучше, чем при ручной дуговой сварке. По мере поступательного движения электрода металлическая и шлаковая ванны затвердевают с образованием сварного шва *7*, покрытого твердой шлаковой коркой *6*. Проволоку подают в дугу с помощью механизма подачи *2*. Ток к электроду подводят через токопровод *1*.

Для сварки под флюсом характерно глубокое проплавление основного металла.

Преимущества автоматической сварки под флюсом по сравнению с ручной: повышение производительности процесса сварки в 5…20 раз, повышение качества сварных соединений и уменьшение себестоимости 1 м сварного шва.

Флюсы. Применяемые флюсы различают по назначению.

Флюсы для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей предназначены для раскисления шва и легирования его марганцем и кремнием. Для этого применяют высококремнистые марганцевые флюсы, которые получают путем сплавления марганцевой руды, кремнезема и плавикового шпата в электропечах.

Флюсы для сварки легированных и высоколегированных сталей должны обеспечивать минимальное окисление легирующих элементов в шве. Для этого применяют керамические низкокремнистые, безкремнистые и фторидные флюсы, которые изготавливают из порошкообразных компонентов путем замеса их на жидком стекле, гранулирования и последующего прокаливания. Основу керамических флюсов составляют мрамор, плавиковый шпат и хлориды щелочноземельных металлов.

Дуговая сварка в защитных газах.

При сварке в защитном газе электрод, зона дуги и сварочная ванна защищены струей защитного газа (инертного – аргон, гелий; активного – углекислый газ, азот, водород).

Сварку в инертных газах можно выполнять неплавящимся и плавящимся электродами.

В качестве неплавящегося электрода применяется пруток вольфрама, а в качестве плавящегося – проволока из основного металла или близкого ему по химическому составу. Область применения аргонодуговой сварки охватывает широкий круг материалов и изделий (узлы летательных аппаратов, элементы атомных установок, корпуса и трубопроводы химических аппаратов). Аргонодуговую сварку применяют для легированных и высоколегированных сталей, цветных (алюминия, магния, меди) и тугоплавких (титана, ниобия, ванадия, циркония) металлов и их сплавов.

Сварка в углекислом газе выполняется только плавящимся электродом. Защита сварочной ванны осуществляется углекислым газом. Углекислый газ химически активен по отношению к жидкому металлу. При нагреве он диссоциирует на оксид углерода и кислород, который окисляет железо и легирующие элементы. Окисляющее действие кислорода нейтрализуется введением в проволоку дополнительного количества раскислителей. Для сварки углеродистых и низколегированных сталей применяют сварочную проволоку с повышенным содержанием кремния и марганца. Хорошее качество сварного шва получается при использовании специальной порошковой проволоки.

Обычно свариваются конструкции из углеродистых и низколегированных сталей (газо- и нефтепроводы, корпуса судов и т.п.). При сварке меди, алюминия, титана и редких металлов невозможно связать свободный кислород введением раскислителей.

Преимуществами данного способа являются низкая стоимость углекислого газа и высокая производительность.

Основной недостаток – разбрызгивание металла (на зачистку расходуется 30…40% времени сварки).

Плазменная сварка

Плазменная струя, применяемая для сварки, представляет собой направленный поток частиц или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000…20000^{0}С. Плазму получают в плазменных горелках, пропуская газ через столб сжатой дуги. В качестве плазмообразующих газов применяют азот, аргон, водород, гелий, воздух и их смеси.

Применяют два основных плазменных источника нагрева: *плазменную струю*, выделенную из столба косвенной дуги и *плазменную дугу*, в которых дуга прямого действия совмещена с плазменной струей.

Плазменная струя представляет собой независимый источник теплоты, позволяющий в широких пределах изменять степень нагрева и глубину проплавления поверхности заготовок. Тепловая мощность плазменной струи ограничена, и ее применяют для сварки и резки тонких металлических листов и неэлектропроводящих материалов, для напыления тугоплавки материалов.

Плазменная дуга обладает большой тепловой мощностью, имеет более широкое применение: для сварки высоколегированной стали, сплавов титана, никеля, молибдена, вольфрама. Плазменную дугу применяют для резки материалов (меди, алюминия), наплавки тугоплавких материалов на поверхность.

Плазменной дугой можно сваривать металл толщиной до 10 мм без разделки кромок и применения присадочного материала. Так как плазменная дуга обладает высокой стабильностью, то обеспечивается повышенное качество сварных швов. Это позволяет выполнять микроплазменную сварку металла толщиной 0,025…0,8 мм.

Недостаток плазменной сварки – недолговечность горелок.

Электрошлаковая сварка.

Сущность процесса заключается в том, что тепловую энергию, необходимую для расплавления основного и присадочного металла, дает теплота, выделяемая в объеме шлаковой ванны при прохождении через нее тока (рис. 17.4).

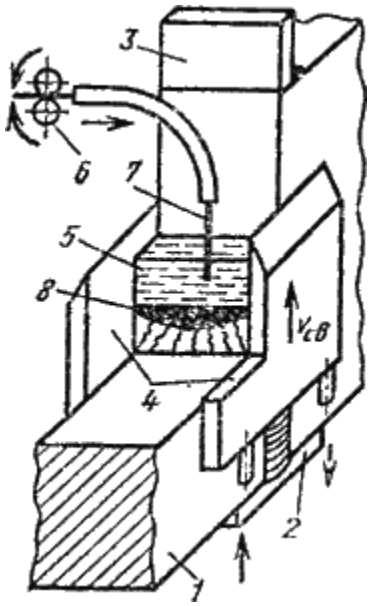


Рис.17.4. Схема электрошлаковой сварки

Свариваемые заготовки *1* устанавливают в вертикальном положении. В замкнутое пространство между водоохлаждаемыми медными ползунами *4* и вертикально установленными кромками изделий засыпают флюс и подают электродную проволоку *7* при помощи специального механизма подачи *6*.

В начале процесса возбуждают дугу, флюс плавится и образуется электропроводный шлак *5*. Шлак шунтирует дугу, она гаснет, выходная цепь источника питания замыкается через шлак. Ток, проходя через шлак, разогревает его, это приводит к раславлению кромок основного металла и электрода. Расплав стекает вниз и образует сварочную ванну *8*, выжимая шлак вверх, и затвердевает.

В начальном и конечном участках шва образуются дефекты: в начале шва – непровар кромок, в конце шва – усадочная раковина и неметаллические включения. Поэтому сварку начинают и заканчивают на специальных планках *2* и *3*, которые затем удаляют газовой резкой.

Преимущества: возможна сварка металла любой толщины (с 16 мм). Заготовки с толщиной до 150 мм можно сваривать одним электродом, совершающим поперечное колебание в плоскости стыка, при толщине более 150 мм используются нескольких проволок. Есть опыт сварки толщиной до 2 м.

Недостаток способа – образование крупного зерна в шве и околошовной зоне вследствие замедленного нагрева и охлаждения. Необходимо проведение термической обработки: нормализации или отжига для измельчения зерна.

Электрошлаковую сварку широко применяют в тяжелом машиностроении для изготовления ковано-сварных и лито-сварных конструкций; станины и детали мощных прессов и станков, коленчатые валы судовых дизелей, роторы и валы гидротурбин, котлы высокого давления и т.п.

Лучевые способы сварки

Электронно-лучевая сварка.

Сущность процесса состоит в том, что свариваемые детали, собранные без зазора, помещают в вакуумную камеру и подают на них электродный луч – пучок электронов, движущихся с большой скоростью. При соударении с изделием электроны тормозятся, их кинетическая энергия переходит в тепловую энергию и расплавляет металл. Температура в месте соударения достигает 5000…6000 ^{0}С. Перемещая электронный луч вдоль стыка, получают сварной шов.

Схема установка для электронно-лучевой сварки представлена на рис. 17.5.

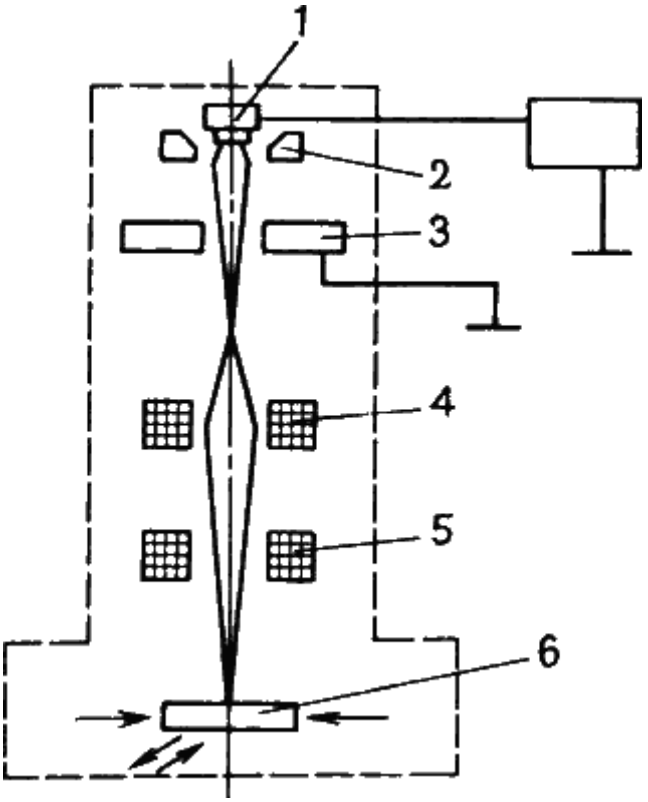


Рис.17.5. Схема установки для электронно-дуговой сварки

Электроны, испускаемые катодом *1* электронной пушки, формируются в пучок электродом *2*, расположенным непосредственно за катодом, ускоряются под действием разности потенциалов между катодом и анодом *3*, составляющей 20…150 кВ и выше, затем фокусируются в виде луча и направляются специальной отклоняющей магнитной системой *5* на обрабатываемое изделие *6*. На формирующий электрод 2 подается отрицательный или нулевой по отношению

к катоду потенциал. Фокусировкой достигается высокая удельная мощность луча. Ток электронного луча невелик – от нескольких миллиампер до единиц ампер.

Процессу электронно-лучевой сварки присущи две характерные особенности:

- сварка протекает в вакууме, обеспечивается получение зеркально чистой поверхности и дегазация расплавленного металла;
- интенсивность нагрева очень велика, что обеспечивает быстрое плавление и затвердевание металла. Шов получается мелкозернистый с высокими механическими свойствами, с минимальной шириной, что позволяет сваривать сплавы, чувствительные к нагреву.

Электронно-лучевой сваркой изготовляют детали из тугоплавких, химически активных металлов и их сплавов (вольфрамовых, танталовых, молибденовых, ниобиевых, циркониевых), а также алюминиевых и титановых сплавов и высоколегированных сталей. Металлы и сплавы можно сваривать в однородных и разнородных сочетаниях, со значительной разностью толщин, температур плавления. Минимальная толщина свариваемых заготовок составляет 0,02 мм, максимальная – до 100 мм.

Лазерная сварка.

Лазерная сварка – способ сварки плавлением, при которых металл нагревают излучением лазера.

Лазерный луч представляет собой вынужденное монохроматическое излучение, длина волны которого зависит от природы рабочего тела лазера-излучателя. Оно возникает в результате вынужденных скачкообразных переходов возбужденных атомов рабочих тел на более низкие энергетические уровни.

Основными параметрами режимов лазерной обработки являются мощность излучения, диаметр пятна фокусировки, скорость перемещения обрабатываемого материала относительно луча.

Преимуществом лазерной сварки является быстрый точечный нагрев металла до плавления. Интенсивный сосредоточенный нагрев обуславливает и чрезвычайно большую скорость охлаждения после прекращения воздействия луча. Это позволяет свести к минимуму ширину околошовной зоны, сварочные напряжения и деформации.

Механизм процессов при лазерной сварке схож с электронно-лучевой сваркой, но не обязательно вакуумировать изделие.

Лазером сваривают преимущественно толщины до 1 мм, так как коэффициент полезного действия преобразования энергии в лазерное излучение довольно низкий.

Газовая сварка

При газовой сварке заготовки *1* и присадочный материал *2* в виде прутка или проволоки расплавляют высокотемпературным пламенем *4* газовой горелки *3* (рис. 17.6).

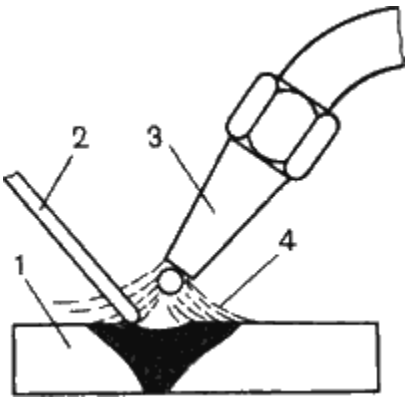


Рис. 17.6. Схема газовой сварки

Газовое пламя получают при сгорании горючего газа в атмосфере технически чистого кислорода. Мощность пламени регулируют сменой наконечников горелки.

Нагрев заготовки осуществляется более плавно, чем при дуговой сварке, поэтому газовую сварку применяют для сварки металла малой толщины (0,2…3 мм), легкоплавких цветных металлов и сплавов; металлов и сплавов, требующих постепенного нагрева и охлаждения (инструментальные стали, латуни); для подварки дефектов в чугунных и бронзовых отливках. При увеличении толщины металла снижается производительность и увеличивается деформация.

ЛЕКЦИЯ 18 Сварка давлением. Специальные термические процессы в сварочном производстве. Пайка

Сварка давлением

Сущность получения неразъемного сварного соединения двух заготовок в твердом состоянии состоит в сближении идеально чистых соединяемых поверхностей на расстояния (2…4) 10^{-10} см, при которых возникают межатомные силы притяжения.

Необходимым условием получения качественного соединения в твердом состоянии являются хорошая очистка и подготовка поверхностей и наличие сдвиговых пластичных деформаций в зоне соединения в момент сварки.

Контактная сварка

Сварные соединения получаются в результате нагрева деталей проходящим через них током и последующей пластической деформации зоны соединения.

Сварка осуществляется на машинах, состоящих из источника тока, прерывателя тока и механизмов зажатия заготовок и давления.

К деталям с помощью электродов подводят ток небольшого напряжения (3…8 В) и большой силы (до нескольких десятков кА). Большая часть тепла выделяется в зоне контакта деталей.

По виду получаемого соединения контактную сварку подразделяют на точечную, шовную, стыковую. Схемы контактной сварки представлены на рис. 18.1.

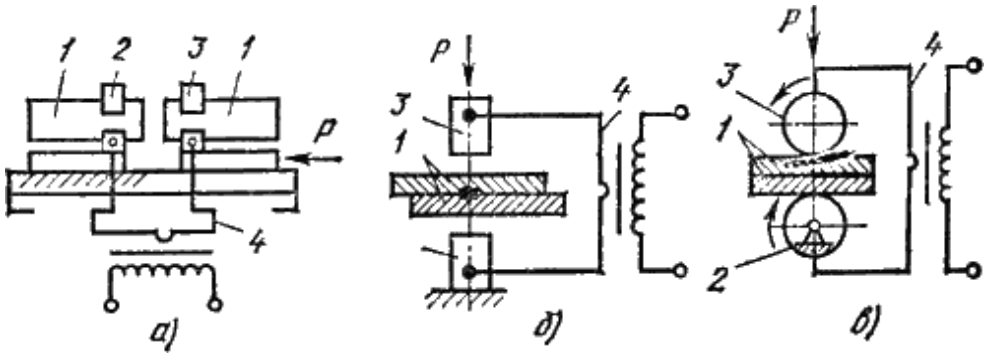


Рис. 18.1. Схемы контактной сварки:
а – стыковой; б – точечной; в – шовной

Стыковая контактная сварка (рис.18.1.а) – способ соединения деталей по всей плоскости их касания.

Свариваемые заготовки *1* плотно зажимают в неподвижном *2* и подвижном *3* токоподводах, подключенных к вторичной обмотке сварочного трансформатора *4*. Для обеспечения плотного электрического контакта свариваемые поверхности приводят в соприкосновение и сжимают. Затем включается ток. Поверхность контакта заготовок разогревается до требуемой температуры, ток отключается, производится сдавливание заготовок – осадка.

Стыковую сварку с разогревом стыка до пластического состояния и последующей осадкой называют *сваркой сопротивлением,* а при разогреве торцов до оплавления с последующей осадкой – *сваркой оплавлением*. В результате пластической деформации и быстрой рекристаллизации в зоне образуются рекристаллизованные зерна из материала обеих деталей.

Сварка применяется для соединения встык деталей типа стержней, толстостенных труб, рельсов и т.п.

Точечная сварка (рис.18.1.б) – способ изготовления листовых или стержневых конструкций, позволяющий получить прочные соединения в отдельных точках.

Свариваемые заготовки 1, собранные внахлест, зажимают между неподвижным *2* и подвижным 3 электродами, подсоединенными к обмотке трансформатора *4.*

Электроды изнутри охлаждаются водой, нагрев локализуется на участках соприкосновения деталей между электродами. Получают линзу расплава требуемого размера, ток выключают, расплав затвердевает, образуется сварная точка. Электроды сжимают детали, пластически деформируя их.

Образующееся сварное соединение обладает большой прочностью и его можно применять для изготовления несущих конструкций. Этот способ широко применяют в авто- и вагоностроении, строительстве, а также при сборке электрических схем.

Шовная сварка (рис.18.1.в) – способ соединения деталей швом, состоящим из отдельных сварных точек.

Свариваемые заготовки *1* помещают между двумя роликами-электродами, один из электродов *2* может иметь вращательное движение, а другой *3* – вращательное движение и перемещение в вертикальном направлении. Электроды подключаются к вторичной обмотке трансформатора *4*. Электроды-ролики зажимают и передвигают деталь.

Шовная сварка обеспечивает получение прочных и герметичных соединений их листового материала толщиной до 5 мм.

Диффузионная сварка

Диффузионная сварка – способ сварки давлением в вакууме приложением сдавливающих сил при повышенной температуре.

Свариваемые детали тщательно зачищают, сжимают, нагревают в вакууме специальным источником тепла до температуры рекристаллизации ($0{,}4\ T_{пл}$), и длительно выдерживают. В начальной стадии процесса создаются условия для образования металлических связей между соединяемыми поверхностями. Низкое давление способствует удалению поверхностных пленок, а высокая температура и давление приводят к уменьшению неровностей поверхностей и сближению их до нужного расстояния. Затем протекают процессы диффузии в металле, образуются промежуточные слои, увеличивающие прочность соединения. Соединения получают при небольшой пластической деформации. Изменение размеров мало.

Сварка может осуществляться в среде инертных и защитных газов: гелий, аргон, водород.

Способ применяется для соединения металлов, металлов и полупроводников, а также других неметаллических материалов.

Диффузионная сварка широко применяется в космической технике, в электротехнической, радиотехнической и других отраслях промышленности.

Сварка трением

Сварка трением – способ сварки давлением при воздействии теплоты, возникающей при трении свариваемых поверхностей.

Свариваемые заготовки устанавливают соосно в зажимах машины, один из которых неподвижен, а другой может совершать вращательное и поступательное движения. Заготовки сжимаются осевым усилием, и включается механизм вращения. При достижении температуры 980…1300 ^{0}С вращение заготовок прекращают при продолжении сжатия.

Иногда сварку трением производят через промежуточный вращаемый элемент или заменяют вращательное движение вибрацией.

Сваркой трением можно сваривать заготовки диаметром 0,75…140 мм.

Преимущества способа: простота, высокая производительность, малая энергоемкость, стабильность качества соединения, возможность сварки заготовок из разнородных материалов.

Осуществляется сварка на специальных машинах.

Сварка взрывом

Большинство технологических схем сварки взрывом основано на использовании направленного взрыва.

Соединяемые поверхности заготовок, одна из которых неподвижна и служит основанием, располагают под углом друг к другу на определенном расстоянии. На вторую заготовку укладывают взрывчатое вещество и устанавливают детонатор. Сварку осуществляют на жесткой опоре. При соударении двух деталей под действием ударной волны, движущихся с большой скоростью, между ними образуется кумулятивная струя, которая разрушает и уносит оксидные поверхностные пленки и другие загрязнения. Поверхности сближаются до расстояния действия межатомных сил, и происходит схватывание по всей площади соединения. Продолжительность сварки несколько микросекунд.

Прочность соединений, выполненных сваркой взрывом, выше прочности соединяемых материалов.

Сварку взрывом используют при изготовлении заготовок для проката биметалла, плакировке поверхностей конструкционных сталей металлами и сплавами со специальными свойствами, при сварке заготовок из разнородных материалов. Целесообразно сочетание сварки взрывом со штамповкой и ковкой.

Тип сварного соединения

Основными преимуществами сварных соединений являются: экономия металла; снижение трудоемкости изготовления корпусных деталей; возможность изготовления конструкций сложной формы из отдельных деталей, полученных ковкой, прокаткой, штамповкой.

Сварным конструкциям присущи и некоторые недостатки: появление остаточных напряжений; коробление в процессе сварки; плохое восприятие знакопеременных напряжений, особенно вибраций; сложность и трудоемкость контроля.

Тип сварного соединения определяют взаимным расположением свариваемых элементов и формой подготовки (разделки) их кромок под сварку.

В зависимости расположения соединяемых деталей различают четыре основных типа сварных соединений: стыковые, нахлесточные, угловые и тавровые (рис. 18.2).

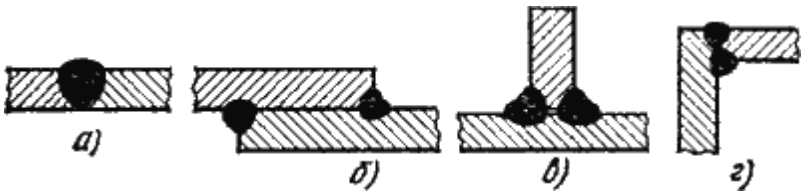


Рис.18.2. Основные типы сварных соединений
а – стыковое; б – нахлесточное; в – тавровое; г – угловое

Кромки разделывают в целях полного провара заготовок по сечению, что является одним из условий равнопрочности сварного соединения с основным металлом.

Формы подготовки кромок под сварку показаны на рис. 18.3. различают V, K, X – образные

По характеру выполнения сварные швы могут быть односторонние и двухсторонние.

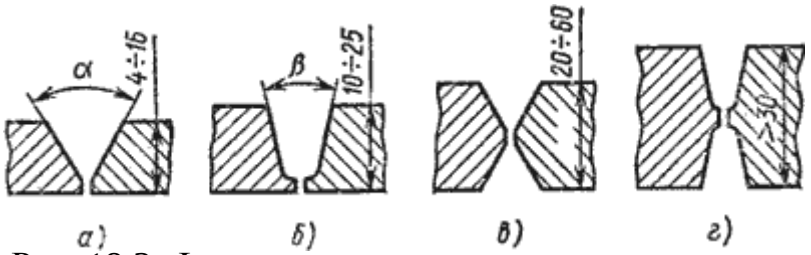


Рис. 18.3. Формы подготовки кромок под сварку:
а – V-образная; б – U -образная; в – X-образная; г – двусторонняя X-образная

Специальные термические процессы в сварочном производстве

Наплавка – процесс нанесения слоя металла или сплава на поверхность изделия.

Наплавка позволяет получать детали с поверхностью, отличающейся от основного металла, например жаростойкостью и жаропрочностью, высокой износостойкостью при нормальных и повышенных температурах, коррозионной стойкостью и т.п. Наплавка может производиться как при изготовлении новых деталей, так и в ремонтно-восстановительных работах, существенно удлиняя срок эксплуатации деталей и узлов, обеспечивая этим высокий экономический эффект.

Существуют разнообразные способы наплавки.

1. Ручная дуговая электродами со стержнями и покрытиями специальных составов.
2. Автоматическая наплавка под флюсом. Электроды могут быть сплошного сечения и порошковые. Состав флюса, металл электрода и состав наполнителя определяют свойства наплавленного слоя.

3. Наплавка плавящимися и неплавящимися электродами в среде защитных газов. Свойства наплавленного слоя зависят от материала присадки или электрода.

4. Плазменная наплавка. Дуга может быть как прямого, так и косвенного действия. Можно плазменной струей оплавлять слой легированного порошка, предварительно нанесенный на поверхность детали.

5. Электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная наплавка, а также наплавка газокислородным пламенем.

Существенным показателем эффективности того или иного способа наплавки является степень перемешивания при наплавке основного металла и присадочного: чем она меньше, тем ближе будут свойства наплавленного слоя к заданным.

Напыление

При напылении расплавленные по всему объему или по поверхности частицы материала будущего покрытия направляются на поверхность нагретой заготовки. При соударении с поверхностью частица деформируется, обеспечивая хороший физический контакт с деталью. Характер взаимодействия частицы с материалом подложки, последующая кристаллизация частиц определяет качество адгезии покрытия с подложкой. Последующие слои формируются уже за счет связей частиц друг с другом, имеют чешуйчатое строение и существенно неоднородны.

По мере повышения стоимости объемного легирования и стремления получить требуемые эксплуатационные свойства более экономичным способом (легированием поверхности) напыление становится все более предпочтительным.

Для напыления используют источники тепла: газовое пламя, плазму, ионный нагрев, нагрев в печах, лазер и др.

Наибольшее распространение получили процессы газопламенного и плазменного напыления. Материал для напыления подается в пламя горелки или плазменную дугу в виде проволоки или порошка, где происходит нагрев и распыление частиц, которые тепловым потоком источника нагрева разгоняются и попадают на поверхность напыляемой детали. Иной способ формирования покрытий при нагреве в печах. В этом случае нагретая деталь контактирует с материалом покрытия, находящимся в виде порошка или газовой фазы. Получаемое таким методом покрытие имеет высокую адгезию к поверхности детали за счет активных диффузионных процессов, происходящих в период длительной выдержки в печи при высокой температуре.

Все большее распространение получают ионно-плазменные методы напыления износостойких и декоративных покрытий.

Пайка

Пайка – процесс получения неразъемного соединения заготовок без их расплавления путем смачивания поверхностей жидким припоем с последующей его кристаллизацией. Расплавленный припой затекает в специально создаваемые зазоры между деталями и диффундирует в металл этих деталей. Протекает процесс взаимного растворения металла деталей и припоя, в результате чего образуется сплав, более прочный, чем припой.

Образование соединения без расплавления основного металла обеспечивает возможность распая соединения.

Качество паяных соединений (прочность, герметичность, надежность и др.) зависят от правильного выбора основного металла, припоя, флюса, способа нагрева, типа соединения.

Припой должен хорошо растворять основной металл, обладать смачивающей способностью, быть дешевым и недефицитным. Припои представляют собой сплавы цветных металлов сложного состава. По температуре плавления припои подразделяют на особо легкоплавкие (температура плавления ниже 145 ^{0}C), легкоплавкие (145…450 ^{0}C), среднеплавкие (450…1100 ^{0}C) и тугоплавкие (выше 1050 ^{0}C). К особо легкоплавким и легкоплавким припоям относятся оловянно-свинцовые, на основе висмута, индия, олова, цинка, свинца. К среднеплавким и тугоплавким относятся припои медные, медно-цинковые, медно-никелевые, с благородными металлами (серебром, золотом, платиной). Припои изготавливают в виде прутков, листов, проволок, полос, спиралей, дисков, колец, зерен, которые укладывают в место соединения.

При пайке применяются *флюсы* для защиты места спая от окисления при нагреве сборочной единицы, обеспечения лучшей смачиваемости места спая расплавленным металлом и растворения металлических окислов. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя. Флюсы могут быть твердые, пастообразные и жидкие. Для пайки наиболее применимы флюсы: бура, плавиковый шпат, борная кислота, канифоль, хлористый цинк, фтористый калий.

Пайку точных соединений производят без флюсов в защитной атмосфере или в вакууме.

В зависимости от способа нагрева различают пайку газовую, погружением (в металлическую или соляную ванну), электрическую (дуговая, индукционная, контактная), ультразвуковую.

В единичном и мелкосерийном производстве применяют пайку с местным нагревом посредством паяльника или газовой горелки.

В крупносерийном и массовом производстве применяют нагрев в ваннах и газовых печах, электронагрев, импульсные паяльники, индукционный нагрев, нагрев токами высокой частоты.

Перспективным направлением развития технологии пайки металлических и неметаллических материалов является использование ультразвука. Генератор ультразвуковой частоты и паяльник с ультразвуковым магнитострикционным вибратором применяются для безфлюсовой пайки на воздухе и пайке алюминия. Оксидная пленка разрушается за счет колебаний ультразвуковой частоты.

Процесс пайки включает: подготовку сопрягаемых поверхностей деталей под пайку, сборку, нанесение флюса и припоя, нагрев места спая, промывку и зачистку шва.

Детали для пайки тщательно подготавливаются: их зачищают, промывают, обезжиривают.

Зазор между сопрягаемыми поверхностями обеспечивает диффузионный обмен припоя с металлом детали и прочность соединения. Зазор должен быть одинаков по всему сечению.

Припой должен быть зафиксирован относительно места спая. Припой закладывают в месте спая в виде фольговых прокладок, проволочных контуров, лент, дроби, паст вместе с флюсом или наносят в расплавленном виде. При автоматизированной пайке – в виде пасты с помощью шприц-установок.

При возможности предусматриваются средства механизации – полуавтоматы и автоматы для газовой, электрической пайки.

Паяные соединения контролируют по параметрам режимов пайки, внешним осмотром, проверкой на прочность или герметичность, методами дефекто- и рентгеноскопии.

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

Т. П. Глинникова, С. А. Волегов

«Технология машиностроения»

Лабораторный практикум
для студентов СПО специальности
15.02.16 – «Технология машиностроения

Екатеринбург

2022

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров
14.09.2022

Т. П. Глинникова, С. А. Волегов

«Основы технологии машиностроения»
Лабораторный практикум
15.02.16 – «Технология машиностроения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2022

Г54

Рецензент: *А. П. Комиссаров*, д-р техн. наук, профессор кафедры ГМК Уральского государственного горного университета

Глинникова Т. П., Волегов С. А.
Г54 «Основы технологии машиностроения» *Лабораторный практикум* для студентов специальностей среднего профессиональногообразования 15.02.16 – «Технология машиностроения)» *очного и заочного обучения* / Т. П. Глинникова, С. А. Волегов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2022. – 50 с.

Лабораторный практикум содержит практические задания и упражнения, способствующие усвоению пройденного предмета «Основы технологии машиностроения».

© Глинникова Т. П., Волегов С. А., 2022
© Уральский государственный горный университет, 2022

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ (ГОСТ 2789 – 73)

Цель работы

Усвоить и закрепить методику определения некоторых параметров шероховатости поверхности, а также изучить зависимости шероховатости от основных параметров режущего инструмента и элементов режима резания.

Краткие теоретические сведения

Шероховатость обработанной поверхности оказывает существенное влияние на износоустойчивость наружной поверхности детали, характер посадки (сохранение гарантированного зазора или натяга), силу трения в сопряженных узлах механизма, смазку и антикоррозионную способность рабочей поверхности.

Имеющиеся шероховатости на обработанной поверхности изделия – это следы режущего инструмента в результате главного и вспомогательного движений.

Измерение профиля шероховатости можно производить как в направлении подачи, так и в направлении главного движения.

В первом случае (рис. 1.1) мы определим поперечную шероховатость, а во втором – продольную.

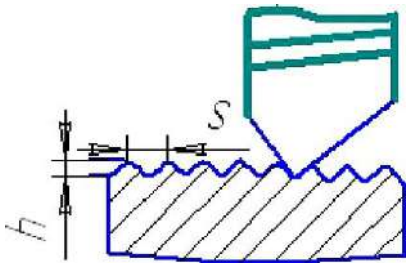


Рис. 1.1. Схема определения поперечной шероховатости

Согласно рис. 1.1 можно определить поперечную шероховатость при токарной обработке по формуле

$$h = R - \frac{\sqrt{4R^2 - S^2}}{2} \qquad (1.1)$$

или приближенно

$$h = \frac{S^2}{8R}, \qquad (1.2)$$

где h – высота шероховатости, мм; S – подача резца, мм/об; R – радиус при вершине резца, мм.

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующими рельеф поверхности деталей в пределах базовой длины.

Настоящая работа выполняется на токарно-винторезном станке. Режим резания при точении определяется глубиной резания (t), подачей (S) и скоростью резания (V).

В основном, влияние на величину шероховатости оказывают: скорость резания (V), подача (S), радиус при вершине резца (R) и главный угол в плане φ (рис. 1.2.).

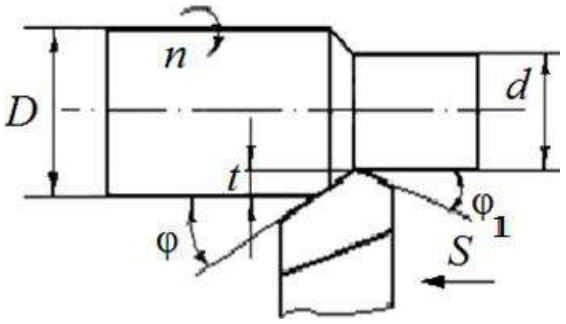


Рис. 1.2. Схема обработки заготовки при определении продольной шероховатости

Глубина резания определяется по формуле

$$t = \frac{D - d}{2}.$$

Подача – это величина перемещения инструмента за один оборот детали.

Скорость резания определяется по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где n – частота вращения детали в мин.,

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D} \cdot 1000.$$

Из параметров режима резания на шероховатость наибольшее влияние оказывают подача и скорость резания. Глубина резания практически не влияет на шероховатость. Теоретически, из чисто геометрических построений, можно подсчитать высоту гребешков шероховатости по формуле

$$Rz = S \frac{\sin\varphi \cdot \sin\varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)}$$

(1.3)

Из анализа формул (1.1) и (1.2) следует, что высота шероховатости снижается с уменьшением подачи, а также с увеличением радиуса при вершине резца.

Опыты показывают, что теоретические расчеты не совпадают с действительными размерами шероховатости. Объясняется это тем, что в формулах не учитываются упругие деформации, вырывание частиц металла по границам зерен, нарост на режущих поверхностях инструмента, в процессе резания всегда имеют место пластические деформации срезаемого слоя, вибрации и др. факторы. Степень влияния каждого фактора на шероховатость обработанной поверхности обусловлена не только геометрией режущего инструмента, но также будет во многом зависеть от вида обрабатываемого материала, режима резания (*V, S, t*), охлаждения режущего инструмента, изношенности оборудования и т. д.

Следует иметь в виду, что фактическая шероховатость никогда не соответствует расчетной, так как формула (1.3) не учитывает влияние скорости резания. В настоящей работе ставится задача установить эмпирические зависимости шероховатости от подачи и скорости резания.

Оборудование:

1. Токарно-винторезный станок.
2. Резцы, проходные твердосплавные.
3. Специальные образцы (два).
4. Микроскоп МИС–11или портативный измеритель шероховатости *TR* 100.
5. Угломер.
6. Эталоны шероховатости.

Порядок выполнения работы

1. Измеряется геометрия резца (α°, γ°, φ°, φ°).
2. Замеряется диаметр образца (рис. 1.3).
3. Подсчитывается необходимое значение частоты вращения шпинделя по заданной скорости резания. Полученное значение уточняется по станку (выбирается ближайшее меньшее, имевшееся на станке).

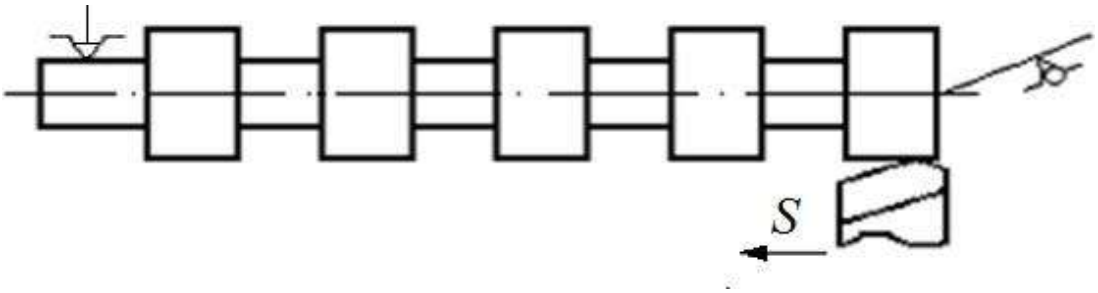


Рис. 1.3. Схема настройки

4. Принимаются фактические значения подачи в соответствии с паспортными данными станка, т. е. принимается ближайшее меньшее к заданным значениям в первой и второй сериях опытов.

Первая серия опытов

Устанавливается зависимость шероховатости от подачи. Величина подачи принимается последовательно: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мм/об. Глубина резания принимается 0,3 мм. Скорость резания принимается 30 м/мин. После обточки на каждой ступени замеряется высота шероховатости, данные заносятся в табл. 1.1.

На каждой ступени шероховатость измеряется по три раза.

Таблица 1.1

Зависимость шероховатости от подачи

Подача, мм/об	Высота шероховатости, мкм				Расчетное значение шероховатости, мкм
	Rz_1	Rz_2	Rz_3	$Rz_{ср}$	

По результатам экспериментальных данных строится график зависимости шероховатости (Rz) от подачи (S) в логарифмических координатах (рис. 1.4).

Для построения графика следует пользоваться логарифмической линейкой. График строится по $Rz_{ср}$.

По построенному графику определяется показатель степени m в формуле: $Rz = C_s \cdot S^m$ как тангенс угла наклона прямой

$$\left(m = tg\alpha = \frac{a}{b} \right).$$

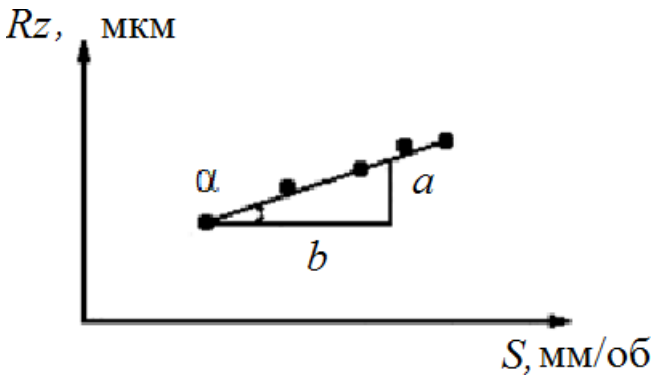


Рис. 1.4. Зависимость шероховатости от подачи

Затем определяем постоянный коэффициент (C_S), характеризующий условия, в которых проводился эксперимент.

Вторая серия опытов

Устанавливается зависимость шероховатости от скорости резания.

Скорость резания принимается последовательно: 10; 20; 30; 40; 50 или 40; 50; 60; 70; 80 м/мин. Подача принимается 0,2 мм/об, а глубина резания – 0,3 мм.

После обточки на каждой ступени замеряется высота шероховатости, данные заносятся в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Зависимость шероховатости от скорости

Скорость резания, м/мин	Высота шероховатости, мкм			
	Rz_1	Rz_2	Rz_3	$Rz_{ср}$

По результатам экспериментов строится график зависимости $Rz = f(V)$ в логарифмических координатах и так же определяются показатель степени (n) и постоянный коэффициент (C_V) в формуле

$$Rz = C_V \cdot V^n.$$

Для этого в формулу подставляют соответствующие значения из таблицы 1.2. По найденным значениям C_V подсчитывается среднее арифметическое.

Указания по измерению шероховатости

Существуют различные способы измерения шероховатости поверхности. В настоящей работе используется оптический прибор – двойной микроскоп – МИС–11 .

Прибор предназначен для измерения шероховатости по параметру *Rz*. Его можно использовать также для оценки шероховатости по показателю *Ra*.

Диапазон измерения по параметрам высоты профиля составляет 20 ÷ 0,6 мкм.

Прибор МИС–11, принцип действия которого основан на методе светового сечения, представляет собой систему двух микроскопов (рис. 1.5).

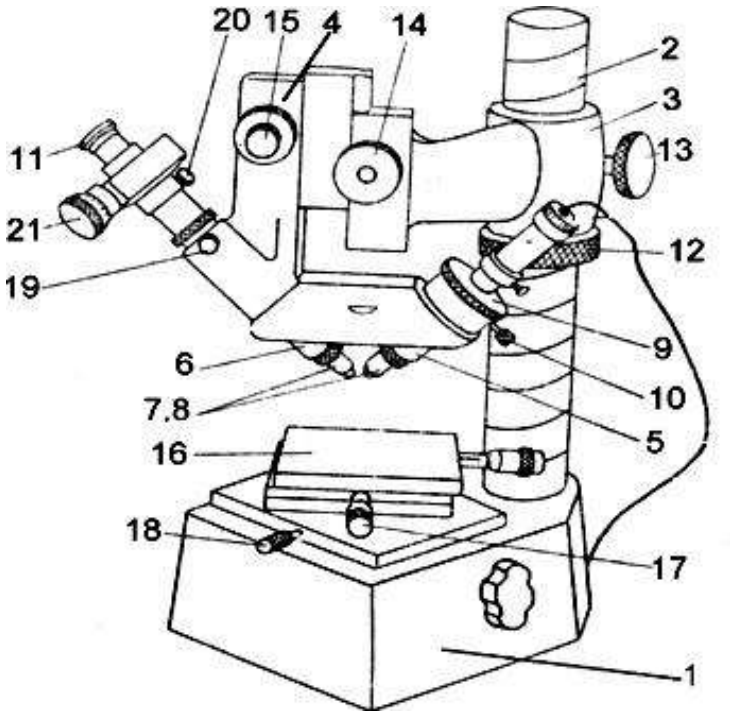


Рис. 1.5. Двойной микроскоп МИС –11:

1 – основание; *2* – колонка; *3* – кронштейн; *4* – держатель тубусов; *5* – проецирующий микроскоп; *6* – наблюдательный микроскоп; *7, 8* – объективы; *9* – регулировочная гайка; *10* – зажимной винт; *11* – окуляр; *12* – гайка; *13* – винт; *14* – винт грубой подачи; *15* – микровинт; *16* – предметный стол; *17* – микровинт; *18, 19* – стопорные винты; *20* – винт; *21* – барабан окулярного микроскопа

Один микроскоп называется *осветительным*. Он служит для создания плоского пучка света, направляемого от источника через щелевую диафрагму и объектив *7* на контролируемую поверхность изделия. Другой микроскоп, имеющий объектив *8* и окуляр 11, называется *измерительным*. Он служит для рассматривания светящейся линии, полученной в результате пересечения плоской полосы света с контролируемой поверхностью. Оси микроскопов составляют между собой прямой угол. Биссектриса этого угла совпадает с нормалью к контролируемой поверхности.

Светящаяся линия пересечения копирует действительный профиль поверхности. Спроектированная объективом измерительного микроскопа в фокальную плоскость окуляра, эта линия в увеличенном виде, например в *X* раз, воспроизводит высоту и шаг шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхности анализируют в следующей последовательности:

а) поднять кронштейн *3* с держателем *4* микроскопа, вращая гайку *12* при отстопоренном винте *13*;

б) на предметный столик *16* положить призму глубоким пазом вверх. В глубокий паз призмы установить деталь;

в) произвести грубую фокусировку поверхности детали, опуская держатель *4* вращением гайки *12*;

г) установить кронштейн *3* так, чтобы биссектриса угла осей тубусов микроскопов *5* и *6* проходила примерно через центр детали, а плоскость осей тубусов располагалась перпендикулярно поверхности детали. Зафиксировать положение кронштейна стопорным винтом *13;*

д) опуская или поднимая микроскопы вращением винта *14*, получить резкое изображение поверхности, которое с помощью микровинта *15* установить в середине поля зрения окуляра;

е) включить прибор в сеть с напряжением *6* вольт;

ж) изменяя винтом *9* наклон осветительного микроскопа, получить изображение световой щели в поле зрения окуляра и совместить это изображение с ранее полученным резким изображением участка контролируемой поверхности;

з) отфокусировать изображение световой щели гайкой *10.* Из двух границ изображения щели обычно одна получается более резкой. По ней в дальнейшем и следует производить измерения;

и) при отстопоренном винте *20* повернуть окулярный микрометр *11* так, чтобы ось барабана *21* составляла с осью контролируемой детали угол примерно в 450º. Затем, вращая барабан, совместить горизонтальную линию перекрестия окуляра с вершиной одного из выступов. Перемещая деталь при помощи микровинта *17,* добиться, чтобы горизонтальная линия перекрестия касалась выбранной вершины в пределах всего поля зрения окуляра. После этого положение окуляра микрометра зафиксировать винтом *20,* а предметный столик – винтом *18.*;

к) выбрать наиболее характерный участок поверхности детали для измерения шероховатости. Необходимо при этом помнить, что

поле зрения окуляра может не охватывать всю заданную длину и для выполнения всех измерений потребуется смещать деталь при помощи винта *17*. По делениям винта *17* следить, чтобы величина смещения не превысила заданной базовой длины;

л) измерить в пределах базовой длины высоту микронеровностей у десяти обработанных поверхностей.

Для измерения каждой микронеровности горизонтальную линию перекрестия подвести сначала к вершине изгиба щели по выбранной стороне, например, верхней (рис. 1.6). Снять отсчет А1 по барабану окулярного микрометра *21*. Затем горизонтальную линию перекрестия подвести ко дну впадины по той же стороне щели (рис. 1.6). Снова снять отсчет А2 по барабану. Следует помнить, что барабан может сделать полный оборот, соответствующий 100 делениям. Отсчет полных оборотов барабана производится при помощи двойного штриха, который перемещается относительно неподвижной шкалы окуляра одновременно с перекрестием барабана (одно деление неподвижной шкалы соответствует одному полному обороту барабана). Отсчеты А1 и А2 (с учетом полных оборотов) занести в тетрадь лабораторных работ и вычислить разность

$$H1 = A1 - A2.$$

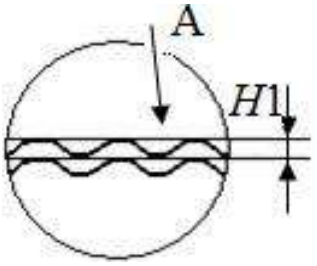


Рис. 1.6. Профиль поверхности под микроскопом

м) по пяти разностям отсчетов найти среднее арифметическое значение А.

Высота неровностей $Rz = A \times E$, где E – цена деления барабана окулярного микроскопа, зависящая от фокусного расстояния, которое указывается на оправе объектива *7* и *8*.

По полученным расчетным и экспериментальным данным построить зависимости: $Rz = f(S)$ при $t = \text{const}$, $S = \text{const}$ и $Rz = f(s)$ при $V = \text{const}$, $t = \text{const}$.

Сделать выводы по работе.

С целью экономии времени при измерении предлагается упрощенная методика измерения. Для точного измерения следует изме-

рить пять максимальных выступов, а затем пять впадин, после чего вычислить шероховатость.

Для измерения соответствующей шероховатости следует правильно выбрать объективы. Для выбора можно пользоваться табл. 1.3, 1.4.

Таблица 1.3

Выбор объектива в зависимости от шероховатости поверхности

Фокусное расстояние объектива, мм	Высота шероховатости, мкм	Коэффициент увеличения
25,0	40–6,3	0,85
13,9	20–3,2	0,475
8,2	6,3–1,6	0,285
4,3	3,2–0,8	0,14

Таблица1.4

Зависимость цены деления от фокусного расстояния

Фокусное расстояние, мм	4,25	8,16	13,89	25,02
Цена деления, мкм	0,143	0,391	0,474	0,862

Содержание отчета

В отчете должно быть название работы, цель, оборудование, схема настройки, соответствующие протоколы, графики и полученные формулы, выводы.

ПОРТАТИВНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ TR 100

1. Принцип работы и особенности конструкции

Действие прибора (рис. 1.7) основано на принципе ощупывания неровностей исследуемой поверхности алмазной иглой щупа и преобразования, возникающих при этом механических колебаний щупа в изменения напряжения, пропорциональные этим колебаниям. Результаты измерения параметров шероховатости выводятся на жидкокристаллический дисплей.

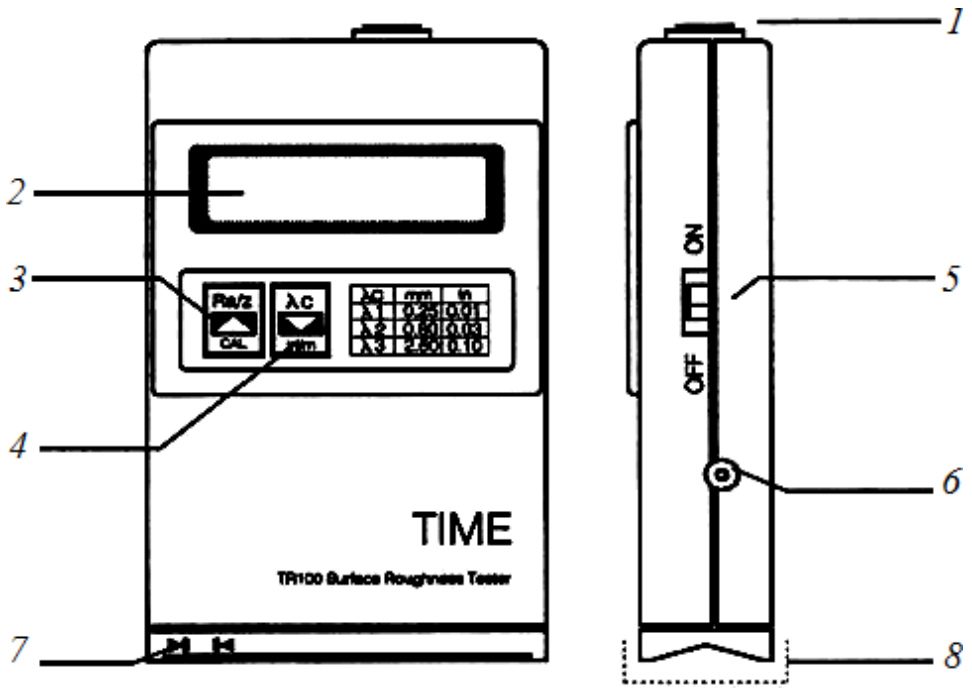


Рис.1.7 Конструкция базового блока
1 – кнопка запуска измерения, *2* – ЖК экран, *3* – клавиатура (кнопка) 1, *4* – клавиатура (кнопка) 2, *5* – Вкл\выкл выключатель, *6* – зарядное гнездо, *7* – контактный щуп, *8* – защитный колпачок для контактного щупа.

2. Основные технические характеристики

- Параметры измерения: *Ra, Rz.*
- Длина перемещения (мм): 6.
- Выборочная длина (мм) : 0,25, 0,80, и 2,5.
- Оценочная длина (мм): 1.25, 4.0, и 5,0
- Диапазон измерения (мкм): *Ra*: 0,05 ÷ 10,0, *Rz*: 0,1 ÷ 50
- Погрешность показа: ± 7 %.

3. Эксплуатационный режим

3.1 Эксплуатация

При включении прибора кратковременно происходит полный показ экрана. После звукового сигнала, прибор готов к работе (на экране появляются измеряемые параметры и выборочная длина для предыдущего испытания).

Перед началом измерения, выберите необходимый параметр *Ra* или *Rz* и необходимую выборочную длину – 2,5 (табл. 1.5).

Таблица 1.5.

Рекомендации по выбору длин отрезков

Ra (мкм)	*Rz* (мкм)	Рекомендуемые длины отрезков
> 40–80	> 160– 320	8
> 20–40	> 80– 160	
> 10–20	> 40– 80	
> 5–10	> 20– 40	2.5
> 2.5– 5	>10– 20	

После включения прибора, нажимают клавишу

и выбирают *Ra* или *Rz,* затем нажимают клавишу

и выбирают 2,5.

После того, как параметры выбраны, измерение можно начинать. Местоположение метки ▶|◀ соответствует испытуемой области. Поставьте прибор меткой на исследуемую область, нажмите кнопку пуска, измерение начнётся автоматически. Когда прозвучит два сигнала, измерение закончено, и на экране появится измеренное значение.

Внимание!

Во время движения датчика держите прибор на контролируемой детали устойчиво, чтобы не уменьшить точность измерения.

3.2. Контроль напряжения батареи

Если виден значок «BAT» в верхнем левом углу экрана, то напряжение батареи понижено и необходима подзарядка.

Когда экран показывает «BAT» и раздаётся сигнал, то это указывает на то, что напряжение достигло самого низкого предела и зарядка должна быть выполнена немедленно.

Выключать прибор лучше после каждого измерения, чтобы экономить энергию и если необходимо, делать подзарядку.

Датчик – это измерительная часть прибора, соблюдайте особую осторожность. После каждого использования прибора, надевайте защитное покрытие, и избегайте ударов.

ЛИТЕРАТУРА

Егоров М. Е. и др. Технология машиностроения, М.: Высшая школа, 1976, 526 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ПРИ ТОЧЕНИИ НЕЖЕСТКИХ ЗАГОТОВОК

Цель работы

Изучение влияния жесткости заготовки на точность формы и размеров детали при обработке на токарном станке.

Краткие теоретические сведения

Суммарная погрешность обработки состоит из элементарных погрешностей. Определение величины суммарной погрешности играет особую роль для практики машиностроения.

Наиболее ощутимое влияние на ожидаемую точность, т. е. суммарную погрешность оказывают:

- упругие деформации технологической системы;
- погрешность установки заготовок;
- износ режущего инструмента;
- погрешность настройки инструмента;
- геометрическая точность металлорежущего оборудования;
- погрешность, зависящая от тепловых воздействий.

Эти факторы не остаются постоянными. Изменения характерны как для лезвийного, так и для абразивного инструмента.

Основные причины, вызывающие изменение силовых факторов

При обработке партии заготовок с предварительной настройкой инструмента на размер, приходится снимать слои материала различной глубины. Колебание глубины от t_{max} до t_{min} подчиняется определенному закону распределения и вызывает колебание сил резания. Кроме того, режущий инструмент при своем движении встречает негомогенные участки материала с различной твердостью. Это также

приводит к колебанию величины силы резания. Наряду с этим, на колебание сил резания оказывает влияние износ инструмента [1].

Силы резания (рис. 2.1). вызывают упругие отжатия (деформации) элементов технологической системы, а колебания сил резания приводят к постоянному изменению упругих отжатий.

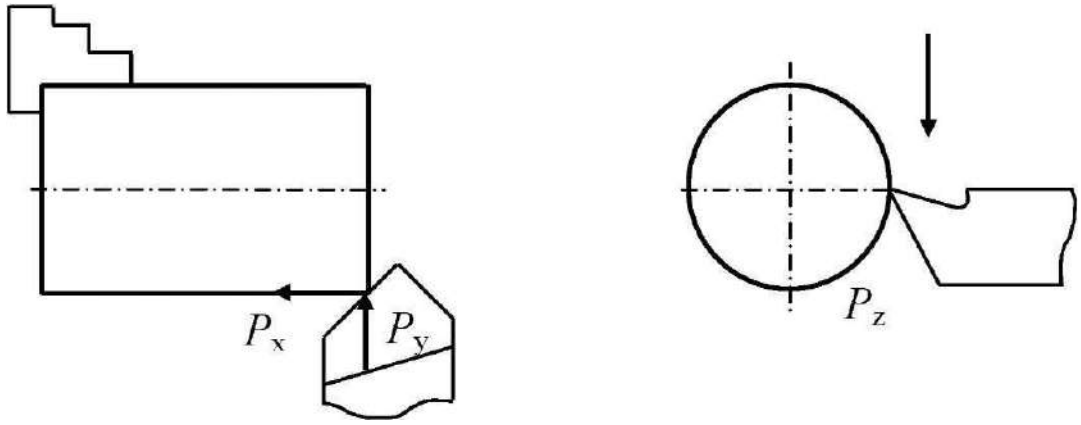


Рис. 2.1. Схемы сил резания, действующих при обработке вала на токарном станке

Силы резания определяются по эмпирическим формулам, например [1]:

$$P_y = C_p \cdot S^y \cdot V \cdot t_ф^x \cdot (HB)^n,$$

где S – подача, мм/об; V – скорость резания, м/мин; HB – твердость обрабатываемого материала по Бринелю; C_p – коэффициент, характеризующий условия обработки; y, x, n – показатели степеней, выбираемые в соответствии с конкретными условиями обработки; $t_ф$ – фактическое значение глубины резания, мм.

Упругие перемещения технологической системы являются функцией силы и жесткости [2].

$$y = f(P, j).$$

К силам, порождающим упругие перемещения, относятся: сила резания, сила зажима, центробежная сила и т. д.

Жесткость технологической системы и соответствующие ей упругие перемещения определяются как жесткостью заготовки – $j_{заг}$, так и жесткостью части технологической системы, с которой связан обрабатывающий инструмент.

Относительное упругое перемещение инструмента и заготовки можно определить по формуле:

$$y = y_з + y_д + y_п,$$

где y – упругое относительное перемещение инструмента и заготовки; $y_з$ – упругое перемещение заготовки относительно станины станка; $y_д$ – собственные упругие деформации заготовки; $y_п$ – упругое перемещение инструмента относительно станины станка.

Рассмотрим влияние силы резания на упругие деформации заготовки при ее консольном закреплении (см. рис. 2.1). Подобная схема базирования широко применяется на токарных, шлифовальных и зубообрабатывающих станках.

На деформацию заготовки наибольшее влияние оказывает составляющая сила резания P_y, некоторое влияние также оказывают силы резания P_x и P_z . Практически влияние последних учиты вается тем, что при испытании жесткости нагружение системы производят силой, совпадающей по направлению с суммарной силой резания, хотя расчет жесткости ведут только по составляющей P_y.

Величина деформации заготовки зависит от схемы ее закрепления. При консольном закреплении в патроне токарного станка (см. рис. 2.1) наибольшее ее отжатие имеет место на правом свободном конце [2].

$$y_{\max} = \frac{P_y \cdot l^3}{3E \cdot J} \ ,$$

где l – вылет детали, мм; E – модуль упругости материала заготовки, МПа; J – момент инерции сечения заготовки, мм^4.

При консольном закреплении вид отклонения формы заготовки в продольном сечении – конусность.

При обработке заготовок на металлорежущих станках большую роль играет их жесткость, которая предопределяет точность и производительность обработки, место и усилие зажима, режимы и др. факторы процесса обработки и его результаты. При обработке консольно закрепленных прутковых заготовок на токарных станках с увеличением вылета консоли увеличивается прогиб заготовки вследствие действия сил резания. Поэтому часто при обработке маложестких заготовок на токарных станках применяют промежуточные опоры (люнеты). При обработке заготовок на станках имеют место выбор зазоров между узлами станка, а также упругие деформации узлов станка, приспособления и инструмента в направлении действия силы резания. Но при выполнении данной работы ими можно пренебречь, так как они во много раз меньше упругой деформации заготовки.

Применяемое оборудование, приборы, материалы и инструменты

- Токарный станок с трехкулачковым патроном.
- Резец проходной.
- Пруток из стали 45 (ГОСТ 1050–88) Ø15 – 25 мм и длиной l = 230 – 300 мм. Чем больше диаметр заготовки, тем больше должна быть ее длина.
- Микрометр с пределами измерений 0 – 25 мм, с ценой деления 0,01 мм.
- Штангенциркуль с пределами измерений 0 – 250 мм, с ценой деления 0,1 мм.

Порядок выполнения работы

Заготовка – пруток устанавливается в трехкулачковом патроне токарного станка согласно схеме, приведенной на рис. 2.2.

Рис. 2.2. Схема установки заготовки

Для заготовки с диаметром d_0 = 15 мм длина консольной части должна составлять l = 160 мм, а при d_0 = 25 мм – l = 200 мм. После установки заготовка обрабатывается на размер d_0 для устранения погрешностей установки и погрешностей формы заготовки, что обеспечивает равномерность припуска при последующей обработке.

Рекомендуется свободный консольный конец заготовки зафиксировать с помощью заднего центра. Предварительная обработка выполняется с небольшой подачей S и глубиной резания t. После этого микрометром выполняется замер полученного диаметра заготовки d_0 и результат заносится в отчет.

Затем задний центр отводится от консольного конца заготовки и выполняется ее обтачивание по всей длине (кроме технологически необходимого участка $l_1 \leq 10$ мм).

При этом рекомендуются следующие диапазоны параметров используемого режима резания:

1) частота вращения шпинделя – n = 200 – 500 об/мин;
2) подача s = 0,1 – 0,3 мм/об;
3) глубина резания t = 0,5 – 1,0 мм.

После токарной обработки производится замер диаметров d_1, d_2 и d_3 в сечениях, соответствующих наибольшей длине вылета заготовки l, середине заготовки 0,5l и наименьшей длине вылета l_1 (рис. 2.3).

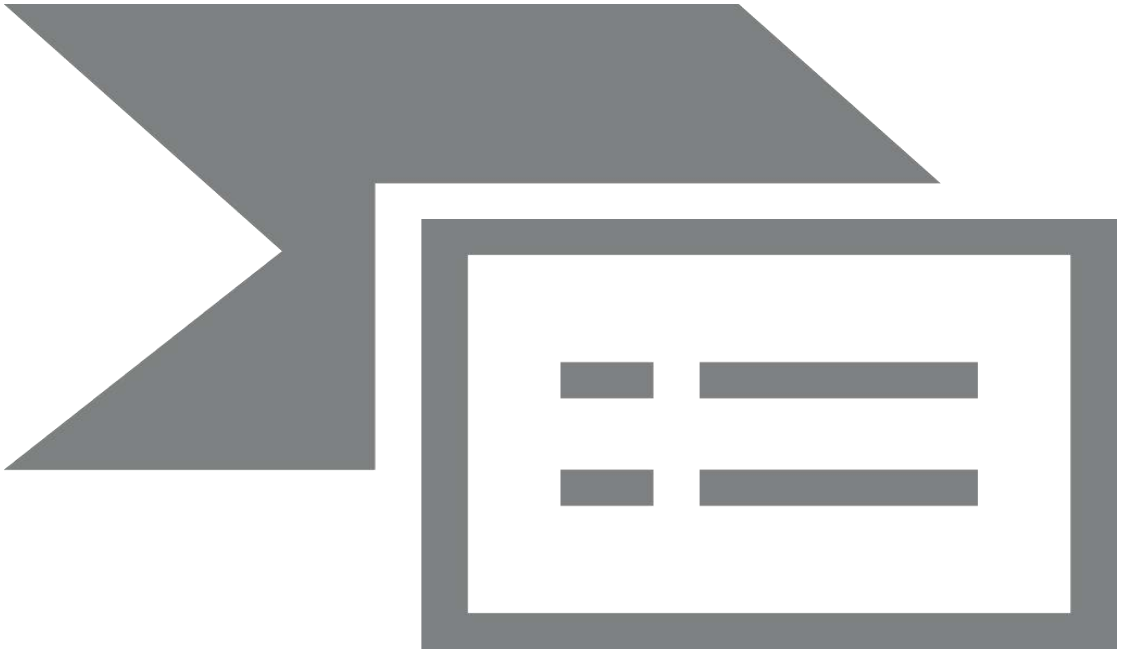


Рис. 2.3. Схема замера диаметров и размеров длин обработанной заготовки

Измерение диаметров выполняется микрометром с точностью до 0,01 мм, измерение длин – штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Результаты измерения заносятся в таблицу.

Методика выполнения работы и обработки результатов наблюдений

Необходимо произвести расчет ожидаемой погрешности формы заготовки после ее обработки под действием радиальной составляющей усилия резания P_y (влиянием сил P_z и P_x пренебрегаем).

При наружном продольном точении радиальная составляющая силы резания может быть определена по формуле [1]:

$$P_y = 10\ C_p \cdot s^y\ \cdot t^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1)$$

где $C_p = 243$ при обработке конструкционной стали с $\sigma_в = 750$ МПа твердосплавными резцами; t – глубина резания, мм;, S – подача, мм/об., V – скорость резания, м/мин.

Пренебрегая уменьшением глубины резания на конце заготовки, принимаем

$$t = \frac{d_o - d_з}{2}. \quad (2)$$

Скорость резания рассчитывается по формуле [1]

$$V = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot n}{1000}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов x, y, n, K_p приведены [1].

Прогиб консольно закрепленной заготовки у (мм) под действием радиальной составляющей силы резания P_y рассчитывается по следующей формуле [2] :

$$y = \frac{P_y \cdot l^3}{3E \cdot J}, \quad (4)$$

где J – осевой момент инерции сечения, мм^4;
для тел круглого сечения:

$$J = \frac{\pi \cdot d_0^4}{64}, \quad (5)$$

E – модуль упругости материала заготовки:

$E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа – для стали; $E = 1{,}05 \cdot 10^5$ МПа – для чугуна [1].

Определяются прогибы y и расчетные диаметры в трех сечениях заготовки на расстояниях l; $0{,}5l$ и l_1.

Все расчетные величины заносятся в таблицу.

Таблица 2.1

Экспериментальные и расчетные величины диаметров заготовки

Параметр образца	Положение сечений		
	l =	0,5l =	l_1 =
Диаметр до обработки	d_0 =		
Диаметр после обработки	d_1=	d_2 =	d_3 =
Прогиб	y_1 =	y_2 =	y_3 =
Расчетный диаметр $d_{р1} = d_0 - 2t + 2y$	$d_{р1}$ =	$d_{р2}$ =	$d_{р3}$ =

Сделать выводы на основе сопоставления фактически полученных диаметров с их расчетными величинами.

Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Схему замера диаметров и размеров длин обработанной заготовки (рис. 2.3).
3. Параметры используемого режима резания.
4. Расчет ожидаемых диаметров заготовки (см. табл. 2.1).
5. Параметры экспериментальных и расчетных величин диаметров заготовки (таблица).
6. Выводы по работе.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Чем объяснить разницу в расчетных и замеренных диаметрах?
2. Будут ли совпадать расчетные и замеренные диаметры в условиях обеспечения абсолютно жесткой заделки (крепления) детали в патроне?
3. Будут ли уменьшаться погрешности обработки при увеличении глубины резания и подачи?
4. Какую геометрическую форму будет иметь вал после обработки его с консольной установкой в патроне?
5. Какая форма детали получится в случае обработки вала в центрах?
6. Уменьшится ли погрешность формы детали при обработке материалов с меньшим модулем упругости?
7. Объясните появление такого вида отклонения профиля продольного сечения, как седловидность (или корсетность).

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога–машиностроителя. В 2–х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова – 5–е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001– 944 с.
2. Егоров М. Е. и др. Технология машиностроения, М.: Высшая школа, 1976, 526 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Цель работы

Ознакомиться с методикой использования методов математической статистики в технологии машиностроения и научиться использовать статистический метод исследования для определения точности обработки.

Краткие теоретические сведения

Метод математической статистики получил широкое распространение для обработки результатов различных исследований. В технологии машиностроения он применяется для анализа точности технологических процессов, работы металлорежущего оборудования и статистического контроля в процессе производства.

Задачами статистического анализа точности технологического процесса являются определение:

1. Суммарной точности механической обработки деталей.
2. Точности настройки станка.
3. Стабильности разработанного технологического процесса с выявлением и анализом причин, вызывающих его нарушение.

Металлорежущим станкам присущи погрешности взаимного расположения узлов и деталей – отклонение от параллельности, соосности, перпендикулярности и т. д. Поэтому при получении заданных размеров партии деталей неизбежны погрешности. Одни могут уве-

личивать размер детали, другие – уменьшать его. Алгебраическая сумма погрешностей, действующих одновременно, образует суммарную или результирующую погрешность обработки. Она является мерой точности выбранного метода обработки и режимов резания.

Для определения ожидаемой суммарной погрешности обработки пользуются следующими тремя методами:

1. С помощью таблиц экономической точности обработки.
2. Статистическим методом анализа точности обработки.
3. Расчетно-аналитическим методом.

Полученный размер детали является случайным событием, а значение размера – случайной величиной. Все случайные размеры обладают закономерностями, которые можно изобразить в виде кривых распределения в зависимости от вида погрешности.

Погрешности, возникающие в результате различных причин подразделяются на *систематические* (постоянные и переменные) и *случайные*.

Систематические постоянные погрешности не изменяются по величине при обработке одной или нескольких партий заготовок и возникают под влиянием действия постоянного фактора.

Пример

1. Погрешность изготовления оборудования, приспособлений и т. п.

   а) неперпендикулярность оси отверстий и базовой поверхности заготовки в результате неперпендикулярности оси шпинделя и плоскости стола вертикального сверлильного станка;

   б) ошибки межосевого расстояния отверстий вследствие неправильно выдержанных расстояний в кондукторе;

   в) погрешность изготовления мерного инструмента.
2. Неправильная градуировка шкалы.
3. Отклонение от нормальной температуры в помещении. Систематические переменные погрешности могут влиять на точность обработки непрерывно или периодически,

   непрерывно влияющая погрешность.

Пример

1. Погрешность, вызванная размерным износом режущего инструмента.
2. При обработке длинных валов наблюдается конусность.
3. а) периодически влияющая погрешность.

4. Погрешность, возникающая в результате температурной деформации станка в период его пуска до состояния теплового равновесия.
5. Накопленная погрешность микрометра, которая не сказывается при измерении малых величин, но сказывается при измерении больших величин.

Случайные погрешности – погрешности непостоянные по величине и знаку. Они возникают в результате большого количества не связанных между собой факторов. Определить момент их появления и величину случайных погрешностей значительно сложнее, поэтому сложнее и оказывать на них влияние. Зачастую повлиять на случайные погрешности можно лишь путем коренного изменения технологического процесса (например, вместо токарной обработки ввести шлифовальную).

Погрешность партии деталей называют постоянной, если погрешности деталей в партии одинаковы. Такая погрешность получается под действием постоянных факторов, неизменных в точение всей обработки партии деталей. У постоянной погрешности поле рассеивания равно нулю, т. е. рассеивание отсутствует.

Погрешность партии деталей называют закономерно изменяющейся, если по ходу обработки можно проследить закономерность в изменении погрешности деталей.

В этом случае форма кривой распределения зависит от закона изменения общего действия факторов, вызывающих погрешность.

Благодаря случайным погрешностям, размеры деталей в партии (серии) получаются различными с колебанием в пределах допуска.

При проведении статистических исследований часто заменяют опытные кривые распределения известными математическими кривыми распределения.

Исследования показали, что при работе на настроенных металлорежущих станках, когда нет резко доминирующих погрешностей по величине и по времени, распределение действительных размеров партии деталей обычно соответствует закону нормального распределения Ляпунова-Гаусса. Уравнение этой кривой имеет вид:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{x^2}{2\sigma^2}},$$

где y – частота появления погрешности; e – основание натурального логарифма, равное 2,7182; σ – среднее квадратичное отклонение размера.

Особенностью кривой нормального распределения является то, что с увеличением σ кривая сплющивается, ветви раздвигаются (рис. 3.1). Следовательно, σ является мерой рассеивания размеров.

Для оценки точности токарной обработки в работе применяется статистический метод исследования, который позволяет путём анализа кривых рассеяний размеров подсчитать процент брака, т. е. установить пригодность процесса для достижения определённой величины заданного допуска. В результате действия случайных погрешностей происходит рассеяние действительных размеров исследуемой величины, которое можно представить в виде таблиц или графиков. Для этого производится измерение 25 деталей.

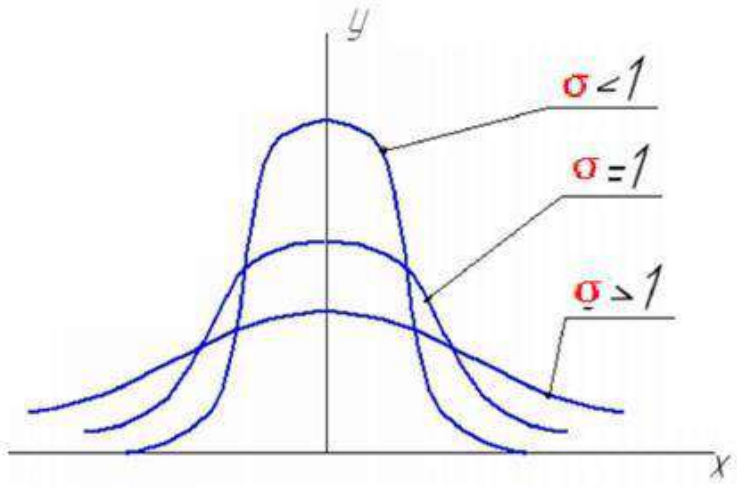


Рис. 3.1. Изменение формы кривой нормального распределения в зависимости от среднего квадратичного отклонения размера

Предварительно заготовка обрабатывается на токарном станке при одной настройке без смены и подналадки инструмента. Предварительная настройка осуществляется на размер, заданный преподавателем. После настройки лимб нониуса поперечной подачи устанавливается на ноль. После обработки каждой детали резец отводится от детали и затем вновь устанавливается в нужное положение по нониусу станка.

Рассеяние размеров подчиняется закону нормального распределения. Для построения кривой фактического распределения размеров, после измерения всех обработанных деталей, полученные размеры разбивают на группы в пределах определенного интервала. Цена интервала выбирается несколько больше цены измерения инструмента. Так, например, при измерении микрометром цена интервала принимается равной 0,02 или 0,05 мм. Результаты заносятся в таблицу (табл. 3.2) и на график (рис. 3.2).

При построении графика по оси ординат откладывают число заготовок с одинаковыми размерами, а по оси абсцисс – их размеры.

После соединения точек получается ломаная линия. При большом количестве точек эта кривая приближается к кривой нормального распределения.

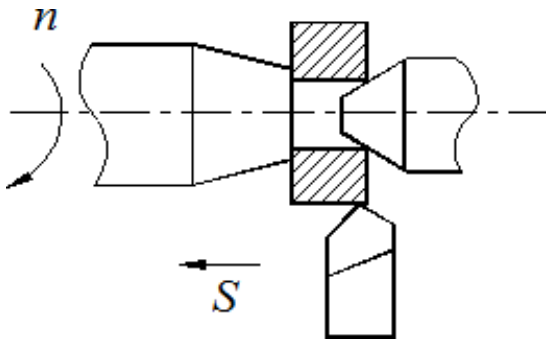


Рис. 3.2. Схема настройки

Для сопоставления полученной кривой с кривой нормального распределения на графике строят по точкам y_{max}, y_{min}, y_{σ} кривую нормального распределения. После этого проводят две вертикальные линии, ограничивающие поле допуска (заданного преподавателем). Если эти линии охватывают кривую распределения, то брака не будет. Если поле допуска окажется внутри кривой распределения, то брак неизбежен. По соответствующим формулам математической статистики можно подсчитать процент брака.

Для того, чтобы определить, насколько полученная кривая рассеяния фактических размеров приближается к теоретической кривой нормального распределения, обе кривые совмещаются в одинаковом масштабе.

Оборудование:

Токарно-винторезный станок.
Резцы проходные твердосплавные.
Микрометр.
Специальные образцы – 25 шт.

Порядок проведения работы

1. Записать техническую характеристику измерительного инструмента.

2. Настроить станок на обработку образцов в размер с указанными предельными отклонениями, заданный преподавателем. (например для $\emptyset\, 50^{+0,10}_{-0,06}$, определяется средний размер $\frac{50,1+49,94}{2} === 50,03$, затем методом пробных стружек на первом образце настраиваемся на размер 50,03 мм, следующие образцы обрабатываются при полученной настройке без смены и подналадки инструмента).
3. Провести измерение действительных размеров с помощью микрометра.
4. Полученный результат занести в табл. 3.1.
5. Произвести математическую обработку результатов. Подсчитать средний измеренный размер диаметра ($d_{ср}$), построить гистограмму распределения размеров, подсчитать среднее квадратичное отклонение.
6. Определить вероятность появления годных деталей и возможного брака, наметить мероприятия по его уменьшению.

Измерение размеров партии деталей в количестве не менее 25 штук проводят по диаметру (d). Средний измеренный размер:

$$d_{\text{ср}} = \frac{d_1+d_2+d_3+ \ldots +d_n}{n} = \frac{1}{n}\sum d_i ,$$

где n – действительное число измеренных деталей в партии.

Таблица 3.1

Результаты измерений

№№ п/п	Размер	№№ п/п	Размер	№№ п/п	Размер	№№ п/п	Размер	№№ п/п	Размер
1	17,89	6	17,92	11	17,93	16	17,94	21	17,94
2	17,95	7	17,95	12	17,96	17	17,96	22	17,96
3	17,97	8	17,97	13	17,97	18	17,98	23	17,98
4	17,98	9	17,99	14	17,98	19	18,00	24	18,00
5	18,01	10	18,02	15	18,02	20	18,04	25	18,05

Среднее квадратичное отклонение размера:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(d_1- d_{\text{ср}})^2+(d_2- d_{\text{ср}})^2+(d_3- d_{\text{ср}})^2+ \ldots + (d_1- d_{\text{ср}})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}},$$

где $x_i = d_i - d_{\text{ср}}$.

Разница между наибольшим и наименьшим размерами детали называется *полем рассеяния*. Величина поля рассеяния $\omega = 6\sigma$ (т. е. от -3σ до $+3\sigma$).

Для построения графика рассеяния фактических размеров d поле рассеяния разбивается на интервалы Δd. Количество интервалов N для удобства построения выражается нечетным числом и берется обычно равным $7 \div 15$.

$$\Delta d = \frac{d_{i\max} - d_{i\min}}{N}.$$

По данным измерений составляется табл. 3.2.

Таблица 3.2

Результаты расчетов

Интервал	Частота m	$L_m \cdot m_i$	$X_i = L_m - x$	$X_i^2 \cdot 10^4$	$X_i^2 \cdot m \cdot 10^4$
17,89–17,91	1	17,90	–0,08	64	64
17,91–17,93	1	17,92	–0,06	36	36
17,93–17,95	3	53,82	–0,04	16	48
17,95–17,97	5	89,80	–0,02	4	20
17,97–17,99	6	107,88	0	0	0
17,99–18,01	4	72,00	+0,02	4	16
18,01–18,03	3	54,06	+0,04	16	48
18,03–18,05	1	18,04	+0,06	36	36
18,05–18,07	1	18,060	+0,08	64	64
	25	449,48			332

Примечание: L_m – среднее значение интервала размеров.

Средний арифметический размер (x) определяется по формуле

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i M_i = \frac{449,48}{25} = 17,979 \approx 17,98$$

Среднее квадратичное отклонение (σ) определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i^2 mi} = \sqrt{\frac{332}{10^4 \cdot 25}} = 0,0365 \approx 0,04 .$$

Для сокращения расчетов и упрощения примерного построения кривой нормального распределения можно ограничиться определением только трех параметров: максимальной ординаты $y_{\max}$ (при $x = \overline{x}$),

ординаты точек перегиба y_σ (при $x = \pm \sigma$) и величины поля рассеяния $\omega = \pm 3\sigma$.

На графике эмпирической кривой (ломаной) распределения построить теоретическую кривую распределения (кривая Гаусса) по 7 точкам, 6 из которых симметричны относительно x.

$$y_{max} = 0{,}4\frac{n\cdot\Delta l}{\sigma} = 0{,}4\frac{25\cdot 0{,}02}{0{,}04} = 5{,}0 \quad \text{при } x = \bar{x},$$

$$y_\sigma = 0{,}242\frac{n\cdot\Delta l}{\sigma} = 0{,}242\frac{25\cdot 0{,}02}{0{,}04} = 3{,}0 \quad \text{при } x_\sigma = \bar{x} \pm \sigma,$$

$$y_{2\sigma} = 0{,}054\frac{25\cdot 0{,}02}{0{,}04} = 0{,}7 \quad \text{при } x_{2\sigma} = \bar{x} \pm 2\sigma,$$

$$y_{3\sigma} = 0 \quad \text{при } x_{3\sigma} = \bar{x} \pm 3\sigma.$$

где y_{max} – максимальная ордината, y_σ – ордината точки перегиба.

По этим данным строится приближенная теоретическая кривая нормального распределения (рис. 3.2). Чем она круче, тем меньше величина σ и тем выше качество технологического процесса, и наоборот.

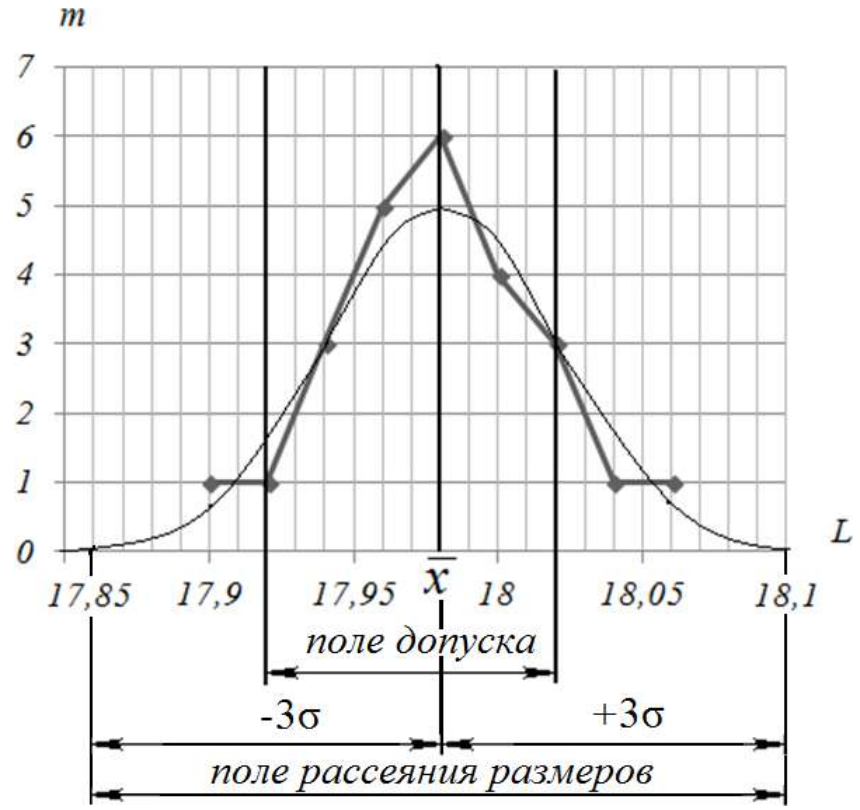


Рис. 3.2. Кривая рассеяния фактических размеров L и кривая нормального распределения

Для того, чтобы определить, насколько полученная кривая рассеяния фактических размеров приближается к теоретической кривой

нормального распределения, обе кривые совмещаются в одинаковом масштабе.

На графике провести две вертикальные линии, ограничивающие поле допуска.

Суммируя табличные значения половины предельных площадей под кривой нормального распределения от t_i, находим вероятность получения годных деталей.

$$P = \Phi(t_1) + \Phi(t_2).$$

Ожидаемый общий процент брака определяется по следующей формуле: $P_1 = 100 - P$.

По формулам математической статистики определить вероятность получения брака, %.

Для случая смещения центра поля рассеяния от середины поля допуска определяется величина смещения центра для поля рассеяния по формуле.

,

$$\Delta L_ц = \bar{x} - \frac{L_в + L_н}{2} = 17{,}98 - \frac{18{,}03 + 17{,}92}{2} = 0{,}005\,мм$$

где $L_в$ *и* $L_н$ – координаты линий поля допуска.

Вероятность получения брака (P %) по верхнему пределу допуска (+):

$$P = 0{,}5 - \Phi\,(t)\cdot 100,\ \%.$$

По нижнему пределу допуска (–):

$$P = 0{,}5 - \Phi\,(t)\cdot 100,\ \%,$$

где Ф – функция Лапласа.

Значение аргумента определяется по формулам:

$$t_в = \frac{L_в - \bar{x}}{\sigma} = \frac{18{,}03 - 17{,}98}{0{,}04} = 1{,}25$$

$$t_н = \frac{L_в - \bar{x}}{\sigma} = \frac{17{,}92 - 17{,}98}{0{,}04} = -1{,}5.$$

Величина функции Лапласа определяется по таблицам математической статистики [табл. 3.3 в конце работы]:

$$P_в = (0{,}5 - 0{,}3944)\cdot 100 = 10{,}56\ \%\ ;$$
$$P_н = (0{,}5 - 0{,}4332)\cdot 100 = 6{,}68\ \%\ .$$

Для случая совмещения центра поля рассеяния с серединой поля допуска ($\Delta L_y = 0$):

$$P = \left[1 - 2\Phi\left\{\frac{L_в - L_н}{2 \cdot \sigma}\right\}\right] \cdot 100$$

$$P = \left[1 - 2\Phi\left\{\frac{18{,}03 - 17{,}92}{2 \cdot 0{,}04}\right\}\right] \cdot 100 = 1 - 2\Phi(1{,}375) = 16{,}94\ \%.$$

Определение процента брака по кривым рассеяния не позволяет установить момента появления брака, т. е. не отражает последовательность обработки. Этот недостаток можно восполнить путём построения точечных диаграмм.

Для построения такой диаграммы по оси абсцисс откладывают номера последовательно обрабатываемых деталей, а по оси ординат – фактические размеры каждой детали.

Содержание отчёта

В отчёте должно быть название работы, цель, оборудование, схема настройки, протоколы измерения, весь ход расчёта кривых распределения, выводы.

Таблица 3.3

Значение величины Ф(t)/2 (половины предельных площадей под кривой нормального распределения)

t	Ф(t)/2	t	Ф(t)/2	t	Ф(t)/2	t	Ф(t)/2
0,00	0,0000	0,90	0,3160	1,80	0,4640	2,70	0,4965
0,05	0,0200	0,95	0,3290	1,85	0,4560	2,75	0,4970
0,10	0,0400	1,00	0,3415	1,90	0,4715	2,80	0,4975
0,15	0,0595	1,05	0,3530	1,95	0,4743	2,85	0,4975
0,20	0,0795	1,10	0,3045	2,00	0,4775	2,90	0,4980
0,25	0,0985	1,15	0,3760	2,05	0,4800	2,95	0,4985
0,30	0,1180	1,20	0,3850	2,10	0,4820	3,00	0,49865
0,35	0,1370	1,25	0,3945	2,15	0,4840	3,10	0,4990
0,40	0,1555	1,30	0,4030	2,20	0,4860	3,20	0,4995
0,45	0,1735	1,35	0,4115	2,25	0,4880	3,30	0,4995
0,50	0,1915	1,40	0,4190	2,30	0,4895	3,40	0,4995
0,55	0,2090	1,45	0,4265	2,35	0,4905	3,50	0,49975
0,60	0,2255	1,50	0,4330	2,40	0,4920	3,60	0,49985
0,65	0,2420	1,55	0,4395	2,45	0,4930	3,70	0,4999
0,70	0,2580	1,60	0,4450	2,50	0,4940	3,80	0,49993
0,75	0,2735	1,65	0,4495	2,55	0,4945	3,90	0,49996
0,80	0,2680	1,70	0,4565	2,60	0,4955	4,00	0,4997
0,85	0,3025	1,75	0,4600	2,65	0,4960	5,00	0,5000

Литература

1. Егоров М. Е. и др. Технология машиностроения. М., 1976, 534 с.
2. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М. Машиностроение, 1979, 340 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА

Цель работы

Ознакомление с методиками определения жесткости технологической системы экспериментальными методами Определить жесткость токарного станка в 3–х точках по длине станины.

Краткие теоретические сведения

При обработке на металлорежущих станках технологическая система (ТС) подвергается упругим деформациям под действием сил, приложенных к ее звеньям. Это приводит к изменению настроенного положения между деталью и режущим инструментом.

Наибольшее влияние на изменение настроенного положения оказывает составляющая силы резания (P_y), направленная радиально к обрабатываемой поверхности.

Под влиянием силы резания в упругой системе, «станок – приспособление – инструмент – деталь» (СПИД) возникают деформации, которые приводят к изменению положения режущей кромки относительно обрабатываемой детали (за счет этого изменяются размеры обрабатываемой детали, появляются отклонения от правильной геометрической формы и т. п.).

Под жесткостью системы СПИД понимается способность системы оказывать сопротивление действию сил, стремящихся её деформировать. Жесткость системы СПИД определяется отношением радиальной составляющей силы резания (Py) к величине смещения режущей кромки (y).

$$j = \frac{P_y}{y}$$

Жесткость системы СПИД имеет важное значение в технологии машиностроения, так как от неё зависит и точность, и производи-

тельность обработки. В настоящей работе определяется жесткость токарного станка.

Существует два метода определения жесткости: статический и динамический (производственный). В настоящей работе используется производственный метод. При этом методе жесткость определяется непосредственно в процессе обработки заготовки.

Оборудование:

1. Токарно-винторезный станок.
2. Специальные образцы (2 шт.).
3. Резцы проходные.
4. Микрометр.
5. Схема настройки.

1.

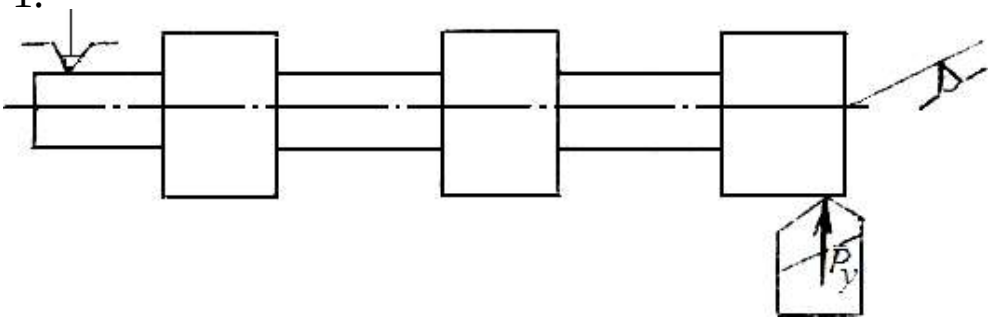


Рис. 4.1. Схема настройки

Порядок выполнения работы

1. Измеряется геометрия резца: γ, α, λ, φ, φ' (град), r (мм).
2. Определяется жесткость по методике № 1
3. Определяется жесткость по методике № 2.
4. Определяется износ резца h_3 (мм) после точения каждого образца.

Определение жесткости по методике № 1

В начале работы измеряется диаметр каждой ступени образца (d). Затем производится точение образца при подаче S = 0,2 мм/об., глубине резания t = 0,3 мм.

После точения с прямой подачей (резец движется от задней бабки к передней) производится измерение диаметров каждой ступени (d). Затем, не меняя положения резца, производится точение с обрат-

ной подачей (без врезания), после чего вновь повторно замеряются диаметры всех ступеней (d_0).

Вследствие наличия деформации в системе СПИД, происходящей под воздействием сил резания, при точении с обратной подачей резец также будет снимать стружку.

Данные опытов заносятся в таблицу – протокол №1 и 2.

Опыты проводятся на двух образцах равной длины.

Протокол № 1 (№ 2) для образца l =___мм.

№ измерения	Диаметры ступеней, мм								
	У передней бабки			Посередине			У задней бабки		
	d	$d_П$	$d_О$	d	$d_П$	$d_О$	d	$d_П$	$d_О$
1									
2									
3									
Среднее									

Расчет жесткости производится по формуле

$$j = C_y \cdot S^{0,75} \cdot HB^{2,0} \left(\frac{d - d_n}{d_n - d_o} - 1\right)$$

где $C_у$ – постоянный коэффициент; $C_у$ = 0,0027 при φ = 45°; γ = 0°; λ = 0°, r = 2 мм, $h_З$ = 2 мм.

Для резцов, имеющих другую геометрию, следует участь поправочные коэффициенте (см. приложение к лаб.работе 4).

Для образцов твердость –. HB = 156 (ст.20); HB = 179 (ст.30); HB = 217 (ст.40).

Определение жесткости по методике №2

В начале работы измеряются диаметры каждой ступени образца (d).

Затем по лимбу станка устанавливается заданная глубина резания ($t_З$).

После точения измеряется диаметр каждой ступеньки ($d_п$) и определяется фактическое значение глубины резания ($t_Ф$).

Вследствие деформации в системе СПИД $t_Ф$ не будет соответствовать $t_З$.

Данные опытов заносятся в таблицу – протокол № 3 (4). Опыты проводятся на двух образцах равной длины

Протокол № 3(4) для образца l =____мм

№ измере-ния	Результаты измерений, мм											
	У передней бабки				Посередине				У задней бабки			
	$t_з$	d	$d_п$	$t_Ф$	$t_з$	d	$d_п$	$t_Ф$	$t_з$	d	$d_п$	$t_Ф$
1												
2												
3												
Среднее												

Расчет жесткости производится по формуле

$$j = \frac{C_y \cdot s^{0,75} \cdot HB^{2,0} \cdot t^{0,5}_{ф}}{t_з - t_ф}$$

Значение коэффициента C_y принимается такое же, как и в предыдущей методике.

Приложение

Поправочные коэффициенты к определению коэффициента C_y

φ,°	30	45	60	75	90
$k_φ$	1,63	1,0	0,7	0,54	0,44

γ,°	–2	0	2	4	6
$k_γ$	1,1	1,0	0,98	0,85	0,78

λ,°	0	2	4	5
$k_λ$	1,0	1,1	1,2	1,25

$h_з$, мм	0	0,5	1,0	1,5	2,0
k_h	0,4	0,52	0,65	0,82	1,0

r, мм	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	2,0
k_r	0,41	0,57	0,66	0,76	0,81	1,0

Содержание отчета

В отчете должно быть название работы, цель, оборудование, схема настройки, протоколы намерений, необходимые расчеты и краткий вывод.

Литература

1. "Технология машиностроения", М. Е. Егоров и др. М. Высшая школа, 1976 – 526 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ТОКАРНО–ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА

Цель работы

Изучение методики определения геометрической точности узлов токарного станка в соответствии с ГОСТ 18097–93.

Краткие теоретические сведения

Точность обрабатываемых деталей во многом определяется точностью работы станка. Последняя в свою очередь зависит от многих условий: качества установки и выверки станка на фундаменте, степени износа его деталей, величины зазора в подвижных соединениях, прочности крепления и фиксации деталей и узлов и т.п. Для получения деталей правильной формы с точно выдержанными размерами необходимо, чтобы станок, на котором они изготовляются, имел требуемую точность.

Точность металлорежущих станков нормируется государственными стандартами.

Снижение требуемой точности станка приводит к появлению погрешностей у обрабатываемых деталей и получению брака.

Задание по работе:

Пользуясь данным руководством, следует ознакомиться с методикой проверки точности станка и произвести проверку, после чего дать заключение о его пригодности к дальнейшей работе.

Класс точности проверяемого станка – Н.

Необходимый инструмент и приспособления для выполнения работы:

1. Индикатор на стойке.
2. Комплект оправок из трех штук.
3. Линейка ≥ 300мм.
4. Микрометр.

Индикатор часового типа

Во втулке *1* индикатора (рис. 5.1) расположен мерительный штифт *2* с наконечником *3*. Перемещение штифта с помощью зубчатой передачи, расположенной в корпусе, передается на стрелку *4*, причем один оборот стрелки соответствует перемещению штифта на *1* мм. Число целых оборотов стрелки (целые мм) отсчитываются по шкале указателя оборотов *5*, а часть оборота (сотые доли мм) – по шкале *6*.

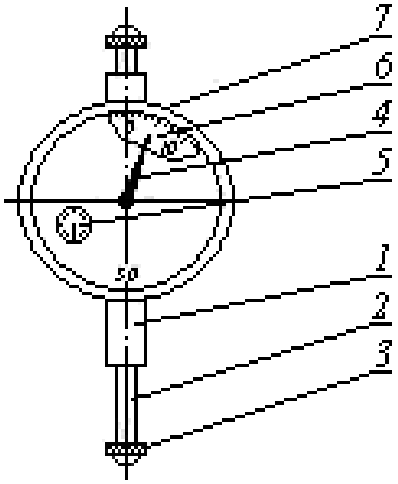


Рис. 5.1. Индикатор часового типа

Для установки индикатора на нуль, необходимо повернуть за ободок *7* циферблат до совпадения нулевого штриха шкалы *6* со стрелкой *4*.

Для замеров надо установить и закрепить стойку с индикатором напротив проверяемой поверхности и привести наконечник индикатора в соприкосновение с ней.

Индикатор при этом должен иметь натяг 1 – 2 оборота.

Ось мерительного штифта индикатора должна располагаться перпендикулярно проверяемой поверхности.

Порядок проверка точности станка

Проверка 1.1. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости.

Наибольшая длина перемещения: от 320 до 500 мм.

Допускаемое отклонение – 16 мкм в сторону от оси центров.

Проверка при помощи оправки и индикатора.

В центрах передней *4* и задней *5* бабок (рис. 5.2) устанавливают оправку *2* с цилиндрической измерительной поверхностью.

Резцедержатель должен быть расположен возможно ближе к оси центров станка.

На суппорте *1* (в резцедержателе) укрепляется индикатор *3* так, чтобы его измерительный наконечник касался боковой образующей оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

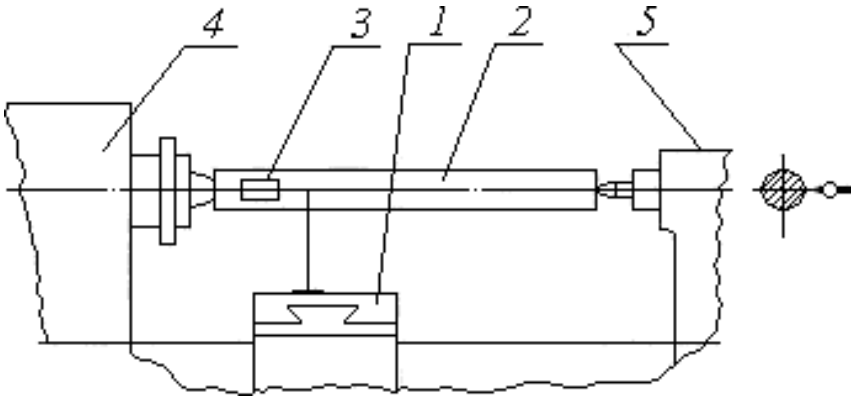


Рис. 5.2. Схема установки индикатора

Показания индикатора на концах оправки должны быть одинаковыми.

Суппорт перемещают в продольном направлении на всю длину хода.

Отклонения определяют как наибольшую алгебраическую разность показания индикатора.

Проверка 1.2. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости.

Наибольшая длина перемещения – от 320 до 500 мм.

Допуск – 20 мкм. Вогнутость не допускается.

Проверка при помощи оправки и индикатора *3*.

В центрах передней *4* и задней *5* бабок устанавливают оправку *2* с цилиндрической измерительной поверхностью. Резцедержатель должен быть расположен возможно ближе к оси центров станка.

На суппорте *1* (в резцедержателе) укрепляют индикатор *3* так, чтобы его измерительный наконечник касался верхней (нижней) образующей оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

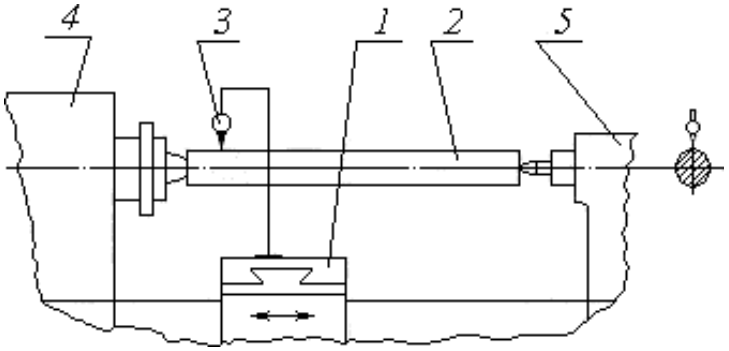


Рис. 5.3. Схема установки индикатора *3*

Суппорт перемещают в продольном направлении на всю длину хода.

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора (если показания индикатора на концах оправки не одинаковое, то из результатов отклонений следует вычесть погрешность, вызванную установкой оправки).

Замеры повторяются три раза.

Проверка 1.3. Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя передней бабки под патрон (рис. 5.4).

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия до 250 мм.

Допуск – 8 мкм.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия – от 50 до 800 мм.

Допуск – 10 мкм.

На неподвижной части станка укрепляют индикатор *1* так, чтобы его измерительный наконечник касался проверяемой поверхности *2* и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

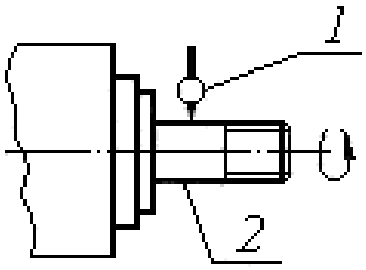


Рис. 5.4. Схема установки индикатора *1*

Шпиндель приводят во вращение в рабочем направлении. Шпиндель при измерении должен сделать не менее двух оборотов. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора.

Проверка 1.4. Радиальное биение конического отверстия шпинделя передней бабки, проверяемое:

а) у торца;

б) на длине *J.*

Для 1.4, *а* допуск – 10 мкм.

Для 1.4, *б* допуск – 16 мкм на *J* = 200 мм.

В отверстие шпинделя *1* (рис. 5.5) вставляют контрольную оправку *3* с цилиндрической измерительной поверхностью.

На неподвижной части станка укрепляют индикатор 2 так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

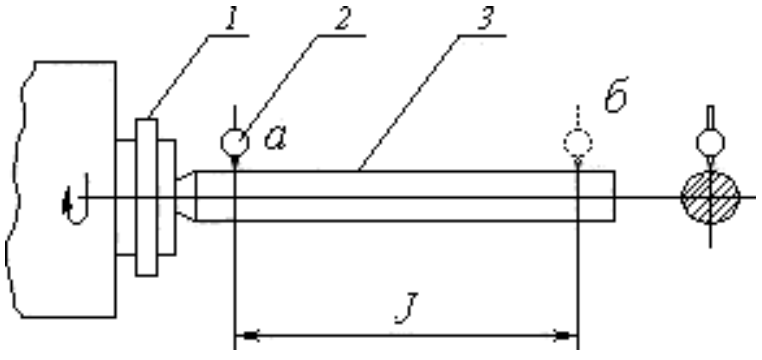


Рис. 5.5. Схема установки индикатора 2

Шпиндель приводят во вращение (в рабочем направлении).

При каждом измерении шпиндель должен сделать не менее двух оборотов.

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в каждом положении.

Проверка 1.5. Параллельность оси вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта:

а) в вертикальной плоскости;

б) в горизонтальной плоскости.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия до – 250 мм.

Для 1.5, *а* допуск 12 мкм на J = 150 мм.

Для 1.5, *б* допуск 6 мкм на J = 150 мм.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия – от 250 до 400 мм

Для 1.5, *а* допуск 16 мкм на J = 200 мм.

Для 1.5, *б* допуск 8 мкм на J = 200 мм.

В отверстие шпинделя *1* вставляют контрольную оправку *3* с цилиндрической измерительной поверхностью.

На суппорте *4* (в резцедержателе) (рис. 5.6) укрепляют индикатор *2* так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

Суппорт перемещают в продольном направлении на всю длину хода J.

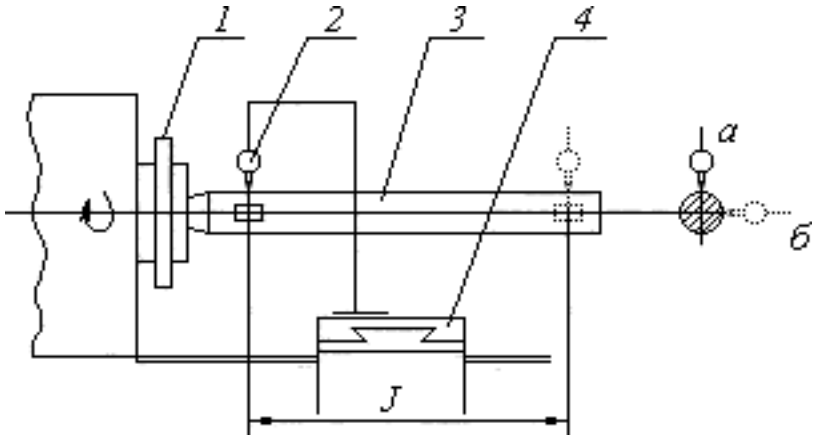


Рис. 5.6. Схема установки индикатора 2

Измерения производят по двум диаметрально противоположным образующим оправки (при повороте шпинделя на 180°).

Отклонение определяют как среднюю арифметическую результатов не менее чем двух измерений в каждой плоскости, каждый из

которых определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора при перемещении суппорта.

Проверка 1.6. Параллельность оси конического отверстия пиноли задней бабки перемещению суппорта:

а) в вертикальной плоскости;

б) в горизонтальной плоскости.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия – до 250 мм.

Для 1.6, *а* допуск 16 мкм на J = 150 мм.

Для 1.6, *б* допуск 16 мкм на J = 150 мм.

Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия – от 250 до 400 мм.

Для 1.6, *а* допуск 20 мкм на J = 200 мм.

Для I.6, *б* допуск 20 мкм на J = 200 мм.

Заднюю бабку с полностью вдвинутой пинолью устанавливают на расстоянии от торца шпинделя до торца пиноли примерно равном наибольшему диаметру обрабатываемого на станке изделия.

Заднюю бабку и пиноль закрепляют.

В отверстие пиноли *3* (рис. 5.7) вставляют контрольную оправку *1* с цилиндрической измерительной поверхностью.

В суппорте *4* устанавливают индикатор *2* так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

Суппорт перемешают в продольном направлении на длину J.

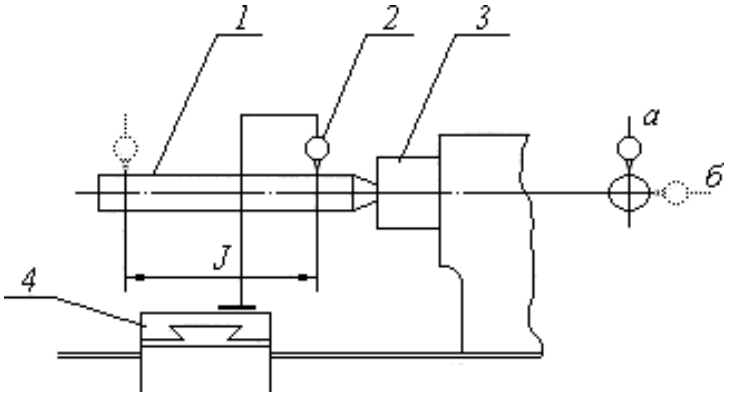


Рис. 5.7. Схема установки индикатора 2

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в указанных положениях суппорта.

Содержание отчета:

1. Станок: ...
2. Модель станка: …
3. Наибольший диаметр обрабатываемого на станке изделия: …
4. Сводная таблица (табл. 5.1).
5. Заключение об износе узлов станка.

Таблица 5.1

Результаты измерения точности станка модели …

Проверка	Что проверяется	Эскиз	Допуск в мкм	Результаты замеров	Среднее арифметическое	Величина отклонения от допустимого в мкм
1.1	Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости		16	1) 2) 3)		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ РАЗМЕРА ПО ЛИМБУ СТАНКА

Цель работы

Ознакомиться с методикой оценки погрешности при установке размера по лимбу станка.

Краткие теоретические сведения

При изготовлении деталей на металлорежущих станках часто приходится пользоваться лимбами, дающими возможность отсчитывать необходимые перемещения узлов станка. При пользовании лимбами (даже при перемещении на целое число делений лимба) не представляется возможным точно получить необходимое перемещение ввиду влияния погрешности установки.

Погрешность установки размера по лимбу станка является случайной погрешностью и зависит от многих переменных факторов: ве-

личины силы трения в направляющих, жесткости цепи перемещения, износа винтовой пары, зрения рабочего, освещенности рабочего места, ширины штрихов на шкале лимба, неточности шага винта, неточности нанесения делений на лимбе и др.

Величину погрешности установки по лимбу станка можно найти на основании наблюдений, построения кривых распределения и их математической обработки.

Для получения данных, по которым строится кривая распределения, необходимо многократно устанавливать узел станка в одно и то же положение по лимбу, фиксируя каждый раз измерительным прибором фактическое положение узла.

При такой методике проведения работы не учитываются составляющие погрешности установки, обусловленные неточностью шага винта и неточностью нанесения делений лимба, но значительно упрощается техника проведения эксперимента.

Указанные составляющие общей погрешности установки, как известно, не могут иметь значительной величины, а поэтому такое упрощение не вносит заметной ошибки в результаты эксперимента.

Порядок проведения работы

Работу следует выполнять в такой последовательности:

1. Установить лимб станка на выбранное деление.
2. Закрепить на неподвижном узле станка индикаторную стойку. Измерительный наконечник индикатора должен касаться перемещающейся (при опыте) детали станка (рис. 6.1). Индикатор может быть установлен на любое деление с некоторым натягом.
3. С помощью винта (поворачивая рукоятку винта в обратном направлении) отвести назад (на 0,5 – 1 оборот винта) перемещающийся узел так, чтобы обязательно был выбран зазор в винтовой паре.
4. Поворачивая рукоятку винта, переместить узел станка до совпадения риски выбранного деления лимба с неподвижной отметкой. Окончательную доводку совпадения рисок произвести легким постукиванием руки по рукоятке винта. Записать показание индикатора.
5. Многократно (80 – 120 раз) повторить п. 3 и 4. Показания индикатора записать в табл. 6.1

6. Построить точечную диаграмму, в которой по оси абсцисс откладываются порядковые номера наблюдений, а по оси ординат – отсчет при наблюдении.
7. Произвести разбивку на интервалы и построить опытную кривую распределения.
8. Для удобства обработки результатов наблюдений показания индикатора после построения точечной диаграммы сгруппировать и свести в табл. 6.2.

Таблица 6.1

Результаты измерений

Номер установки узла	Показания индикатора, мкм	Номер установки узла	Показания индикатора, мкм

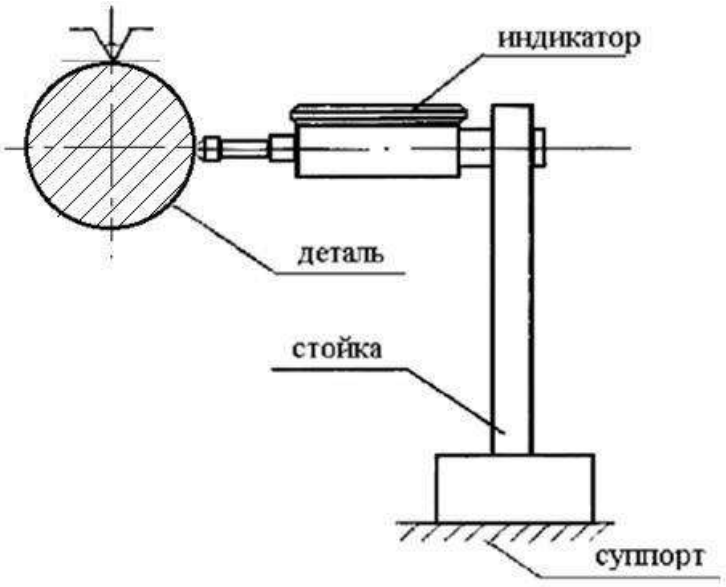


Рис. 6.1. Крепление индикатора для установки размера по лимбу станка

9. Подсчитать значения x σ и 6σ

10. Свести в табл. 6.3 данные для построения кривой нормального распределения.

11. Построить кривую нормального распределения, совместив ее с опытной кривой распределения.

При построении теоретической кривой абсциссы откладывать от среднего арифметического значения $\bar{x}$.

12. Составить отчет.

Таблица 6.2

Результаты расчетов

Границы интервала измерения	Среднее значение Интервала, $x_{i\text{ср}}$	Частота, m_i	$x_{i\text{ср}} \cdot m_i$	$x_{i\text{ср}} - \overline{x}$	$(x_{i\text{ср}} - \bar{x})^2$
$x_1 - x_2$ $x_2 - x_3$ и т.д.					
			$\sum x_{i\text{ср}} \cdot m_i$		$\sum (x_{i\text{ср}} - \bar{x})^2$

Таблица 6.3

Данные для построения кривой нормального распределения

x	$z = \frac{x}{\sigma}$	y	$m_i = y\,\frac{n\Delta x}{10^4 \cdot \sigma}$
0 $0{,}5 \cdot \sigma$ и т. д.	0		

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены следующие данные:

1. наименование работы;
2. наименование, модель и характеристика станка;
3. шаг винта перемещений и цена деления лимба;
4. схема измерения погрешности;
5. данные об измерительных приборах;
6. результаты опытов (по форме табл. 6.1, 6.2, 6.3);
7. построение точечной диаграммы и ее анализ, определение наличия систематической постоянной или систематической закономерной погрешности;
8. расчет величин $\bar{x}$, σ и 6σ;
9. графическое построение опытной кривой распределения и кривой нормального распределения;
10. выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7
ВЫБОР СХЕМЫ ТОЧЕНИЯ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА

Цель работы

Ознакомиться со схемами обработки ступенчатых валиков при работе на ненастроенных станках.

Краткие теоретические сведения

Обтачивание валов и других деталей (тел вращения) обычно разделяется на две операции*: черновое* (предварительное) и *чистовое* (окончательное) *обтачивание*. При черновом обтачивании снимают большую часть припуска; обработка производится с большой глубиной резания и большой подачей.

Рассмотрим несколько схем обточки ступенчатых валиков. При черновой обработке производительность зависит от выбора схемы, а при чистовой обработке – от характера простановки размеров и точности отдельных ступеней.

Черновое (предварительное) обтачивание вала, имеющего несколько ступеней и изготовленного из проката, можно выполнять по различным схемам обработки. На рис. 7.1 представлены три схемы обтачивания ступенчатого вала (цифрами обозначены порядковые номера переходов, прописными буквами – ступени вала). При обтачивании по схеме *А* каждую ступень вала обтачивают, начиная с торца, и таким образом всю обработку вала производят за три прохода: за 1-й проход обтачивают ступени *а* и *б* и *в,* за 2-й проход – ступени *а* и *б* и за 3-й проход – ступень *а*.

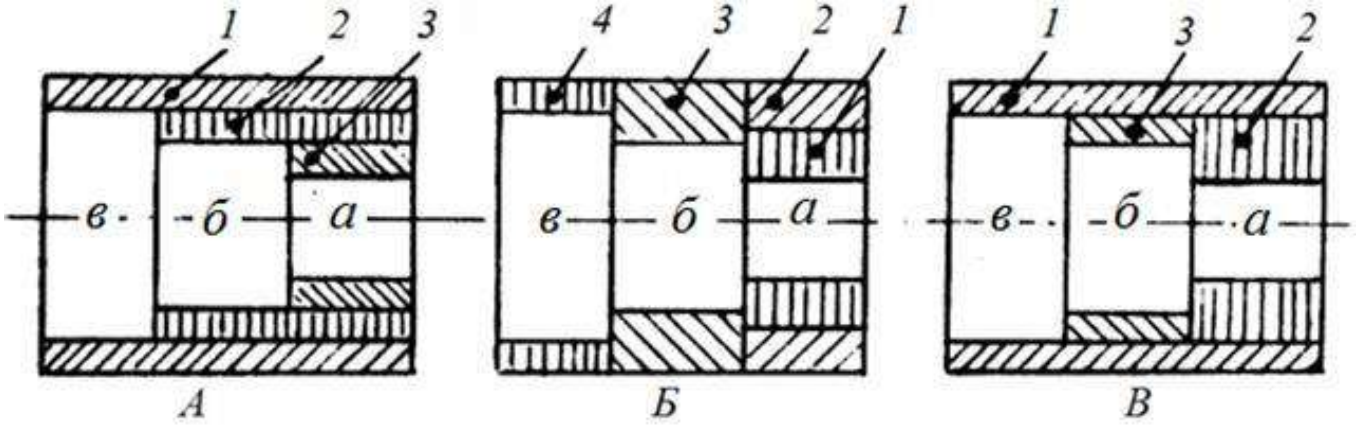


Рис. 7.1. Схемы точения образцов (*1, 2, 3 ,4* – обозначение последовательности снятия припуска – переходы)

При обтачивании по схеме *Б* каждую ступень вала обтачивают отдельно: ступень *а* вследствие большой глубины резания обтачивается за два прохода (1-й и 2-й); ступень *б* – за один проход (3-й) и ступень *в* – за один проход (4-й).

Комбинированная схема обработки *В* предусматривает обтачивание ступени *в* за 1-й проход, начиная с торца, ступень *а* обтачивается за 2-й проход и ступень *б* – за 3-й проход.

На выбор той или иной схемы влияют величина припусков на отдельных ступенях вала и соотношение размеров ступеней: диаметра и длины. Схема, обеспечивающая наименьшее время обработки, наиболее выгодна.

Оборудование

1. Токарно-винторезный станок.
2. Резцы проходные с $\varphi = 90°$.
3. Образцы – три валика.
4. Измерительный инструмент – штангенциркуль, цена деления 0,1.
5. Схема установки заготовок (Рис. 7.1).

Порядок выполнения работы

1. Подготовить заготовки. Подрезать торцы (центровать, при необходимости).
2. Установить требуемый режим обработки (n = 450 об/мин, S = 0,15 мм/об, t – в зависимости от схемы снятия припуска).
3. Последовательно обточить три заготовки по схемам А, Б и В (см. рис. 7.1, табл. 7.1).
4. Время обработки фиксируется секундомером.
5. Расчетное время определяется по формуле: $t_0 = \frac{l}{n \cdot S}$, где l - принимать с учетом врезания и перебега инструмента.
6. Результаты замеров занести в таблицу 7.2.

Настройка на размер осуществляется путем пробных ходов.

Вспомогательное время учитывается только на потери, связанные с возвратом инструмента в исходное состояние и взятие пробных стружек.

Таблица 7.1

Последовательность снятия припуска

Переходы	А	Б	В
	t =		
1	0,5	0,75	0,5
2	0,5	0,75	1,0
3	0,5	1,0	0,5
4	-	0,5	-

Содержание отчета

1. Описать условия работы.
2. Привести результаты замеров.
3. Рассчет основного времени по каждой ступени.
4. Сделать вывод о целесообразности применения той или иной схемы точения.

Таблица 7.2

Результаты эксперимента

Схема точе-	Время обработки, мин (с)												Суммарное время	
	1–я ступень				2–я ступень				3–я ступень				основ-ное	опера-тивное
	основное		вспомогательное		основное		вспомогательное		основное		вспомогательное			
	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон.	Расч.	Хрон. / Расч.	Хрон. / Расч.
А														
Б														
В														

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ (ГОСТ 2789-73).....3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ПРИ ТОЧЕНИИ НЕЖЕСТКИХ ЗАГОТОВОК 14

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ 21

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА 31

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ТОКАРНО–ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА.....35

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ РАЗМЕРА ПО ЛИМБУ СТАНКА.....42

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 ВЫБОР СХЕМЫ ТОЧЕНИЯ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛИКА.....46

Учебное издание

Татьяна Петровна Глинникова

Сергей Александрович Волегов

Лабораторный практикум
по дисциплине
«Основы технологии машиностроения»
для студентов специальностей
«Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов» (МШС)
направление 150700.62 «Машиностроение» и «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» (ТМО)
направления 130600 – «Оборудование и агрегаты нефтегазового производства» *очного и заочного обучения*

Редактор *******

Подписано в печать **.0*.2014 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. *,0. Уч.-изд. л. *,4. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С. А. Упоров
14.09.2022

Т. П. Глинникова

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Справочно-методическое пособие по заполнению технологических карт 15.02.16«Технология машиностроения», *очного и заочного обучения*

Екатеринбург
2022

ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Разработка технологического процесса механической обработки детали заканчивается составлением и оформлением комплекта документов технологического процесса.

Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичный, типовой или групповой), типа производства и степени использования разработчиком средств вычислительной техники и автоматизированной системы управления производством.

В маршрутном технологическом процессе содержание операций излагается только в маршрутной карте без указания технологических переходов. Этот процесс применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

В операционном технологическом процессе маршрутная карта содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты. Сами операции разрабатываются на операционных картах. Применяется при серийном типе производства.

В маршрутно-операционном технологическом процессе, применяемом при крупносерийном и массовом типах производства, предусматривается краткое описание содержания отдельных операций в маршрутной карте, а остальные операции оформляются на операционных картах.

При выполнении курсового и дипломного проектирования студентами рекомендуется операционная или маршрутно-операционная степень детализации описания технологического процесса. ***Конкретно степень детализации описания технологического процесса оговаривается с руководителем работы (!).***

1. МАРШРУТНАЯ КАРТА

Маршрутная карта является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления маршрутных карт, применяемых при отработке технологических процессов изготовления или ремонта изделий в основном и вспомогательном производствах, регламентированы согласно ГОСТ 3.1118–82 форма 1 (Формы и правила оформления маршрутных карт) **или ГОСТ 3.1105–74 форма 3.**

К заполнению граф технологических документов предъявляются следующие требования (ГОСТ 3.1118–82 форма 1).

Каждая строка мысленно делится по горизонтали пополам и информацию записывают в нижней ее части, оставляя верхнюю часть свободной для внесения изменений.

Для изложения технологических процессов в маршрутной карте используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. Простановка служебных символов является обязательной в любом случае. В качестве обозначения служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки. Указание соответствующих служебных символов для типов строк в зависимости от размещаемого состава ин-

формации в графах маршрутной карты следует выполнять в соответствии с табл. 1. При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «*О*», следует руководствоваться требованиями, которые устанавливают правила записи операций и переходов (разд. 2).

При операционном описании технологического процесса на маршрутной карте номер перехода следует проставлять в начале строки.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «*Т*», следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки.

Информацию о применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

1) приспособления;

2) вспомогательный инструмент;

3) режущий инструмент;

4) слесарно-монтажный инструмент;

5) специальный инструмент;

6) средства измерения.

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак «;» .Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты, выбираются из табл. 2. Для удобства поиска соответствующих граф карты номера пунктов таблицы продублированы выносными линиями на полях

рис. 1.

Основные надписи в маршрутной карте (ГОСТ 3.1105–74 форма 3) следует выполнять в соответствии с указанием табл. П2.1. и рис. П2.1, рис. П2.2.

Таблица 1

Сведения, вносимые в графы, расположенные на строке маршрутной карты

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; код и наименование операции
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам
К	Информация о комплектации изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
М	Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, о применяемых исходных и комплектующих материалах, кодах единицы величины, единицы нормирования, количестве на изделие и нормы расхода
О	Содержание операции (перехода)
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке
Р	Информация о режимах обработки

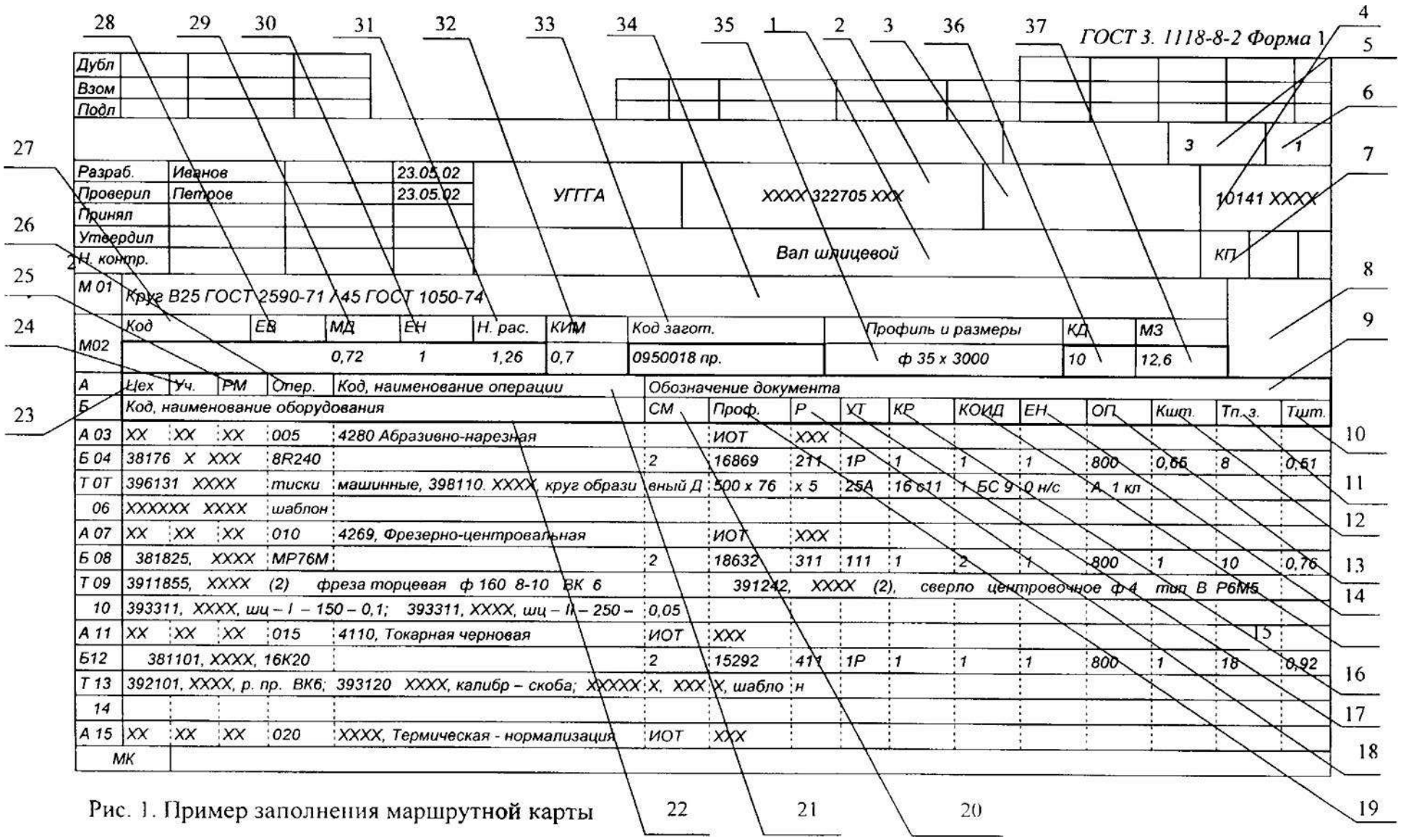


Рис. 1. Пример заполнения маршрутной карты

Таблица 2

Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Служебный символ	Содержание информации
1	2	3	4
1	–	–	Наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу
2	–	–	Обозначение изделия по основному конструкторскому документу или код ступени классификации по конструкторскому классификатору
3	–	–	Код классификационных группировок технологических признаков для типовых и групповых технологических процессов по технологическому классификатору [1,2]
4	–	–	Обозначение документа по ГОСТ 3.1201-85 (Система обозначения технологической документации)
5	–	–	Общее количество листов документа
6	–	–	Порядковый номер листа документа
7	–	–	Литера, присвоенная технологическому документу. При дипломном проектировании записывать «*ДП*», при курсовом – «*КП*»
8	–	–	Графа для особых указаний
9	обозначение документа		Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например, *ИОТ* – инструкция по охране труда
10	$T_{шт.}$	*Б*	Норма штучного времени на операцию, мин
11	$T_{п.з.}$	*Б*	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин

Продолжение табл. 2

<table>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td colspan="6">4</td></tr>
<tr><td rowspan="3">12</td><td rowspan="3">$K_{шт}$</td><td rowspan="3">Б</td><td colspan="6">Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависящий от количества обслуживаемых станков</td></tr>
<tr><td>Количество станков</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>$K_{шт}$</td><td>1</td><td>0,65</td><td>0,48</td><td>0,39</td><td>0,35</td></tr>
<tr><td>13</td><td>ОП</td><td>Б</td><td colspan="6">Объем производственной партии, штуки</td></tr>
<tr><td>14</td><td>ЕН</td><td>М02 Б</td><td colspan="6">Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала</td></tr>
<tr><td>15</td><td>КОИД</td><td>Б</td><td colspan="6">Количество одновременно обрабатываемых заготовок при выполнении одной операции</td></tr>
<tr><td>16</td><td>КР</td><td>Б</td><td colspan="6">Количество исполнителей, занятых при выполнении операции</td></tr>
<tr><td>17</td><td>УТ</td><td>Б</td><td colspan="6">Код условий труда. Включает в себя цифру – условия труда:
1 – нормальные;
2 – тяжелые и вредные;
3 – особо тяжелые, особо вредные;
и букву, указывающую вид нормы времени:
Р – аналитически-расчетная;
И – аналитически-исследовательская;
Х – хронометражная;
О – опытно-статистическая.</td></tr>
<tr><td>18</td><td>Р</td><td>Б</td><td colspan="6">Разряд работы, необходимый для выполнения операции. Код включает три цифры: первая – разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику,
две следующие – код формы и системы оплаты труда:
10 – сдельная форма оплаты труда;
11 – сдельная система оплаты труда прямая;
12 – сдельная система оплаты труда премиальная;
13 – сдельная система оплаты труда прогрессивная;
20 – повременная форма оплаты труда;
21 – повременная система оплаты труда простая;
22 – повременная система оплаты труда премиальная</td></tr>
</table>

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
19	*ПРОФ.*	*Б*	Код профессии согласно классификатору
20	*СМ*	*Б*	Код степени механизации труда. Указывается цифрой: 1 – наблюдение за работой автоматов; 2 – работа с помощью машин и автоматов; 3 – вручную при машинах и автоматах: 4 – вручную без машин и автоматов; 5 – вручную при наладке машин
21	*Код, наименование оборудования*	*Б*	Код оборудования. Включает в себя высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки
22	*Код, наименование операции*	*А*	Код операции согласно классификатору технологических операций
23	*Цех*	*А*	Номер цеха, в котором выполняется операция
24	*Уч.*	*А*	Номер участка
25	*РМ*	*А*	Номер рабочего места (В курсовом проекте позиции 23, 24, 25 заполняются условным кодом «ХХ»)
26	*Опер*	*А*	Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения. Рекомендуемая нумерация операций: 000, 005, 010 и т. д.
27	*Код*	*М02*	Код материала. Графа не заполняется, ставится прочерк
28	*ЕВ*	*М02*	Код единицы величины - массы, длины, площади и т. п. детали или заготовки. Для массы, указанной в «кг» – код 166; в «г» – 163; в «т» – 168. Допускается вместо кода указывать единицы измерения величины

Окончание табл. 2

1	2	3	4
29	*МД*	*М02*	Масса детали по конструкторскому документу
30	*ЕН*	*М02, Б*	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
31	$H_{расх}$	*М02, К*	Норма расхода материала
32	*КИМ*	*М02*	Коэффициент использования материала
33	*Код заготовки*	*М02*	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, штамповка и т. д.)
34	–	*М01*	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняется на уровне одной строки с применением разделительного знака дроби «/», например лист БОН-2,5×1000×2500 ГОСТ 19903-74/Ш–IVВ ст. 3 ГОСТ 14637–79
35	*Профиль и размеры*	*М02*	Обозначение профиля и размера заготовок. Рекомендуется указывать толщину, ширину и длину, сторону квадрата или диаметр и длину, например, 20×50×300, диаметром 35. Профиль допускается не указывать
36	*КД*	*М02*	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
37	*МЗ*	*М02*	Масса заготовки

Примечание. Установлена пятизначная структура основного кода характеристики документации (ХХХХХ).

Первые две цифры – вид документации:

01 – комплект технологической документации;

10 – маршрутная карта;

20 – карта эскизов;

42 – ведомость оснастки;

44 – ведомость деталей к типовому (групповому) технологическому процессу (операции);

60 – операционная карта;

62 – карта наладки;

67 – карта кодирования информации.

Третья цифра – вид технологического процесса (операции) по организации:

0 – без указания;

1 – единичный процесс (операция);

2 – типовой процесс (операция);

3 – групповой процесс (операция).

Последние две цифры - вид технологического процесса по методу выполнения:

00 – без указания;

02,03 – технический контроль;

41,42 – обработка резанием;

50, 51 – термообработка.

21 – обработка давлением;

04 – перемещение

Пример. Маршрутная карта единичного процесса обработки резанием – 10141.XXXX. Последние четыре разряда (XXXX) – резерв дополнительного обозначения по отраслевому классификатору.

Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже в соответствии с табл.3.

Таблица 3

Группы операции обработки резанием

Наименование группы операций	Применяемое оборудование (станки)
1	2
Автоматно-линейная	Автоматические линии
Агрегатная	Агрегатные
Долбёжная	Долбёжные
Зубообрабатывающая	Зубофрезерные, зубострогальные, зубошлифовальные и др.

Продолжение табл. 3

1	2
Комбинированная	Сверлильно-фрезерные и др.
Отделочная	Хонинговальные, суперфинишные, доводочные, полировальные
Отрезная	Отрезные
Программная	Станки с программным управлением
Протяжная	Протяжные
Расточная	Расточные
Резьбонарезная	Гайконарезные, резьбофрезерные и др.
Сверлильная	Сверлильные
Строгальная	Строгальные
Токарная	Токарные, токарно-винторезные, многорезцовые и др.
Фрезерная	Фрезерные (кроме зубо-резьбофрезерных)
Шлифовальная	Шлифовальные (кроме зубошлифовальных)

2. ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА

Структура построения операционной карты (ОК) идентична маршрутной. Запись информации выполняется построчно с привязкой к соответствующим служебным символам (разд. 1).

Операционная карта механической обработки по ГОСТ 3.1404–74 форма 1 составляется на конкретную операцию и заполняется в соответствии указаниями табл. П2.2, П3.1, П3.2 и рис. П2.2.

Указание единиц величины следует выполнять в заголовках или подзаголовках соответствующих граф. Допускается указывать единицы величины параметров технологических режимов после их числовых значений, например, 40 мм; 0,2 мм /об; 36 мм /мин.

Указание данных по технологическим режимам следует выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки.

При указании данных по технологической оснастке информацию следует записывать в следующей последовательности:

1) приспособления;

2) вспомогательный инструмент;

3) режущий инструмент;

4) средства измерения.

В целях разделения информации по группам технологической оснастки и поиска необходимой информации допускается перед указанием состава применять условное обозначение видов: приспособлений – «*ПР*»; вспомогательного инструмента – «*ВИ*»; режущего инструмента – «*РИ*»; средств измерений – «*СИ*». Например, *СИ. АВВХХХ. Пробка 24Н7 - пр.*

При описании содержания перехода необходимо указывать данные по $T_О$ и $T_В$. Это следует выполнять на уровне строки, где заканчивается описание содержания перехода под служебным символом «*О*».

Большинство граф операционной карты соответствует аналогичным графам маршрутной карты. Информацию по дополнительным графам следует вносить в соответствии с рис. 2 и табл. 4.

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с рекомендациями табл. П3.1 и П3.2. Полную запись делают при необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров. Сокращенная используется при ссылке на условное обозначение

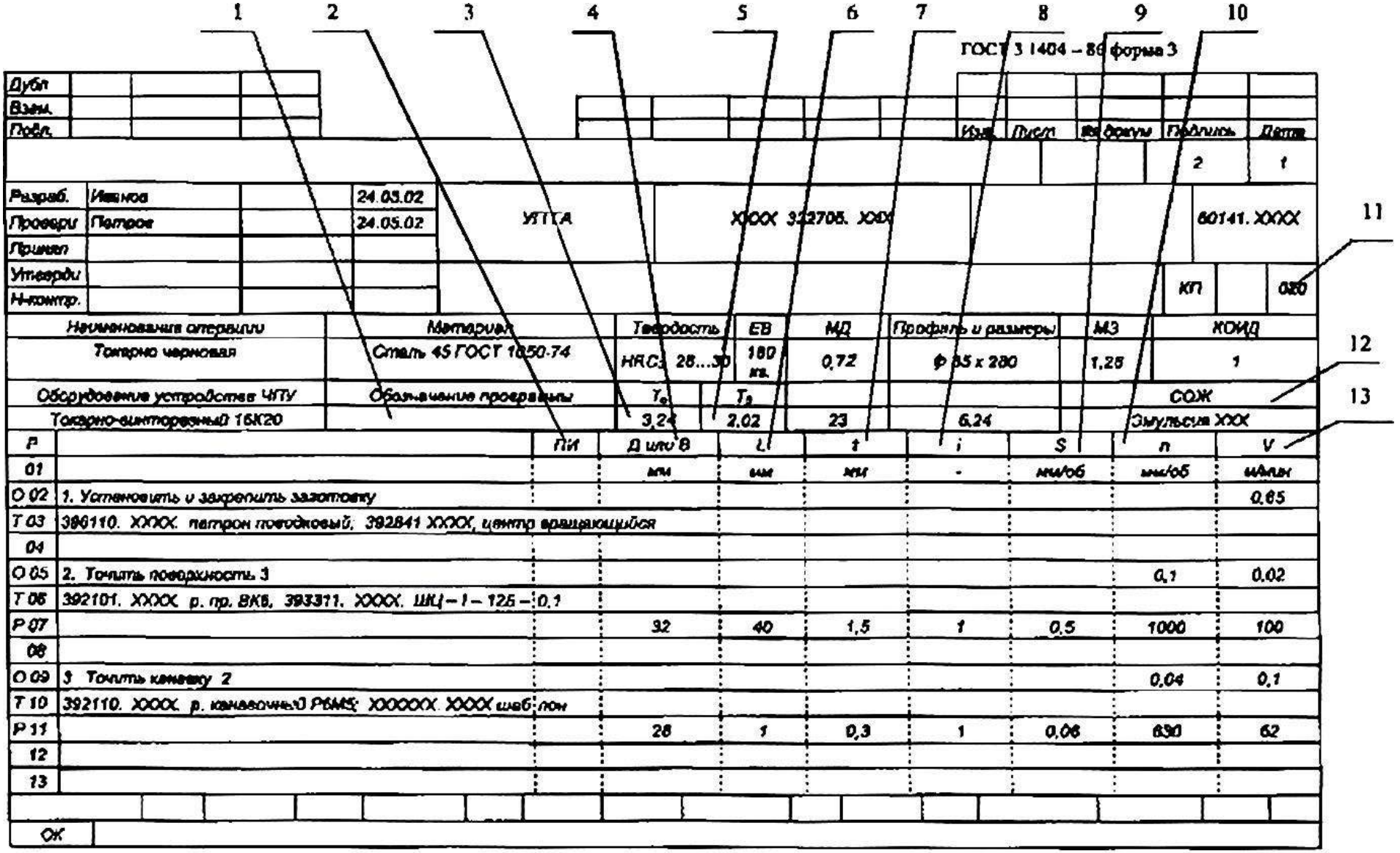


Рис. 2. Пример заполнения операционной карты

конструктивного элемента обрабатываемого изделия. Данная запись выполняется ***при достаточной графической*** информации. Для промежуточных переходов, не имеющих графических иллюстраций, в содержании следует указывать исполнительные размеры с их предельными отклонениями и при необходимости шероховатость обработанной поверхности и другие технические требования. Например, «Точить поверхность 3, выдерживая $d = 40_{-0,34}$ и $l = 100 \pm 0,4$».

Таблица 4

Информация по дополнительным графам операционной карты

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание информации
1	–	Графы для записи содержания перехода, информации по оснастке, режущему и измерительному инструменту
2	*ПИ*	Номер позиции инструментальной наладки. Графа заполняется для станков с ЧПУ
3	T_O	Норма основного времени на операцию, мин
4	*Д* или *В*	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. Данные по "*Д*" или "*В*" указываются с учетом величины врезания и перебега
5	T_B	Норма вспомогательного времени на операцию, мин
6	*L*	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величины врезания и перебега
7	*t*	Глубина резания
8	*i*	Число рабочих ходов
9	*S*	Подача
10	*n*	Частота вращения шпинделя
11	*V*	Скорость резания
12	–	Номер операции
13	*СОЖ*	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости

Переходы (основные и вспомогательные) нумеруются арабскими цифрами 1, 2, 3 ***... (Для карт по ГОСТ 3.1404-74 форма 1 и 1а вспомогательные переходы обозначаются прописными буквами РУССКОГО алфавита: А, Б, В, Г и т. д. Например, « А Установить и закрепить заготовку »). Прием «Снять деталь » указывается в конце операции.***

В общем случае в содержание перехода включается:

1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (табл. 5);

2) наименование (существительное в винительном падеже) обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства, например, «отверстие», «фаску», «канавку», «заготовку» и т. п.

3) информация о размерах обработки резанием или их условных обозначений, приведенных на операционных эскизах и указанных там арабскими цифрами в окружности диаметром 6 ... 8 мм (табл. П1.1 и П1.2);

4) дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки, например, «предварительно», «последовательно», «по копиру», «начерно», «начисто».

Основные надписи операционной карты (ГОСТ 3.1404-74 форма 1 и 1а) следует выполнять в соответствии с указанием табл. П3.2 и рис. П2.2.

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности указываются только обозначениями на операционном эскизе. Допуска-

ется указывать в тексте содержание операции информацию о параметре шероховатости предварительно обрабатываемых поверхностей (промежуточных переходов), если это нельзя указать на операционном эскизе, например, «фрезеровать предварительно поверхность *1*, выдерживая высоту 70 ± 0,5, $Rz = 50$».

3. КАРТА ЭСКИЗОВ

Карта эскизов – основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции.

Эскизы следует выполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным соблюдением пропорций. При разработке технологической операции необходимо помнить, что сначала разрабатывается и полностью оформляется эскиз на карте эскизов. На рис. 3 **(и рис. П2.3)** представлены примеры оформления карты эскизов. Нумерация обрабатываемых поверхностей (табл. П3.2), проставляемая в кружочках, начинается с цифры 1. Последовательность простановки номеров в кружочках рекомендуется вести по ходу часовой стрелки. Нумерация относится только ***к конкретной рассматриваемой операции*** (установу). На последующих операциях (установах) нумерация опять начинается с цифры 1. При этом, естественно, одна и та же поверхность заготовки на разных операциях (установах) может иметь различный номер.

На карте эскизов деталь изображается в таком виде, как она обрабатывается на станке. На карте эскизов указывают те

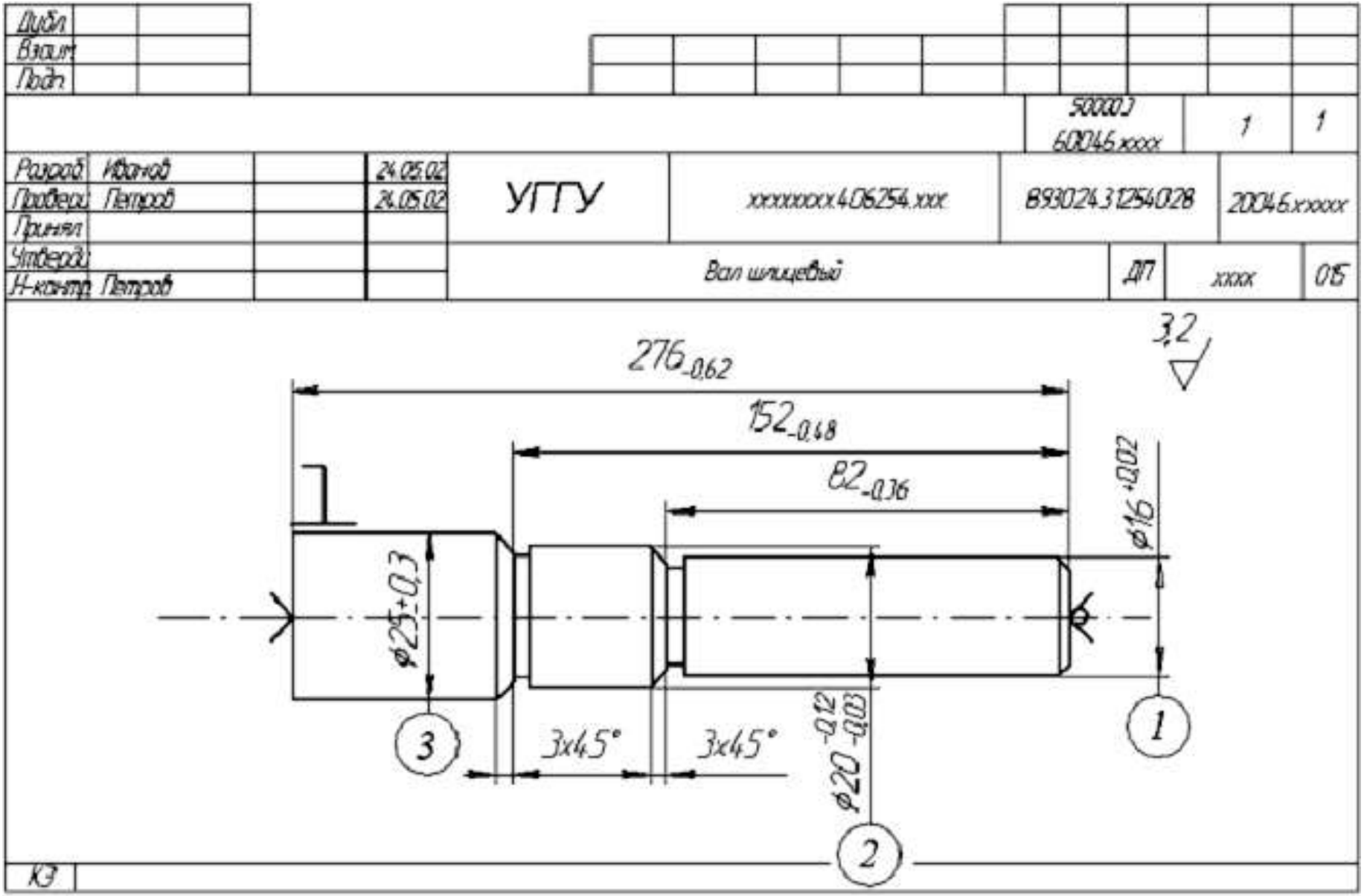


Рис.3 Пример заполнения карты эскизов

размеры, которые выполняются на данной операции (!). Размеры, допуски и высота шероховатости указываются такими, какие будут получены после выполнения рассматриваемой операции (!).

Обрабатываемые поверхности выделяются ***цветом*** или ***жирными*** линиями и обозначаются цифрами в кружочках. При этом возможны два варианта см. табл. П3.1.

При заполнении основной надписи в карте эскизов (в верхней части) необходимо помнить, что средняя графа из трех граф, обведенных жирной линией (пункт 3 табл. 2), не заполняется.

Основные надписи на карте эскизов (ГОСТ 3.1103–74 форма 5) следует выполнять в соответствии с указанием табл. П3.3 – П3.6 и рис. П2.3.

Для большей наглядности в курсовых и дипломных проектах некоторые эскизы, по согласованию с руководителем, оформляются на листе формата А1 в полуконструктивном виде (эскизы наладок). При этом на одном листе формата А1 можно разместить от двух до четырех эскизов. На эскизе наладки показывается все то же, что и на карте эскизов, и дополнительная информация:

– теоретическая схема базирования заготовки выполняется по ГОСТ 21495–76 (Базирование и базы в машиностроении) либо по [3]; при этом опорные точки рекомендуется выполнить цветным карандашом (красным, зеленым), чтобы отличить их от условных знаков опор, зажимов приспособления;

– режущий инструмент;

– траектория движения режущего инструмента для станков с

ЧПУ (по мере необходимости);

– таблица с режимами резания;

– некоторые элементы конструкции станочного приспособления (по мере необходимости). Над каждым эскизом наладки указывается наименование операции, ее номер согласно маршрутной карте и модель технологического оборудования (станка).

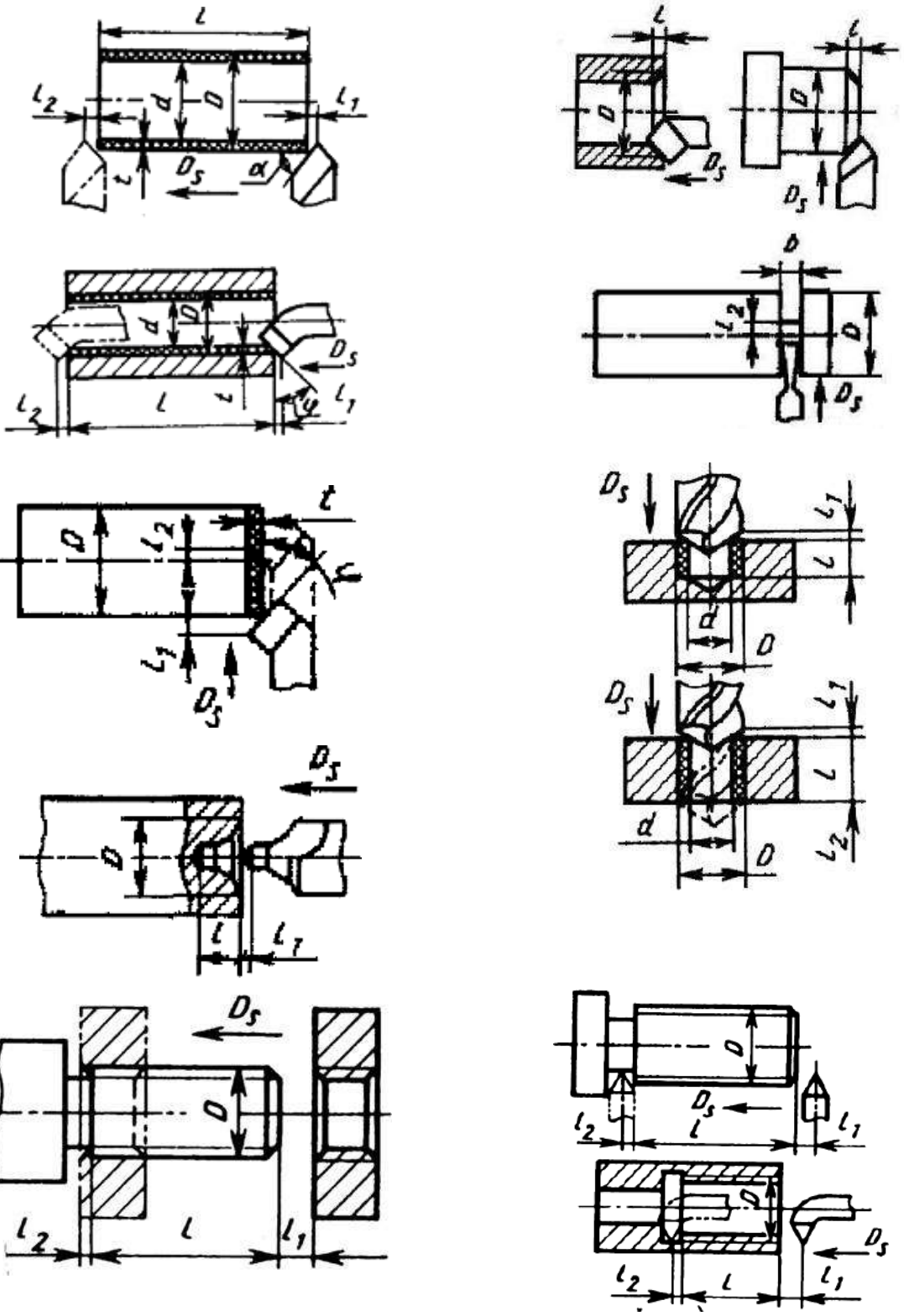
Таблица 5

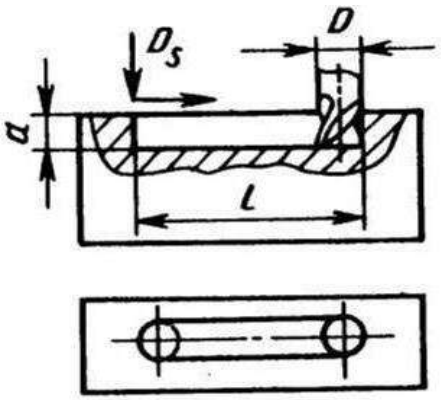
Ключевые слова технологических переходов

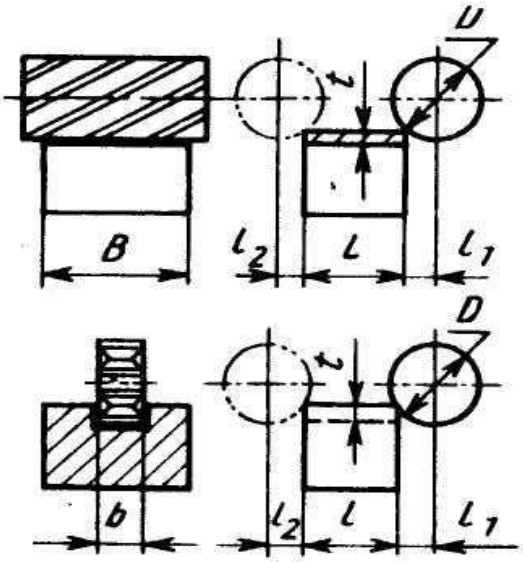
Вид механической обработки	Ключевое слово при обработке резанием
Точение	Точить
Растачивание	Расточить
Сверление	Сверлить
Рассверливание	Рассверлить
Развертывание	Развернуть
Протягивание	Протянуть
Долбление	Долбить
Зенкерование	Зенкеровать
Зенкование	Зенковать
Фрезерование	Фрезеровать
Отрезание	Отрезать
Подрезание	Подрезать
Полирование	Полировать
Шлифование	Шлифовать
Центрование	Центровать
Шевингование	Шевинговать
Переустановка и закрепление	Переустановить и закрепить
Установка и закрепление	Установить и закрепить
Суперфиниш	Суперфинишировать
Снятие	Снять
Переустановка	Переустановить
Закрепление	Закрепить

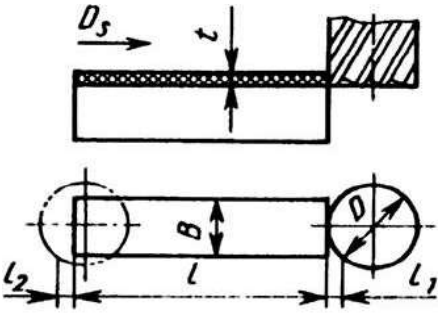
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

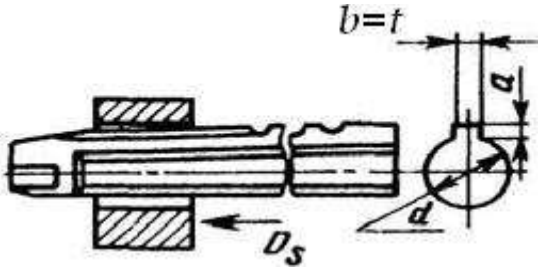
Глубина резания *t* для некоторых методов обработки

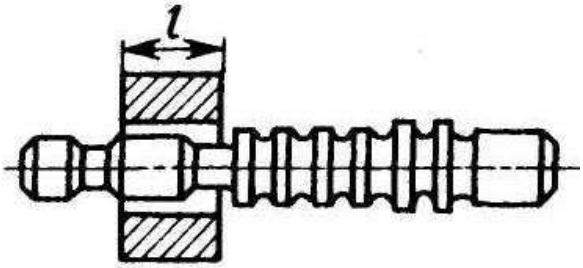


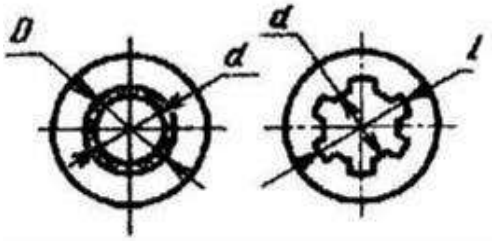

D_s
D
d
l

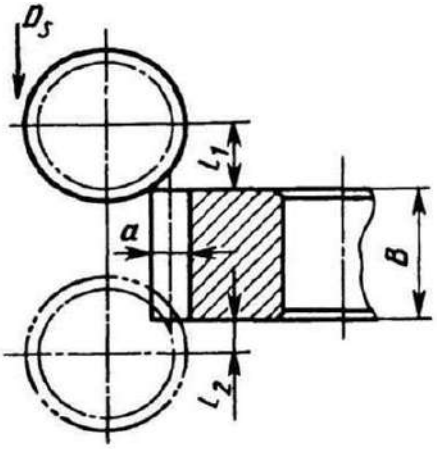

D
t
B
l_2
l
l_1
D
t
b
l_2
l
l_1

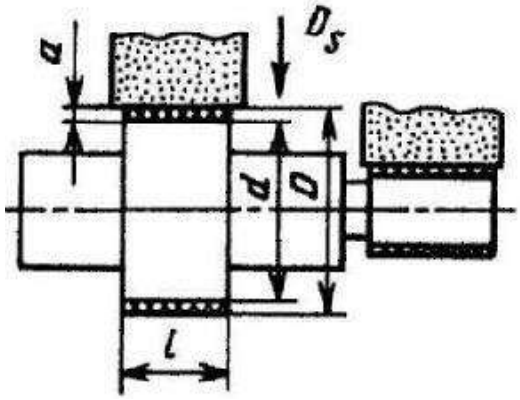

D_s
t
B
D
l_2
l
l_1

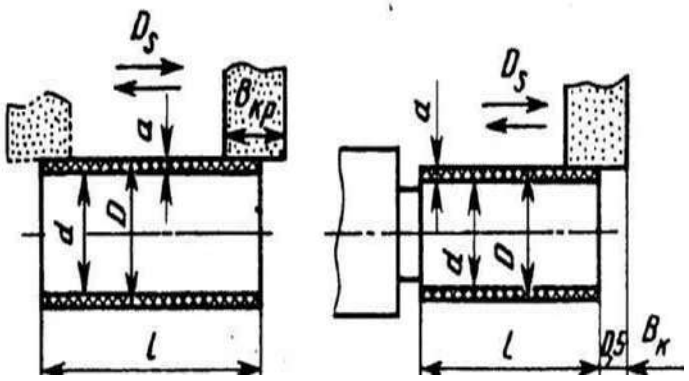

b=t
d
d
D_s

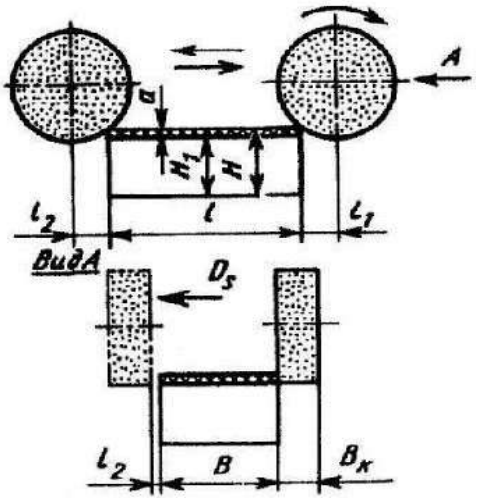

l

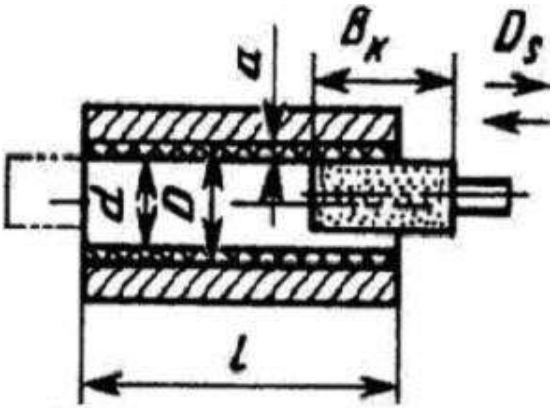

D
d
d
l

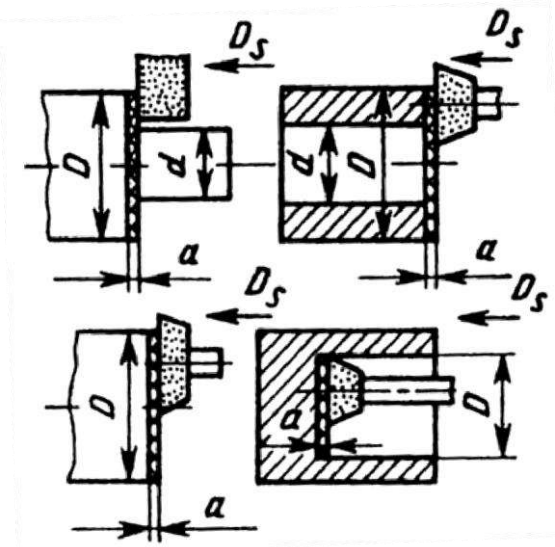

D_s
l_1
a
B
l_2

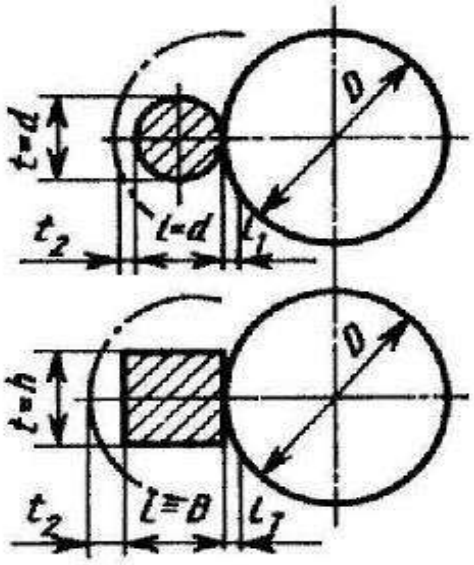

a
D_s
d
D
l

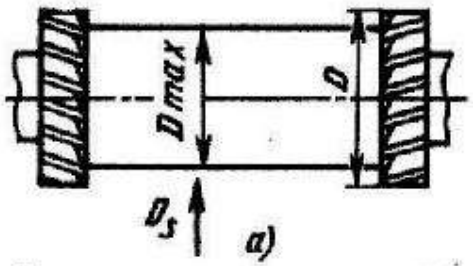

D_S
$B_{кр}$
a
d
D
l
D_S
a
d
D
l
0,5
$B_к$

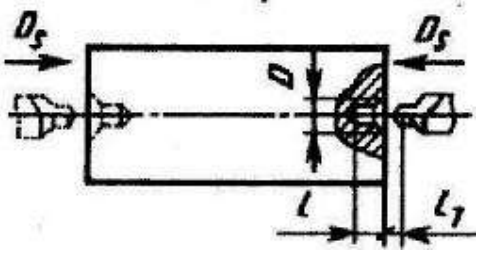

A
a
H_1
H
l_2
l
l_1
Вид A
D_S
l_2
B
$B_к$


a
$B_к$
D_S
d
D
l


D_S
D_S
D
d
d
D
a
a
D_S
D_S
D
a
D
a


D
t=d
t_2
l=d
l_1
D
t=h
t_2
l=B
l_1


D
Dmax
D_S
a)


D_S
D_S
D
l
l_1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Оформление карт по ГОСТ 3.1404 - 74

Таблица П2.1

Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты

Номер графы	Содержание графы
1	2
1	Наименование организации разработчика технологического процесса (кафедра ЭГО)
2	Обозначение детали по конструкторскому документу
3	Наименование детали по конструкторскому документу, на которую составлен технологический документ
4	Обозначение технологического документа (ГОСТ 3.1201–74)*
5	Литера технологического документа *
6	Обозначение технологического процесса – не заполнять
7	Наименование и марка материала
8	Не заполнять
9	Не заполнять
10	Масса детали по конструкторскому документу
11	Не заполнять
12	Профиль и размер заготовки
13	Количество деталей, изготовляемых из одной заготовки *
14	Масса заготовки
15	Количество деталей, на которое установлена норма расхода материала (например, 1, 10, 100 … шт) *
16	Норма расхода материала *)
17	Коэффициент использования материала (отношение массы детали по конструкторскому чертежу к массе заготовки) *
18	Номер цеха *
19	Номер участка *
20	Номер операции
21	Заполнять наименование операции без её содержания
22	Обозначение документа, содержащего описание операции *
23	КОД, наименование (модель) и инвентарный номер технологического оборудования *
24	Данные записывать в графе дробью, в числителе указывается коэффициент штучного времени, при многостаночном обслуживании, в знаменателе – КОД профессии по классификатору *

Окончание табл.П2.1

1	2
25	Данные записываются дробью. В числителе количество рабочих, занятых в операции, в знаменателе – разряд работы. Заполнять только разряд работы *
26	Записывать дробью. В числителе количество одновременно обрабатываемых деталей при выполнении операции. В знаменателе количество деталей, на которое установлена норма времени (1, 10, 100 шт. …) *
27	Записывается дробью. В числителе КОД тарифной сетки, в знаменателе КОД вида нормы *
28	Объём партии в штуках
29	Записывается дробью. Числитель – норма подготовительно-заключительного времени на партию. Знаменатель – норма штучного времени на операцию

Примечание
* – не заполнять

Таблица П2.2

Сведения, вносимые в отдельные графы и строки операционной карты

Номер графы	Содержание графы
1	2
1	Наименование организации разработчика технологического процесса (кафедра ЭГО)
2	Обозначение детали по конструкторскому документу
3	Наименование детали по конструкторскому документу
4	Обозначение технологического процесса *
5	Обозначение технологического документа *
6	Номер цеха *
7	Номер участка *
8	Номер операции по маршрутной карте
9	Наименование операции
10	Наименование и марка материала
11	Масса детали по конструкторскому документу
12	Профиль, размеры заготовки для данной операции
13	Твердость заготовки, поступившей в обработку
14	Масса заготовки для данной операции
15	Количество деталей, одновременно обрабатываемых на станке

Окончание табл.П2.2

1	2
16	Наименование, модель, инвентарный номер технологического оборудования
17	КОД * и наименование приспособления
18	Наименование охлаждающей среды
19	Номер перехода
20	Содержание перехода
21, 22 23	КОД *) и наименование вспомогательного, режущего и измерительного элемента
24	Диаметр или ширина детали
25	Длина рабочего хода (расчетная длина)
26 – 30	Режим резания
31	Норма основного времени на переход
32	Норма вспомогательного времени на переход
33	Порядковый номер листа
34	Общее количество листов

Таблица П2.3

Заполнение карты эскизов

Номер графы	Содержание графы
1	Обозначение детали по конструкторскому документу
2	Наименование детали по конструкторскому документу
3	Обозначение технологического процесса ГОСТ 3.1201–74 – не заполнять
4	Обозначение технологического документа по ГОСТ 3.1201–74 – не заполнять
5	Номер операции

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

ГОСТ 3.1105 – 74 форма 3

1 Кафедра ЭГО	Маршрутная карта	2	6
		3	4 Литера 5

Материал		Код единицы величины	Масса детали	Заготовка				Единица нормирования	Норма расхода	Коэфф. использ. матер.
Наименование, марка	Код			Код и вид	Профиль и размеры	Кол. дет.	Масса			
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Номер			Наименование и содержание операции	Обозначение документа	Оборудование (код, наименование, инвентарный номер)	Коэф. штучн. врем.	Кол-во раб.	Кол. одн. обрабат деталей	Код тар. сетки	Объем производ-ственн, партии	$T_{пз}$
цеха	Участка	операции				Код профессии	Разряд работы	Единица норми-рования	Код вида нормы		$T_{шт}$
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработал	Проверил	Нормиров.	Нормоконтр.	Лист	Листов

Рис. П2.1. Обозначение граф маршрутной карты

ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1

Инв.№ подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв.№ дубл.	Подпись и дата		4

1 Кафедра ЭГО	**Операционная карта механической обработки**	2	5
		3	

Номер цеха	Номер участка	Номер операции	**Наименование операции**	Наименование и марка материала	Масса детали	Заготовка		
						Профиль и размеры	Твердость	Масса
6	7	8	9	10	11	12	13	14

Количеств. одноврем. обр. дет	Оборудование (наименование, модель)	Приспособление (код и наименование)	17		охлаждение
15	16				18

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент (код и наименование)			расч. размеры		t	i	Режим обработки			T_O	T_B
		Вспомогательный	Режущий	Измерительный	диаметр, ширина	Длина			S	n	V		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

												Проверил				Лист
												разработал				33
												Нормиров.				Листов
																34
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№докум	Подпись	Дата		Нормоконтр				

Рис. П2.2. Обозначение граф операционной карты

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

ГОСТ 3.1105 – 74 форма 5

		3
	1	4
Карта эскизов	2	

Номер операции
5

										Разработал				Лист
										Проверил				
														Листов
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Нормоконтр				

Рис. П2.3. Обозначение граф карты эскизов

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Оформление карты эскизов и операционной (ГОСТ 3.1702 – 79)

Таблица П3.1

Примеры полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием

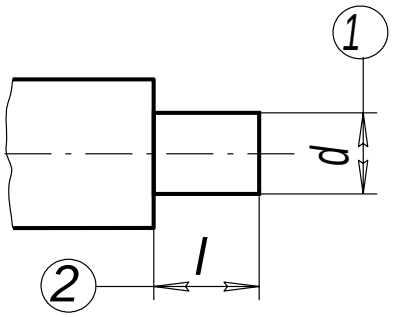
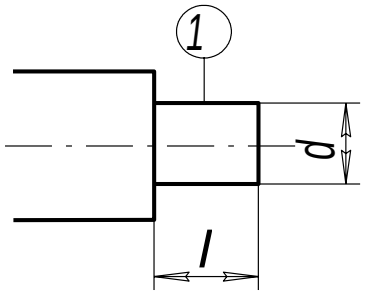
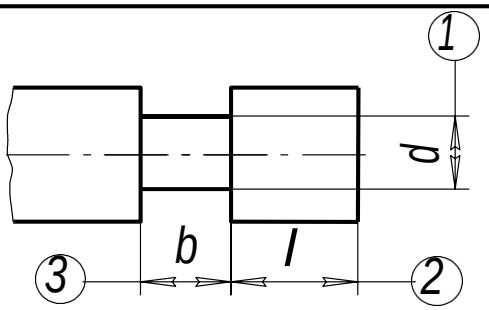
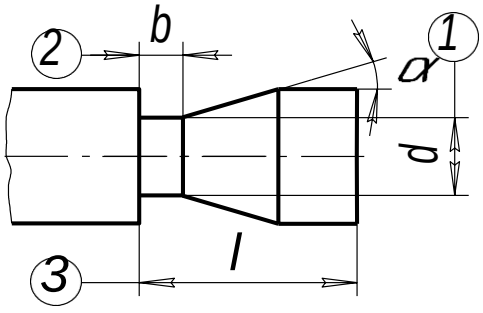
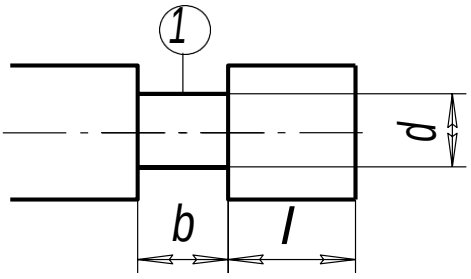
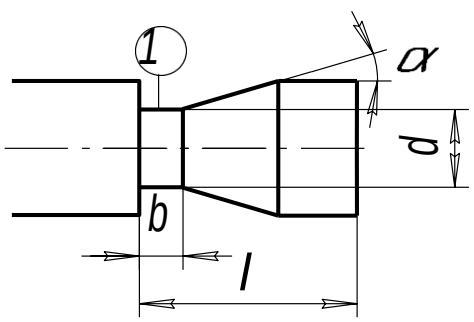
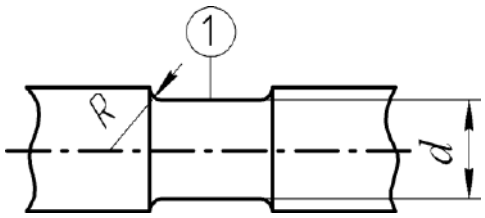
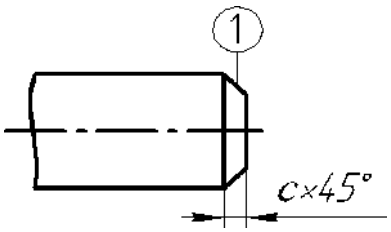
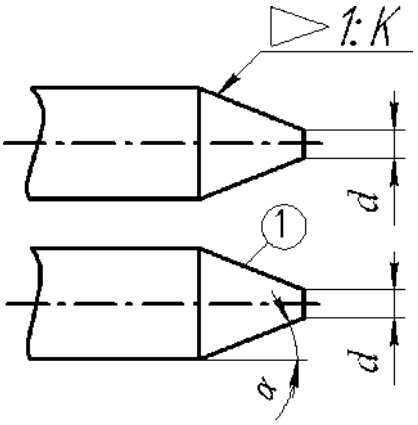
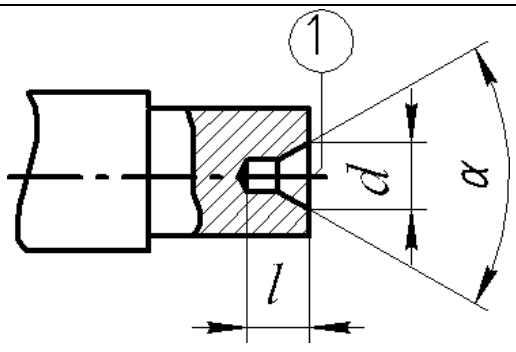
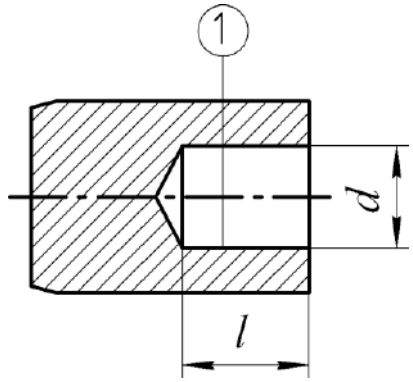
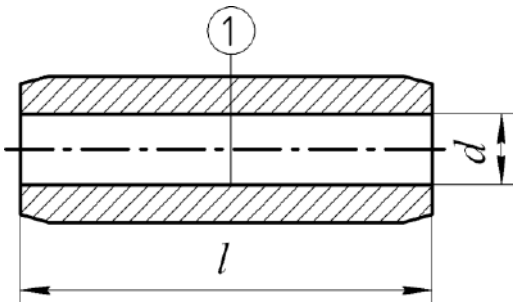
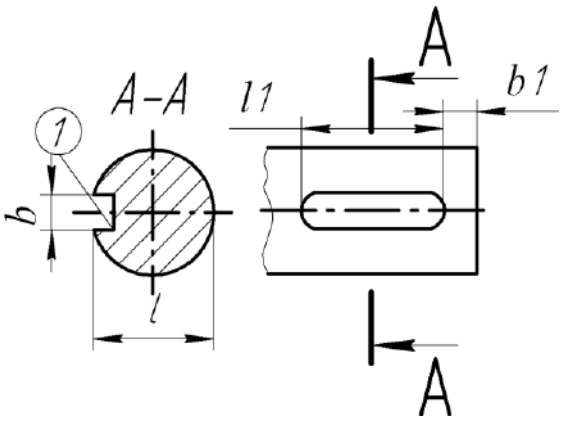
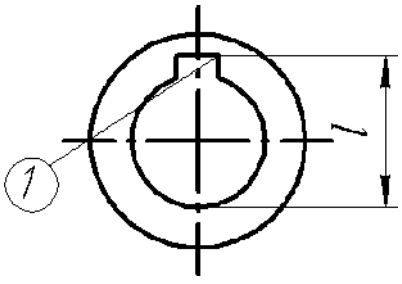
Эскиз и запись переходов	Эскиз и сокращенная запись переходов
1	2
 Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.) п.поверхность выдерживая размеры 1 и 2	 Точить (шлифовать,притереть, полировать и т. п.) поверхность 1
  Точить (шлифовать, довести, полировать и т.) канавку, выдерживая размеры 1–3 и угол α	  Точить (шлифовать, довести, полировать и т.) канавку 1

Таблица П3.2

Пример сокращенной записи переходов обработки резанием

Эскиз	Запись перехода сокращенная
1	2
	Точить (шлифовать и т.п.) выточку 1
	Точить (шлифовать, полировать и т.п.) фаску, выдерживая размер 1
	Точить (шлифовать, притереть и т.п.) конус, выдерживая размер 1и 2
	Центрировать торец 1

Продолжение табл. П3.2

1	2
	Сверлить (зенкеровать, развернуть и т.п.) отверстие 1
	Сверлить (рассверлить, зенкеровать и т.п.) отверстие 1
	Фрезеровать шпоночный паз 1
	Долбить (протянуть) шпоночный паз 1

Продолжение табл. П3.2

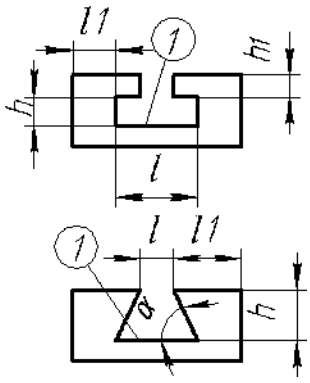
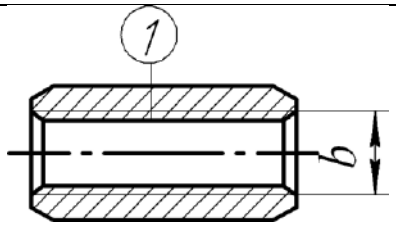
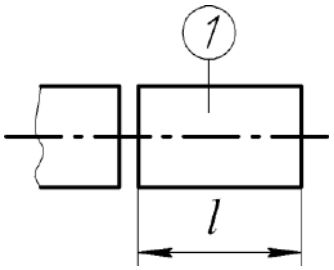
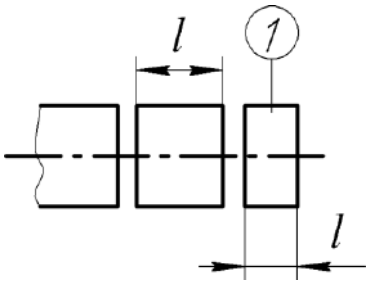
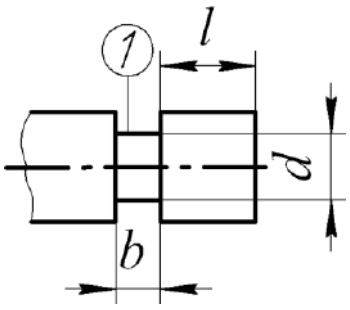
1	2
	Фрезеровать (протянуть) паз 1
	Нарезать (шлифовать, довести и т.п.) резьбу 1
	Отрезать деталь (заготовку) 1
	Отрезать 2 заготовку 1
	Врезаться в поверхность 1 (надрезать деталь по поверхности 1)

Таблица П3.3

Обозначение опор

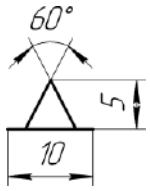
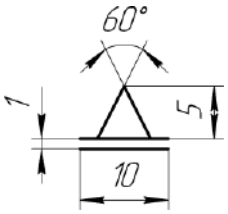
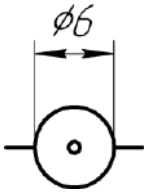
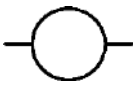
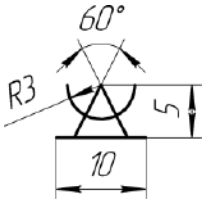
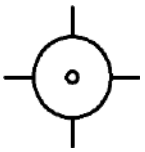
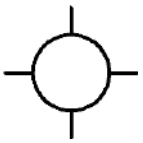
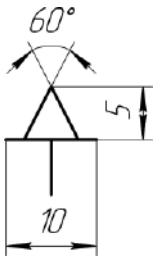
Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1. Неподвижная			
2. Подвижная			
3. Плавающая			
4. Регулируемая			

Таблица П3.4

Обозначение зажимов

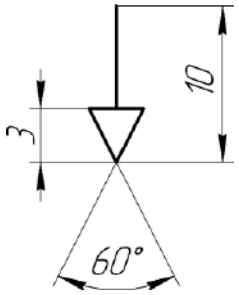
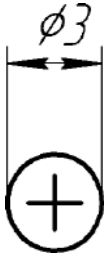
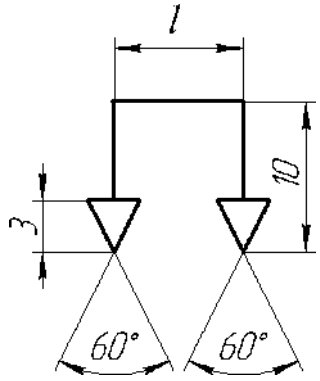
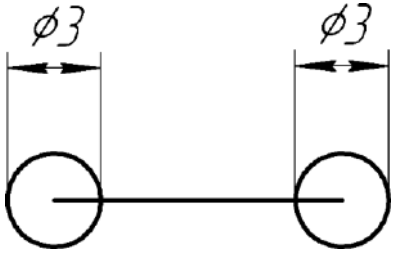
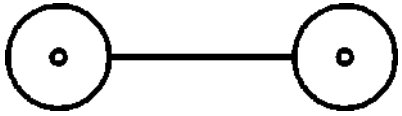
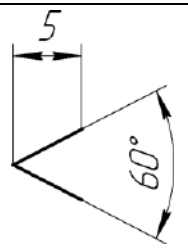
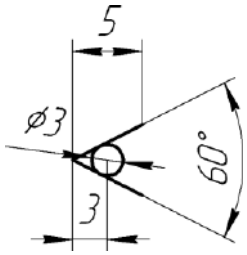
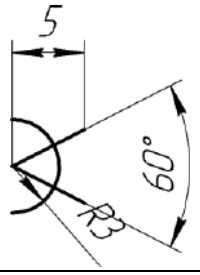
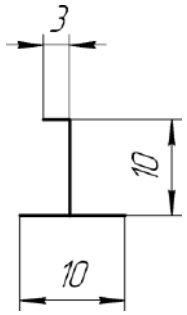
Наименование зажима	Обозначение зажима на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1.Одиночный			
2.Двойной			

Таблица П3.5

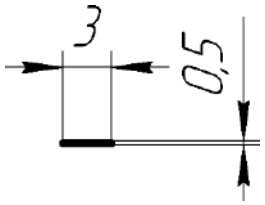
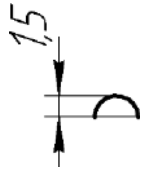
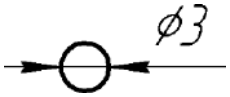
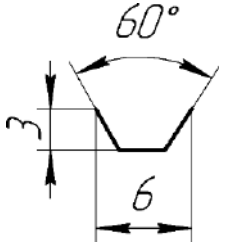
Обозначение установочных и форм рабочих поверхностей устройств

Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, снизу	слева	справа
1	2	3	4
1. Центр неподвижный		Без обозначения	Без обозначения
2. Центр вращающийся		То же	То же
3. Центр плавающий		То же	То же

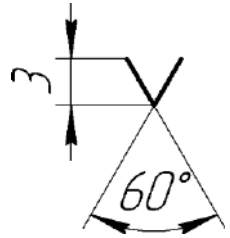
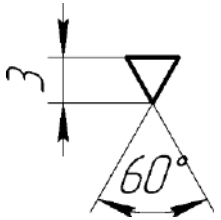
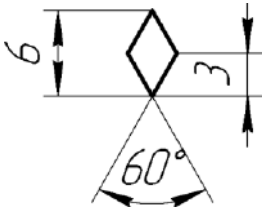
Продолжение табл. П3.5

1	2	3	4
4. Оправка цилиндрическая		Без обозначения	Без обозначения
5. Оправка шариковая		Без обозначения	Без обозначения
6. Патрон поводковый		Без обозначения	Без обозначения

Продолжение табл. П3.5

Наименование формы рабочей поверхности	Обозначение формы рабочей поверхности на всех видах
1	2
1. Плоская	
2. Сферическая	
3. Цилиндрическая (шариковая)	
4. Призматическая	

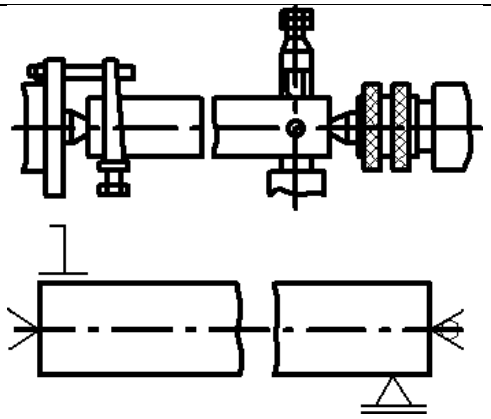
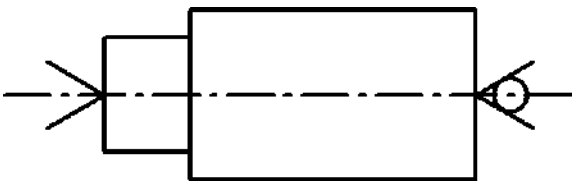
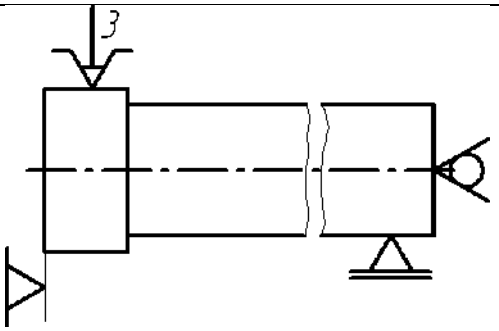
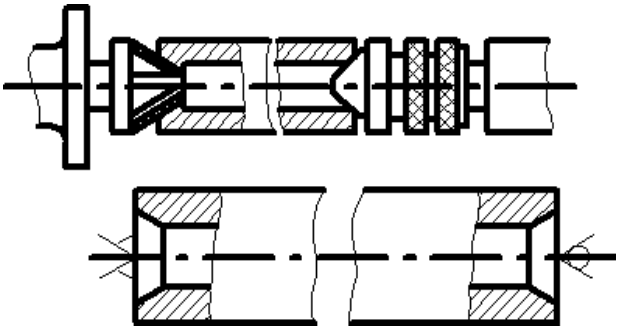
Окончание табл. П3.5

1	2
5. Коническая	
6. Трехгранная	
7. Ромбическая	

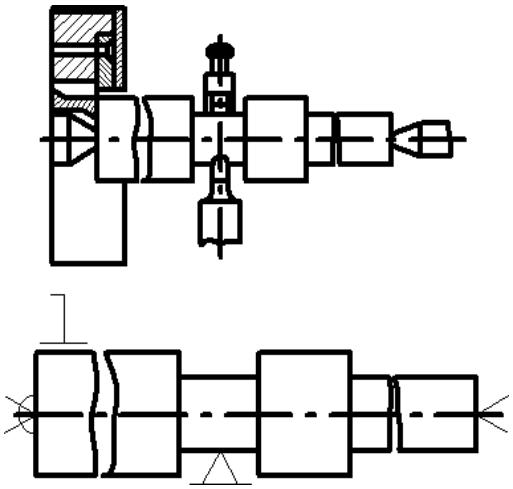
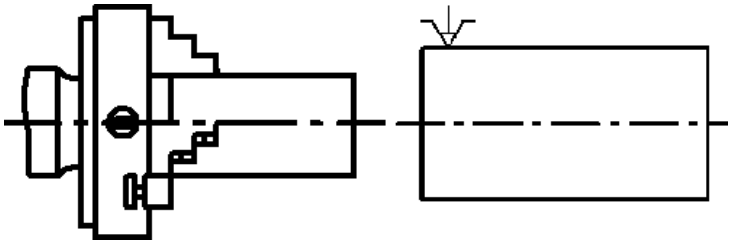
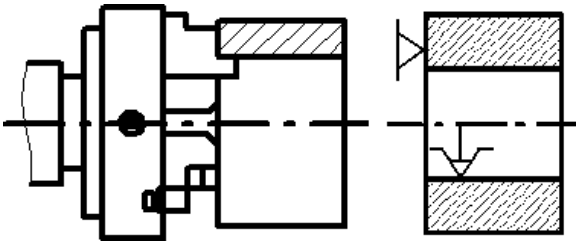
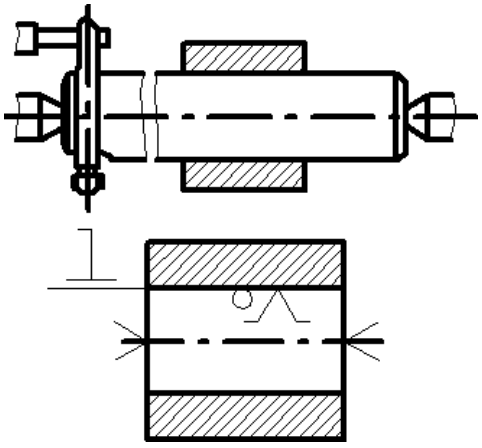
Примечание. Указание прочих форм рабочей поверхности опор, зажимов и установленных устройств следует выполнять в соответствии с требованиями, установленными отраслевыми НТД

Таблица П3.6

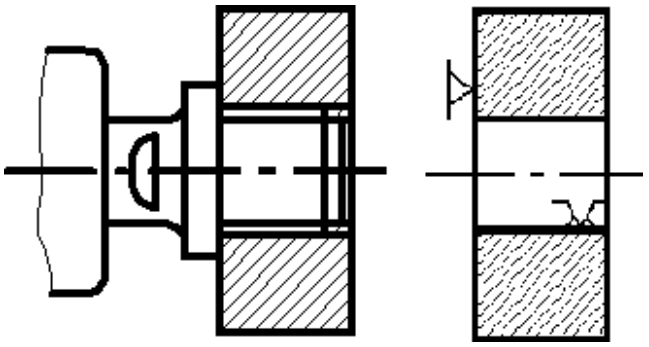
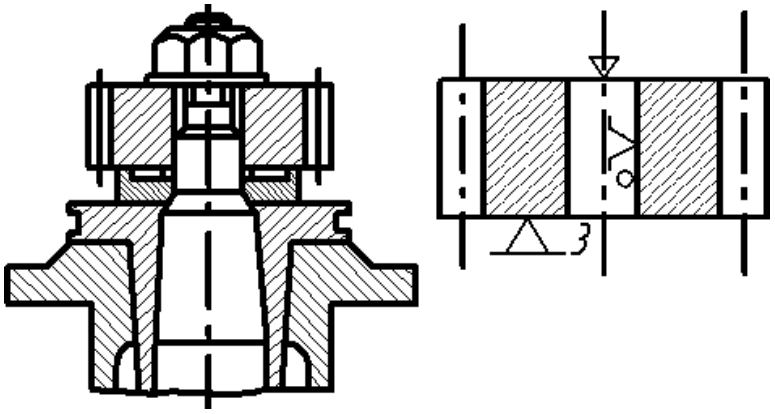
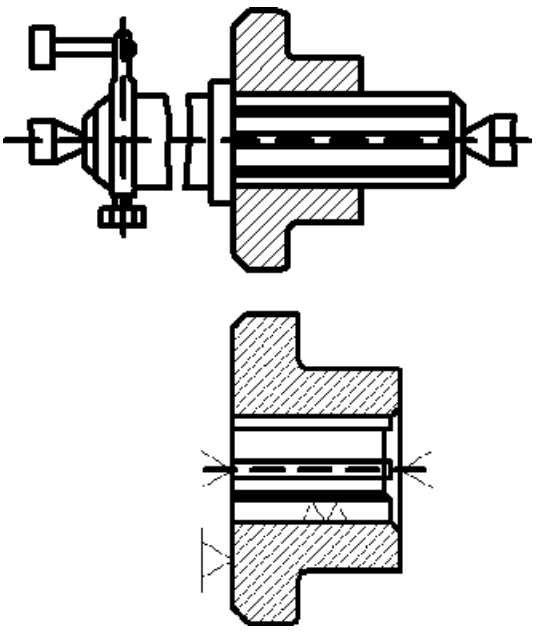
Примеры схем установки изделий

Описание способа установки	Схема установки и обозначения
1	2
1. В центрах с поводком с вращающимся центром и подвижным люнетом	
2. В поводковом патроне с подвижным вращающимся центром	
3. В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с подвижным вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете	
4.В центрах с рифленым и вращающимся центром	

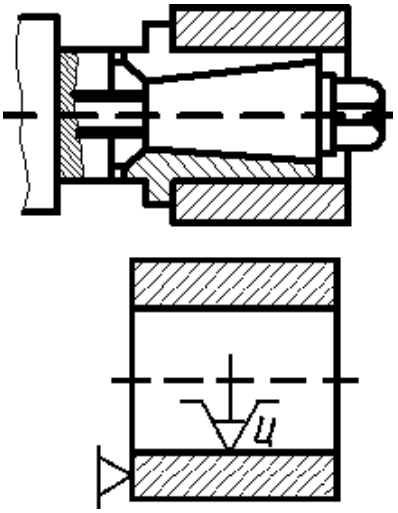
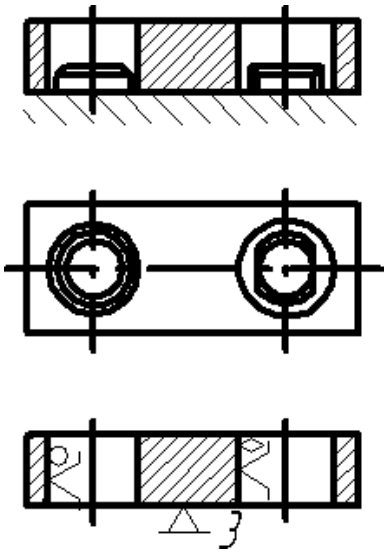
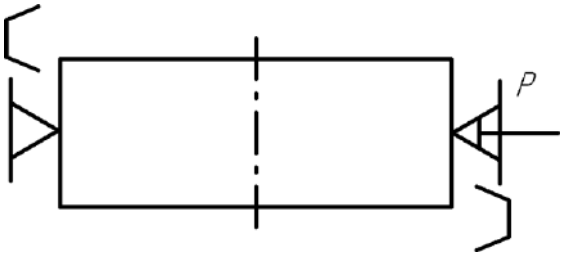
Продолжение табл. П3.6

1	2
5. В центрах с плавающим центром в поводковом патроне и неподвижным люнетом	
6. В трехкулачковом самоцентрирующем патроне с базированием по наружному диаметру без упора в торец	
7. В трехкулачковом самоцентрирующем патроне в разжим с базированием по торцу	
8. На жесткой центровой конусной или цилиндрической оправке с натягом в центрах с базированием по отверстию	

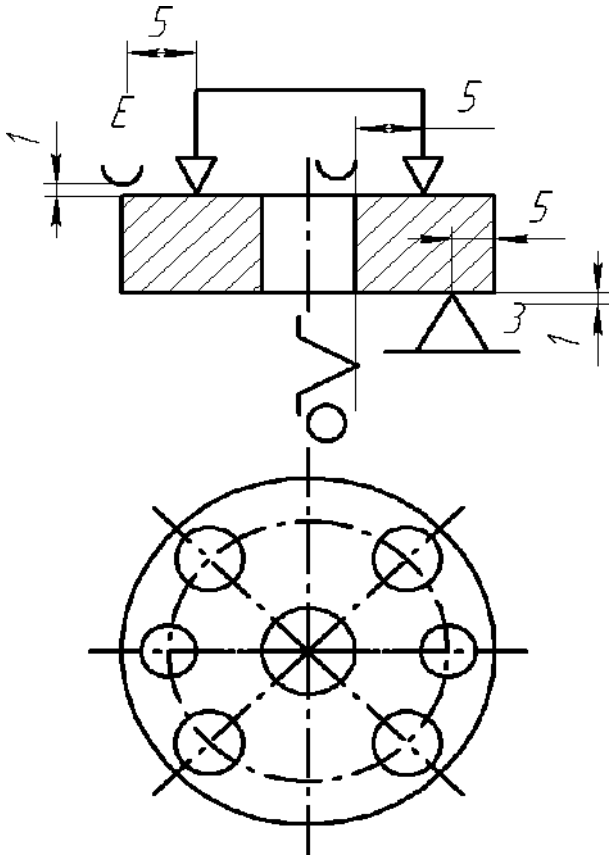
Продолжение табл. П3.6

1	2
9. На резьбовой консольной оправке с базированием по резьбе	
10. На жесткой оправке с креплением по торцу	
11. На шлицевой оправке в центрах с базированием по отверстию	

Продолжение табл. П3.6

1	2
12. На разжимной консольной оправке с базированием по отверстию	
13. На плоскость, круглый и срезанный пальцы с вертикальными осями	
14. В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом	

Окончание табл. П3.6

1	2
15. В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с применением электрического устройства двойного зажима, имеющего сферические рабочие поверхности	

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Примеры оформления технологических карт по ГОСТ 3.1404–74

ГОСТ 3.1105 – 74 форма 3

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Кафедра ЭГО	Маршрутная карта	Шестерня	Литера А

Материал		Код единицы величины	Масса детали	Заготовка				Единица нормирования	Норма расхода	Коэфф. использ. матер.
Наименование, марка	Код			Код и вид	Профиль и размеры	Кол. дет.	Масса			
Сталь 40Х	12		6,2	поковка	Ø156х86	1	10,5	1	12,1	0,51

Номер цеха	Номер участка	Номер операции	Наименование и содержание операции	Обозначение документа	Оборудование (код, Наименование, инвентар-ный номер)	Коэф. штучн. врем.	Код профессии	Кол-во раб.	Разряд работы	Кол. одн. обрабат. деталей	Единица нормирования	Код тар. сетки	Код вида нормы	Объем производственной партии	$T_{пз}$	$T_{шт}$
1	1	3	Ковка													
7	2	5	Токарно-винторезная		Ток.- винт.	1	1	1	1	1	□	□		150	27	
					16К20	□	□	2	2	2	□	□				3,45
7	2	7	Токарно-винторезная		Ток.- винт.	1	1	1	1	1	□	□		150	27	
					16К20	□	□	2	1	1	□	□				4,74

Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проверил	Нормиров.	Нормоконтр.	Лист	Листов

ГОСТ 3.110 5 – 74 Форма 3а

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв.№Дубл.	Подпись и дата

Номер цеха	Номер Участка	Номер операции	Наименование и содержание операции	Обозначение документа	Оборудование (код, наименование, Инвентар-ный номер)	Коэф. штучн. врем. / Код профессии	Кол-во раб. / Разряд работы	Кол. одн. обрабат. деталей / Единица нормирования	Код тар. сетки / Код вида нормы	Объем производственной партии	$T_{пз}$ / $T_{шт}$
7	2	9	*Контрольная*		*Контрольн.*						
					стол						
1	2	11	*Термическая*								
7	2	13	*Токарно-винторезная*		*Ток.- винт.*	*1*	*1*	*1*	□	*150*	*27*
					16К20	□	*2*	*2*	□		*6,7*
7	2	15	*Токарно-винторезная*		*Ток.- винт.*	*1*	*1*	*1*	□	*150*	*27*
					16К20	□	*2*	*1*	□		*5,21*

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата

лист

листов

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № Дубл.	Подпись и дата

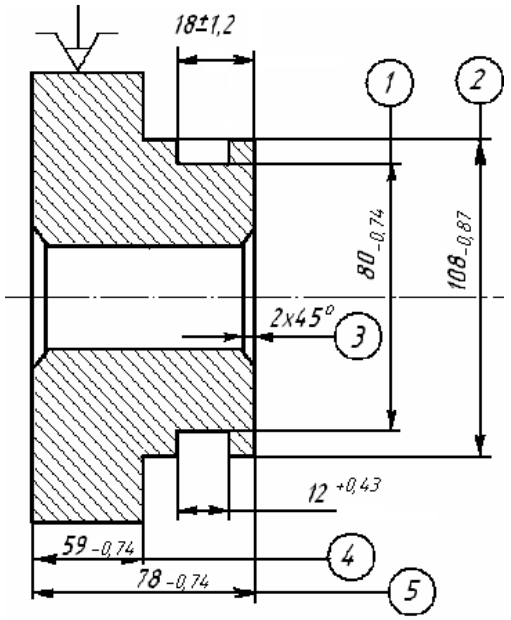
ГОСТ 3.1105 – 74 форма 5

Карта эскизов

Шестерня

Номер операции

15



Rz80

										Разработал				Лист
										Проверил				
														Листов
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Нормоконтр.				

ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1

Инв.№ подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв.№ дубл.	Подпись и дата

Кафедра ЭГО

Операционная карта механической обработки

Шестерня

Номер цеха	Номер участка	Номер операции	Наименование операции	Наименование и марка материала	Масса детали	Заготовка: Профиль и размеры	Заготовка: Твердость	Заготовка: Масса
7	*2*	*15*	*Токарно-винторезная*	*40Х*	*6,2*	*Ø156×86*	*НВ 269*	*-*

Количеств. одноврем. обр. дет	Оборудование (наименование, модель)	Приспособление (код и наименование)			
1	*Токарно-винторезный 16К20*	*3х кулачков. патрон*			охлаждение

Номер пере-	Содержание перехода	Инструмент (код и наименование): Вспомогательный	Режущий	Измерительный	расч. размеры: диаметр, ширина	Длина	*t*	*i*	Режим обработки: *S*	*n*	*V*	$T_О$	$T_В$
А	*Установить деталь,*												*0,45*
	закрепить												
1	*Подрезать торец 5*		*Резец*	*Штангенц*	*140*	*45*	*4*	*4*	*0,4*	*315*	*138*	*0,2*	*2,59*
			подрезной	*ц.д.–0,1мм*									
			Т15К6										

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№докум	Подпись	Дата	Проверил	Лист
										разработал	
										Нормиров.	Листов
										Нормоконтр	

ГОСТ 3.1404 – 74 форма 1а

Инв. № подп.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв.№ дубл.	Подпись и дата

Номер операции: 15

Номер перехо-	Содержание перехода	Инструмент (код и наименование)			расч. размеры		t	i	Режим обработки			$T_О$	$T_В$
		Вспомогательный	Режущий	Измерительный	диаметр, ширина	Длина			S	n	V		
2	Точить поверхн.2		Резец	Штангенц	140	21	4	4	0,39	315	138	0,3	1,59
	с подрезанием торца		проходной	ц.д.–0,1мм									
	ступени 4		упорный										
			Т15К6										
3	Точить канавку 1		Резец	Штангенц	108	15	12	1	0,12	200	68	1,05	0,4
			отрезной	ц.д.–0,1 мм									
			Т15К6										
4	Расточить фаску 3		Резец		55	3	2	1	0,1р	200	35	0,12	0,6
			проходной										
			Т15К6										

															Лист
															Листов
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Нормоконтр				

Инв. № подп.	Подпись и дата	взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата		

	Номер операции	15		

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент (код и наименование)			расч. размеры		t	i	Режим обработки			$T_О$	$T_В$
		Вспомогательный	Режущий	Измерительный	диаметр ширина	Длина			S	n	V		
5	Притупить острые		Резец про-		139	1,5	0,5	1	0,1р	200	89	0,1	0,15
	кромки		ходной		108	1,5	0,5	1	0,1р	200	89	0,1	0,15
			Т15К6										
6	Открепить – снять												
	деталь												0,2
	Контроль												
	Проверить Ø 108 $_{-0,74}$			Инструмент									
	Ø 80 $_{-0,74}$; Ø78 $_{-0,74}$			операции									

															Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум	Подпись	Дата	Нормоконтр					листов

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. Ч.1. М., 1974.
2. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения Ч.2. М., 1975.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения. Л.: Машиностроение, 1985. 496 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: В 2т. / Под ред. Л. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Т.1.М.: Машиностроение, 1985. 656 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 1 /Под ред. А .М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. М.:Машиностроение-1, 2001. 912 с.
6. Обработка металлов резанием: Справочник технолога./А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А. А. Панова.- М.: Машиностроение 1988.736 с.: ил.
7. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования: Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. 421 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ..... 2
1. МАРШРУТНАЯ КАРТА 4
2. ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА 13
3. КАРТА ЭСКИЗОВ 18
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Глубина резания *t* для некоторых методов обработки 22
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Оформление карт по ГОСТ 3.1404 - 74..... 25
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Оформление карты эскизов и операционной (ГОСТ 3.1702 – 79) 0
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Примеры оформления технологических карт по ГОСТ 3.1404–74 0
ЛИТЕРАТУРА 0

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине

ОП.10 Детали машин

Для студентов специальности

15.02.16 Технология машиностроения

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;

В методических указаниях представлены основные темы курса Детали машин и вопросы к каждой теме

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение.

Во введении необходимо изучить следующие вопросы: значение дисциплины «Детали машин» в решении задач социально-экономического развития страны, повышении производительности труда; ведущая роль машиностроения среди других отраслей народного хозяйства; краткие сведения из истории машиностроения; автоматизация; основные направления в развитии конструкций машин. Необходимо изучить классификацию машин, их деталей и узлов, знать требования к деталям машин, основные направления по повышению надежности и долговечности деталей машин, уменьшению их материалоемкости. При ознакомлении с технологическими требованиями к деталям машин выяснить, что представляет собой технологичность деталей машин и какими способами она достигается.

Знать виды расчетов деталей машин и ознакомиться с принципиальными основами расчетов на прочность, жесткость, устойчивость, износостойкость и теплостойкость. Необходимо также ознакомиться со следующими вопросами: виды нагрузок, действующих на детали машин, режимы нагрузок; основные критерии работоспособности и расчета деталей машин; выбор допускаемых напряжений и запасов прочности в машиностроении при статических и переменных нагрузках; машиностроительные материалы; стандартизация в машиностроении и ее значение; допуски и посадки; технологические требования, предъявляемые к деталям машин.

Вопросы для самопроверки:

1. Какова роль машиностроения в народном хозяйстве?
2. Каковы основные тенденции развития современного машиностроения?
3. Что такое деталь, сборочная единица (узел) и машина в целом?
4. Какие детали и узлы машин изучают в данном разделе курса?
5. Каковы основные направления в развитии конструкций машин?
6. Какие условия определяют рациональную конструкцию машины в целом и ее узлов и деталей в отдельности?
7. Что представляют собой основные критерии работоспособности деталей машин и каково их значение?
8. В чем сущность расчетов деталей машин на прочность, жесткость, устойчивость, износостойкость, виброустойчивость и теплостойкость?
9. Назовите методы выбора допускаемых напряжений и запасов прочности в машиностроении. В чем их сущность?
10. В зависимости от каких факторов определяют допускаемые напряжения и запасы прочности в машиностроении?
11. Перечислите критерии работоспособности и приведите примеры конструкций, где тот или иной критерий является главным.
12. Объясните понятие номинальной и расчетной нагрузки.

13. Какие машиностроительные материалы являются основными?

14. Какие факторы учитывают при выборе конструкционного материала?

15. Какую конструкцию называют технологичной?

16. Какое техническое и экономическое значение имеет технологичность машин, их узлов и деталей? От чего она зависит? Каким образом достигается?

17. Какими путями достигается снижение стоимости машин при их проектировании и изготовлении?

18. Какими способами достигается экономичность машины при ее эксплуатации?

19. Каковы основные направления повышения надежности и долговечности деталей машин?

2. Соединения.

Ознакомьтесь с классификацией соединений: разъемных и неразъемных, фрикционных и нефрикционных, подвижных и неподвижных.

Основное внимание обратите на виды соединений деталей с натягом и области их применения в машиностроении, на поведение соединений с натягом цилиндрических поверхностей при нагружении осевой силой и крутящим моментом, расчеты этих соединений, соединения с помощью стяжных колец и планок.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое соединение?

2. Классификация, типы и основные требования к соединениям.

3. Виды разъемных и неразъемных соединений.

4. Виды фрикционных и нефрикционных соединений.

5. Виды подвижных и неподвижных соединений.

6.Какие различают виды соединений деталей с натягом и какими способами их осуществляют?

7.Где применяют соединения посадками с натягом?

8.Как рассчитывают цилиндрические соединения с натягом при нагружении:

1) осевой силой;

2) крутящим моментом;

3) осевой силой и крутящим моментом?

9.Как образуется прессовое соединение и за счет каких сил оно передает нагрузку?

10.Оценка прессового соединения по сравнению со шпоночным и шлицевым.

11.По каким натягам рассчитывают прочность соединения и прочность деталей?

12.Как подбирается посадка для соединения с гарантированным

3. Сварные, паяные и клеевые соединения.

Основное внимание обратите на виды сварных соединений и сварных швов, области их применения и расчет; преимущества и недостатки сварных конструкций по сравнению с клепаными и литыми. Ознакомьтесь с нормами допускаемых напряжений для сварных швов.

Сварные конструкции, несмотря на большие преимущества, в отдельных случаях вследствие меньшей жесткости и наличия внутренних напряжений в швах оказываются менее качественными, нежели такие же конструкции из чугунного или стального литья.

Паяное соединение образуется в результате химических связей материала деталей и присадочного материала, называемого припоем. Нужно знать процесс подготовки поверхности деталей к пайке, виды припоев, расчет прочности паяных соединений.

Обратите внимание на суть процесса склеивания, виды клеев, подготовку поверхности деталей к склеиванию, на факторы, влияющие на качество клейки, научитесь рассчитывать на прочность клеевые соединения.

Вопросы для самопроверки:

1. Преимущества сварных конструкций по сравнению с клепаными, литыми, коваными.
2. Каковы основные виды сварки в машиностроении и в чем их сущность?
3. Что называют сварным швом? Назовите типы сварных швов.
4. Как рассчитывают стыковые и угловые сварные швы?
5. Как рассчитывают лобовые и фланговые сварные швы?
6. Как рассчитывают сварной шов, подверженный действию изгибающего момента?
7. Как рассчитывают сварные швы соединений, работающих на сложное сопротивление?
8. Как рассчитывают сварные швы при переменных нагрузках?
9. Почему не рекомендуют применять длинные фланговые швы?
10. По какому сечению разрушается угловой шов?
11. Какие факторы влияют на прочность сварных соединений?
12. Где применяют паяные соединения?
13. Как ведется подготовка поверхности деталей к пайке?
14. Укажите основные виды припоев и их применение для пайки конструкций.
15. Как рассчитывают на прочность паяные соединения?
16. Где применяют клеевые соединения?
17. Как ведутся подготовка поверхности деталей к склеиванию и процесс клейки?
18. Какие различают клеевые составы и каково их применение для клейки различных материалов?
19. Какова прочность клеевых соединений и как ведется расчет на сдвиг и на отрыв?

4. Заклепочные соединения.

Ознакомьтесь с конструкцией заклепок, их разновидностями по ГОСТам, материалами, из которых изготовляют заклепки, типами заклепочных швов по назначению и конструкции, областью их применения (в прошлом и в настоящее время) и расчетом прочных швов.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие различают заклепки по назначению и по форме головок? Из какого материала их изготовляют?
2. Какие заклепочные швы различают по назначению и по конструкции?
3. По какому диаметру производят расчет заклепок на прочность?
4. Что учитывает коэффициент прочности заклепочного шва?
5. Какая существует зависимость между диаметром заклепки и толщиной листа?
6. Как рассчитывают прочные заклепочные швы?
7. Как выбирают допускаемые напряжения при знакопеременных нагрузках?
8. Как образуется заклепочное соединение?
9. Почему шахматное расположение заклепок в группе предпочтительнее рядного расположения?

10. Какие напряжения испытывает заклепка?

11. По каким сечениям и напряжениям рассчитывается лист в заклепочном соединении?

5. Резьбовые соединения.

Резьбы и их разновидности, ГОСТы на резьбы; достоинства, недостатки и области применения отдельных видов резьб; расчет резьбы и подбор ее по ГОСТам; конструкция болтов, шпилек, винтов, гаек, шайб и гаечных замков, их разновидности по ГОСТам; их материал; резьбы для болтов; области применения различных болтов, шпилек, винтов, гаек, шайб и гаечных замков и подбор их по ГОСТам и по ведомственным нормалям; расчет болтов.

При изучении расчета болтов, находящихся под действием статических нагрузок, уясните разницу в расчетах болтов в зависимости от способа их нагружения. Усвойте расчет болтов при действии на них переменных нагрузок и высоких температур; ознакомьтесь с методикой расчета групп болтов и с нормами допускаемых напряжений при расчете болтов. Обратите внимание на способы увеличения прочности болтов, винтов, шпилек и гаек.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие различают типы резьбы по назначению и по геометрической форме и какие из них являются стандартными?

2. Какие существуют виды резьбы по числу ее заходов и по направлению наклона витков и где их применяют?

3. Почему для болтов применяют треугольную резьбу?

4. Какие различают виды метрической резьбы?

5. Почему метрическая резьба с крупным шагом имеет преимущественное применение?

6. Когда применяют резьбы с мелкими шагами, а также прямоугольную трапецеидальную упорную и круглую?

7. Как рассчитывают резьбу на срез и смятие?

8. Какие различают болты и винты по форме головок?

9. Какие различают болты, винты и шпильки по назначению и по конструкции?

10. Как определяются силы и моменты в резьбе?

11. Из какого материала выполняют болты, винты, шпильки, гайки, шайбы и гаечные замки?

12. Какие устройства применяют для разгрузки болта от действующей поперечной силы?

13. Когда применяют шпильки и винты вместо болтов?

14. Как рассчитывают болты, винты и шпильки при действии на них статических нагрузок в следующих случаях:

1) болт (винт, шпилька) нагружен осевой растягивающей силой;

2) болт нагружен осевой силой и крутящим моментом затяжки;

3) предварительно затянутый болт дополнительно нагружен осевой растягивающей силой с последующей затяжкой болта или без нее;

4) болт, установленный в отверстие с зазором, нагружен поперечной силой?

15. Какие материалы используют для резьбовых деталей?

16. Как определяют допускаемые напряжения для болтов, винтов и шпилек при расчете их на прочность и что такое класс прочности?

17. Всегда ли нужно самоторможение винтовой пары?

18. Как повысить КПД винтовой пары?

19. Как повысить равномерность распределения нагрузки по виткам резьбы гайки?

6. Шпоночные, шлицевые и профильные соединения.

Конструкции шпонок, шлицевых и профильных соединений; области их применения; подбор шпонок и шлицевых соединений по ГОСТу; способы центрирования шлицевых соединений; расчет шпонок и шлицевых соединений.

Вопросы для самопроверки:

1. Для чего служат шпонки?
2. Какие шпонки нормализованы ГОСТами?
3. Где применяют различные типы шпонок? Из какого материала их изготовляют? Как определяют их размеры?
4. Как производится проверочный расчет призматических, сегментных врезных шпонок?
5. Какие различают шлицевые соединения и какие из них нормализованы ГОСТом?
6. Какие преимущества имеют шлицевые соединения по сравнению со шпоночными?
7. Как осуществляется центрирование шлицевых соединений? Как их рассчитывают?
8. Какие различают виды профильных соединений и когда их применяют?
9. Основные виды шпоночных соединений, их применение. Почему шпонки рассчитывают по напряжениям смятия, а не среза?

7. Передача «винт - гайка».

Усвойте области применения передачи, резьбы для винтов и гаек, конструкцию, материал и расчет винтов и гаек.

Вопросы для самопроверки:

2. Где применяют передачу «винт - гайка»?
3. Каковы ее достоинства и недостатки?
4. Как устроены винты и гайки передач? Из каких материалов их изготовляют?
5. Как определяют КПД передачи «винт - гайка» и как его можно повысить?
6. Как определяют момент, необходимый для вращения винта или гайки?
7. Как рассчитывают винты передач?
8. Что является основной причиной выхода из строя винтов и гаек передач?
9. Когда винты передач рассчитывают на прочность и когда на устойчивость?
10. Как определяют основные размеры гайки?

8. Зубчатые передачи.

Основные термины и определения. Виды зубчатых передач и их зубьев и области их применения; методы расчета зубьев на контактную прочность и на изгиб; особенности расчета косых и шевронных зубьев, а также зубьев конических колес; конструкция, материал и расчет зубчатых колес, способы смазки зубчатых передач.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие различают виды зубчатых передач и где их применяют?
2. Каковы основные достоинства зубчатых передач по сравнению с другими передачами?
3. Почему эвольвентное зацепление имеет преимущественное применение?
4. Каков стандартный исходный профиль рейки эвольвентного зацепления?
5. Какие различают виды зубьев и где их применяют?
6. Что такое модуль? Какие модули различают для косых, шевронных и криволинейных зубьев?
7. Как определяют начальный и делительный диаметры зубчатого колеса?
8. Как вычисляют диаметры вершин и впадин зубьев?
9. Как определяют делительные диаметры зубчатых колес с косыми, шевронными и криволинейными зубьями?
10. Что такое коэффициент перекрытия и каково его минимальное значение?
11. Какое минимальное число зубьев допускается для колес различных видов зубчатых передач?
12. Что представляет собой передача со смещением и для чего ее применяют?
13. Что такое коэффициент смещения?
14. Какие различают виды передач со смещением и как они осуществляются?
15. Где применяют эти передачи?
16. Какое максимальное передаточное число рекомендуется для одной пары различных видов зубчатых передач?
17. Какие потери имеют место в зубчатой передаче и чему равен ее КПД?

18. Как определяют силы давления на валы со стороны колес в различных видах зубчатых передач?

19. Из какого материала изготовляют зубчатые колеса и их зубья?

20. Какие виды термической и химико-термической обработки зубьев применяют для их упрочнения?

21. Какие различают зубчатые колеса по конструкции?

22. Понятие о степенях точности зубчатых передач и их влияние на качественные характеристики передач.

23. Как определяют размеры обода, ступицы и спиц зубчатого колеса?

24. Какие степени точности изготовления зубчатых передач имеют преимущественное распространение и какие из них применяют в передачах общего машиностроения?

25. По каким причинам зубчатые передачи выходят из строя и, соответственно, по каким напряжениям производят расчет их зубьев на прочность?

26. Как производится расчет зубьев на изгиб?

27. Как производится расчет зубьев на контактную прочность?

28. По какому модулю зацепления производится расчет на прочность зубьев конических зубчатых колес?

29. По какому зубчатому колесу производится расчет зубьев на контактную прочность и по какому на изгиб?

30. Как устроены планетарные зубчатые передачи? Каковы их достоинства и где их применяют?

31. Что представляет собой волновая зубчатая передача и какими достоинствами она обладает?

32. Что представляет собой зацепление Новикова? Каковы его достоинства и недостатки и где его применяют?

33. Как осуществляют смазку зубчатых колес?

9. Цепные передачи.

Ознакомьтесь с типами цепей по ГОСТам и изучите следующие вопросы: виды цепных передач и области их применения; кинематические и силовые зависимости; определение диаметра звездочек; подбор цепей по ГОСТам и ведомственным нормалям.

Выясните причины неравномерности движения цепи и ее влияние на работу передачи; ознакомьтесь со способами смазки цепных передач.

Вопросы для самопроверки:

1. Каковы достоинства и недостатки цепной передачи и где ее применяют?

2. Какие различают виды приводных цепей и какие из них нормализованы ГОСТами?

3. Где применяют различные виды цепей?

4. Какие потери имеют место в цепной передаче и чему равен ее КПД?

5. Как осуществляется смазка цепных передач?

6. Из какого материала изготовляют звездочки и приводные цепи?

7. Как определяют несущую способность цепей и как производят подбор их по ГОСТам и ведомственным нормалям?

8. Как производится расчет цепи на долговечность?

9. Как определяют диаметр начальной окружности звездочки?

10. С чем связаны неравномерность хода цепной передачи, удары шарниров цепи по зубьям звездочки и колебания ветвей цепи?

11. От чего зависит интенсивность износа шарниров цепи?

12. Чему равно давление звездочки цепной передачи на вал?

13. Как устроены цепные вариаторы и где их применяют?

10. Фрикционные передачи и вариаторы.

Основные виды фрикционных передач; достоинства, недостатки и области их применения; конструкция и материал колес; расчет передач; фрикционные вариаторы, их основные виды, области применения, расчет, принцип работы, характеристики.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие различают основные виды фрикционных передач, фрикционных вариаторов?

2. Каковы достоинства и недостатки фрикционных передач?

3. Где применяют фрикционные передачи с постоянным передаточным отношением и где вариаторы?

4. Из каких материалов изготовляют колеса фрикционных передач?

5. Какими способами увеличивают трение между колесами фрикционных передач?

6. Как определяют передаточное отношение отдельных видов передач?

7. Что такое диапазон регулирования вариатора и как его определяют?

8. Как определяют силу нажатия между колесами цилиндрической и конической фрикционных передач?

9. Какие потери имеют место во фрикционных передачах и чему равны КПД этих передач?

10. Как производится расчет колес фрикционных передач по контактным напряжениям?

11. Как определяют диаметры и ширину колес фрикционных передач и вариаторов?

11. Ременные передачи.

Рассмотрите следующие вопросы: основные виды ременных передач и области их применения; материал и конструкции ремней; типы стандартных ремней; геометрические, кинематические и силовые зависимости в ременных передачах; расчет ремней по тяговой способности их на долговечность; особенности расчета клиноременных передач и передач с натяжным роликом; конструкция, материал и расчет шкивов; ременные вариаторы и их расчет.

Нужно ясно представлять зависимость между силами натяжения ремня при работе передачи, окружным усилием, коэффициентом трения и углом обхвата меньшего шкива, а также зависимость между силами натяжения ремня при работе передачи, начальным натяжением ремня и окружным усилием.

Обратите внимание на выбор места установки ролика в ременной передаче с натяжным роликом, а также на устройство и применение демпфера (успокоителя). Уясните зависимость предельных окружных скоростей шкивов от их материала и конструкции, необходимость ограждения ременных передач.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие различают виды ремней по форме их поперечного сечения?

2. Из каких материалов изготовляют плоские, клиновые и зубчатые ремни?

3. Какие плоские и клиновые ремни нормализованы ГОСТами?

4. Каковы достоинства и недостатки отдельных типов ремней?

5. Где применяют прорезиненные, кожаные, хлопчатобумажные, шерстяные и нейлоновые плоские ремни?

6.Какие различают виды ременных передач и где их применяют?

7.Каковы достоинства и недостатки ременной передачи по сравнению с другими передачами?

8.Как определяют передаточное число ременной передачи с учетом проскальзывания ремня?

12. Оси и валы.

Изучите назначение, конструкцию и материалы осей и валов, цапф (шипы и шейки) и пят осей и валов, их разновидности и области применения; расчеты осей и валов: а) по номинальным напряжениям; б) на сопротивление усталости; в) на жесткость; г) на критическую угловую скорость.

Вопросы для самопроверки:

1.Что такое ось и вал и какая между ними разница?

2.Какие различают виды осей и валов?

3. Что называют цапфой, шипом, шейкой и пятой?

4. Какие различают по конструкции цапфы и пяты и где применяют их различные виды?

5. Из каких материалов изготовляют оси и валы?

6. Как и в каких случаях рассчитывают оси и валы на статическую прочность, на сопротивление усталости, на жесткость?

7. В каких случаях валы можно рассчитывать только на кручение?

8. Что такое критическая угловая скорость оси или вала?

9. Когда необходимо рассчитывать ось или вал на поперечные колебания?

10. Почему расчет вала разделяют на два этапа: проектный и проверочный?

11. По каким напряжениям выполняют проектный расчет вала и почему при этом уменьшают допускаемые напряжения?

13. Подшипники скольжения.

Ознакомьтесь с основными типами и областями применения подшипников скольжения, научитесь подбирать их по ГОСТам и ведомственным нормалям. Изучите материалы вкладышей и корпусов подшипников скольжения; области применения вкладышей в зависимости от их материала.

Вопросы для самопроверки:

1.В каких областях машиностроения применяют подшипники скольжения? Каким основным требованиям они должны удовлетворять?

2.Какие различают виды трения в подшипниках скольжения и чем они отличаются между собой?

3. Почему при жидкостном трении режим работы подшипника скольжения является самым благоприятным?

4. В каких случаях применяют подшипники скольжения с полусухим или полужидкостным трением и в каких с жидкостным трением?

5. Какие различают подшипники скольжения в зависимости от направления воспринимаемой ими нагрузки?

6. Какие различают типы подшипников скольжения по конструкции и какие из них нормализованы ГОСТом?

7. Для чего предназначены вкладыши?

8. Какова особенность конструкции подшипников с самоустанавливающимися вкладышами?

9. Как устроены подпятники скольжения?

10. Из каких материалов изготовляют корпуса и вкладыши подшипников скольжения?

11. Где применяют отдельные виды вкладышей в зависимости от их материала?

12. Как определяют основные размеры подшипников скольжения?

13. Как рассчитывают подшипники скольжения?

14. Какие смазочные материалы применяют в подшипниках скольжения?

14. Подшипники качения.

Классификация, конструкция и обозначения основных типов подшипников, область их применения. Материалы деталей подшипников качения; устройство подшипниковых узлов; смазка подшипников качения, их монтаж и регулировка; расчет подшипников качения на долговечность и на статическую грузоподъемность и подбор их по ГОСТам.

Вопросы для самопроверки:

1. Из каких деталей состоят подшипники качения, из каких материалов?

2. Зачем нужен сепаратор в подшипнике?

3. Каковы достоинства и недостатки подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения?

4. Какие различают виды подшипников качения по форме тел качения и по направлению воспринимаемой ими нагрузки?

5. Что представляют собой стандартные размерные серии подшипников качения?

6. Какие различают серии подшипников качения и когда их применяют?

7. Какие различают основные виды шарико- и роликоподшипников по конструкции и где их применяют?

8. Каковы особенности конструкции и работы игольчатых подшипников и где их применяют?

9. Каковы достоинства и недостатки шарикоподшипников по сравнению с роликоподшипниками?

10. Какие существуют способы посадки и закрепления подшипников качения на валах и в их корпусах?

11. Для чего применяют смазку в подшипниках качения, и как она осуществляется?

12. Какие виды уплотняющих устройств применяют в подшипниках качения и где именно?

13. Какие виды разрушения наблюдаются у подшипников качения?

14. Что такое динамическая (C) и статическая (C0) грузоподъемности подшипника?

15. Что такое эквивалентная динамическая нагрузка (P) подшипника?

16. Какой зависимостью связаны C и P с ресурсом (L) наработки подшипника?

17. Как учитывают надежность, качество материала и условия эксплуатации при определении ресурса L подшипника?

18. При каких условиях эксплуатации и по какому критерию подшипники подбирают по статической грузоподъемности?

19. Каковы особенности расчета осевой нагрузки пары радиально-упорных подшипников?

20. Как подбирают подшипники качения по ГОСТу?

15. Муфты для соединения валов.

Ознакомьтесь с классификацией и с основными типами муфт, их конструкцией и областями применения. Изучите порядок подбора муфты по ГОСТам и ведомственным нормалям, а также порядок проверочных расчетов.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие различают группы муфт по назначению и по принципу действия?

2. На какие группы подразделяют постоянные муфты?

3. Как устроены втулочная и фланцевая (поперечно-свертная) муфты, где их применяют и как производят их проверочный расчет на прочность?

4. Как устроена и работает зубчатая муфта и как ее подбирают по ГОСТу?

5. Как устроены крестовые муфты (кулачково-дисковая и с плавающим вкладышем)? Где их применяют и как рассчитывают?

6. Какие различают типы шарнирных муфт, какие из них нормализованы ГОСТом, как они устроены, как работают и как определяют их размеры?

7. Какие различают виды упругих муфт? Где их применяют и какие из них нормализованы ГОСТом?

8. Как устроена, работает и рассчитывается упругая муфта с пальцами? Другие упругие муфты?

9. Какие различают группы сцепных муфт?

10. Как устроены сцепные управляемые кулачковые и зубчатые муфты? Где их применяют и как рассчитывают?

11. Почему из сцепных муфт преимущественное применение имеют фрикционные?

12. Какие различают виды фрикционных муфт? Как они устроены и как работают?

13. Как рассчитывают дисковые, конусные и многодисковые фрикционные муфты?

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Чепоров С. А.

НОВИКОВА Н.А

Методическое руководство для выполнения контрольных работ по дисциплине

«Основы взаимозаменяемости» ч.1

для студентов специальности
15.02.16 «Технология машиностроения»

Екатеринбург
2022

РАБОТА №1

Работа заключается в анализе допусков и посадок гладких соединений. Анализируются все стандартные посадки, образующиеся с основным валом заданного квалитета и заданного номинального размера и все стандартные посадки, образующиеся с основным отверстием заданного квалитета и размера.

Работа выполняется на специальном бланке и подлежит защите. Бланк заполняется карандашом, с соблюдением требований ГОСТ 2.307-68.

Для выполнения данной работы студенту необходим для определения полей допусков ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75).

1.Последовательность выполнения работы

1.1. Для выполнения работы студент получает бланк с заданием.

1.2. Из таблицы ГОСТ 25347-82 выписать в графу 1 бланка работы все стандартные посадки, образующиеся с основным валом заданного квалитета, и все стандартные посадки, образующиеся с основным отверстием заданного квалитета.

1.3 Посадки записываются в соответствии с ГОСТ на условные обозначения полей допусков: предельные отклонения отверстия записываются в числителе, а вала – в знаменателе, например: $50\ \frac{H7}{e8}$ или 50 *H7/e8*. Где: 50 – номинальный размер соединения; *H7*- условное обозначение поля допуска отверстия; *e8*- поле допуска вала.

Аналогично по заданному квалитету и номинальному размеру выписываются все стандартные посадки в системе вала.

1.4. В графы 2 и 3 каждой системы (система отверстия, система вала) заносятся числовые значения предельных отклонений для всех полей допусков.

Числовые значения предельных отклонений принимаются по ГОСТ25347-82 (СТ СЭВ 144-75). При отсутствии указанного стандарта предельные отклонения находят расчетным путем с помощью ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75).

1.5. В графы 4 и 5 каждой системы посадок записываются исполнительные размеры для отверстий и валов с указанием условного обозначения предельных отклонений, а в графы 6 и 7 – исполнительные размеры, но уже в числовых величинах предельных отклонений, мм.

1.6. Проводится математический анализ зазоров и натягов для каждого сопряжения в обеих системах. Величины зазоров и натягов по абсолютной величине, в мкм, заносятся в графы отчета 8, 9, 10 и 11 соответственно каждой системы посадок.

Предельные зазоры и натяги определяются:

посадки с зазором:

$S_{max} = ES - ei$, $S_{min} = EI - es$;

посадки с натягом:

$N_{max} = es - EI$, $N_{min} = ei - ES$;

переходные посадки:

$S_{max} = ES - ei$, $N_{max} = es - EI$,

где S_{max} и S_{min} - наибольший и наименьший зазор;
N_{max} и N_{min} - наибольший и наименьший натяг;
ES и *EI* - верхнее и нижнее отклонение отверстия;
es и *ei* - верхнее и нижнее отклонение вала.

1.7. Определяется для посадок в системе отверстия и в системе вала допуск посадки исходя из предельных зазоров или натягов.

Для посадок с зазором $T_n = S_{max} - S_{min} = IT_D + IT_d$;
Для посадок с натягом $T_n = N_{max} - N_{min} = IT_D + IT_d$;
Для переходных посадок $T_n = S_{max} + N_{max} = IT_D + IT_d$;

При этом IT_D – допуск отверстия,
IT_d – допуск вала.

Результаты расчета заносятся в графу 12 бланка отчета соответственно каждой посадке, мкм.

1.8. Строятся схемы полей допусков для всех посадок в системе отверстия и в системе вала. Для построения полей допусков следует принять определенный масштаб.

1.9. Для одной (любой) посадки в системе отверстия и для одной посадки в системе вала оформляются эскизы сопряжений.

При этом на эскизах сопряжений указать исполнительные размеры на двух размерных линиях: на одной указать номинальный размер и условное обозначение предельных отклонений, на второй - номинальный размер с числовыми предельными отклонениями.

Образец контрольной работы №1 приведен в таблице 1.1 и Рис.1.1, Рис.1.2.

Таблица 1.1

Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h5 номинального размера 20 мм

Посадка	Отклонение в мкм.		Наносимый размер на чертежах деталей (в мм)				Натяги в мкм		Зазоры в мкм		Допуск посадки в мкм
	Отв.	Вала	Условно		С числовыми отклонениями		max	min	max	min	
	ES EJ	es ej	Отв.	Вала	Отв.	Вала					

Схема полей допусков для размера 20 мм с полем допуска основного вала h5

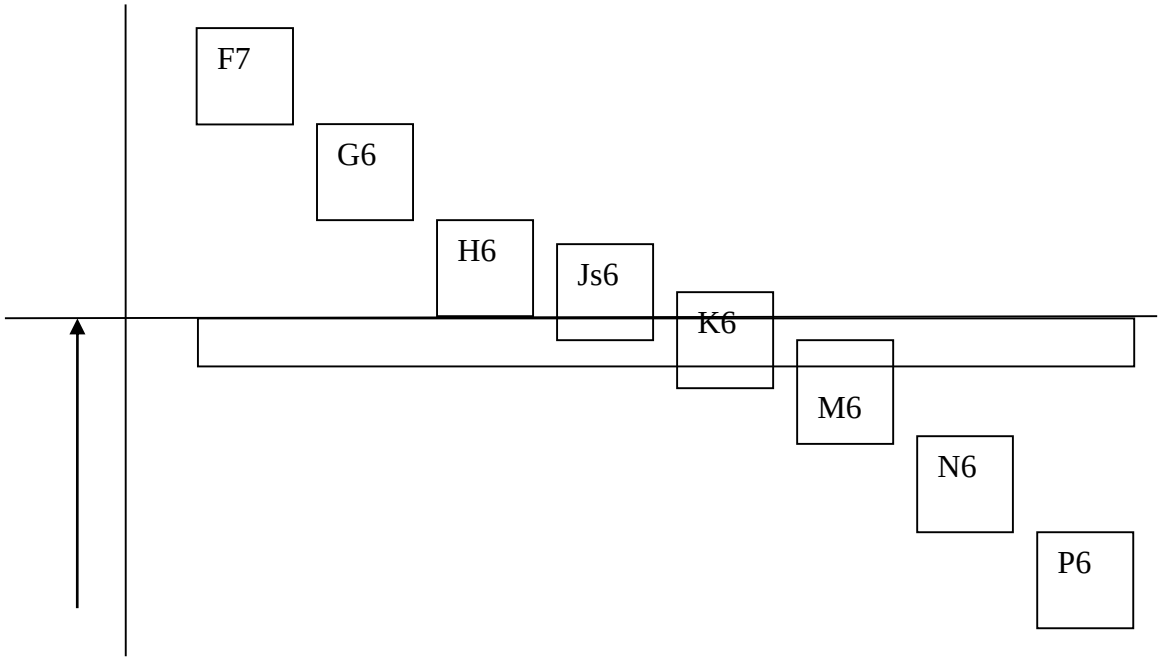


Рис 1.1 Эскизы деталей и сопряжения для посадки с полем допуска h5 в системе вала

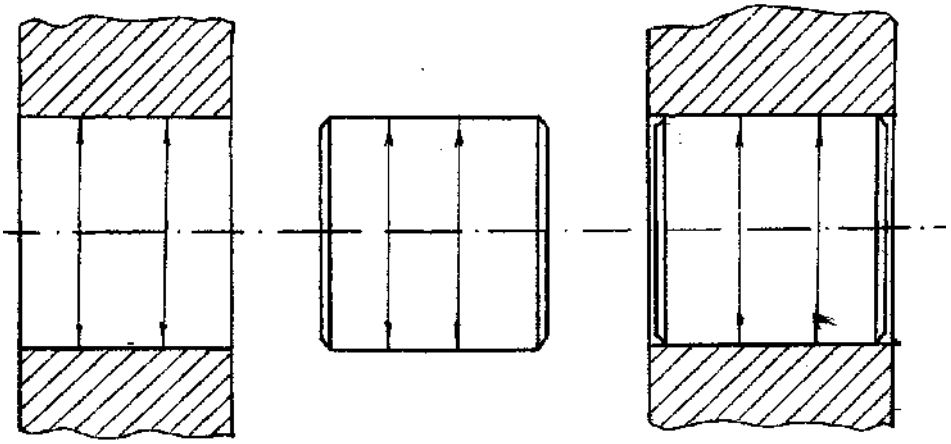


Рис.1.2.Схема обозначения посадок на чертежах

КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Номера вариантов соответствуют порядковому номеру студента в журнале

Вариант 1

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h7 номинального размера 170 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H6 номинального размера 30 мм

Вариант 2

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h8номинального размера 180 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H7 номинального размера 28 мм

Вариант 3

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h7 номинального размера 190 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H6 номинального размера 28 мм

Вариант 4

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h11 номинального размера 200 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H8 номинального размера 25 мм

Вариант 5

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h6 номинального размера 200 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H9 номинального размера 24 мм

Вариант 6

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h7 номинального размера 210 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H6 номинального размера 22 мм

Вариант 7

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h8 номинального размера 200 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H7 номинального размера 25 мм

Вариант 8

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h9 номинального размера 210 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H8 номинального размера 20 мм

Вариант 9

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h8 номинального размера 220 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H7 номинального размера 18 мм

Вариант 10

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h7 номинального размера 225 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H6 номинального размера 16 мм

Вариант 11

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h8 номинального размера 230 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H7 номинального размера 20 мм

Вариант 12

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h7 номинального размера 240 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H6 номинального размера 12 мм

Вариант 13

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h9 номинального размера 250 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H7 номинального размера 14 мм

Вариант 14

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h11 номинального размера 260 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H8 номинального размера 18 мм

Вариант 15

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h6 номинального размера 270 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H11 номинального размера 16 мм

Вариант 16

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h7 номинального размера 280 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H6 номинального размера 15 мм

Вариант 17

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h8 номинального размера 280 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H7 номинального размера 14 мм

Вариант 18

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h11 номинального размера 300 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H8 номинального размера 12 мм

Вариант19

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h9 номинального размера 300 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием 7 номинального размера 10 мм

Вариант 20

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h6 номинального размера 315 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H9 номинального размера 10 мм

Вариант 21

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h7 номинального размера 315 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H6 номинального размера 8 мм

Вариант 22

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h8 номинального размера 320 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H7 номинального размера 70 мм

Вариант 23

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h9 номинального размера 320 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H8 номинального размера 63 мм

Вариант 24

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h6 номинального размера 340 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H11 номинального размера 10 мм

Вариант 25

1. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала с валом h11 номинального размера 320 мм

2. Дать анализ всех стандартных посадок в системе отверстия с отверстием H7 номинального размера 18 мм

Исходные данные для выполнения задания:

1. ГОСТ 25347-82

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Егоров С.А.

НОВИКОВА Н.А

Методическое руководство для выполнения контрольных работ по дисциплине

«Основы взаимозаменяемости» ч.2

для студентов специальности
15.02.16 «Технология машиностроения»

Екатеринбург
2022

В целях закрепления основных положений по курсу «основы взаимозаменяемости» студенты самостоятельно выполняют две расчетно-графические работы.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Работа включает в себя следующие расчеты:
- расчет и выбор посадки с зазором,
- расчет и выбор посадки с натягом,
- выбор посадок для подшипников качения,
- определение исполнительных элементов зубчатого колеса,
- решение размерных цепей.

Работа выполняется на бумаге формата А4.

Номера вариантов в соответствии с порядковым номером в журнале.

2.1. Расчет и выбор посадки с зазором

По заданным условиям работы подшипника скольжения студент должен рассчитать и выбрать стандартную посадку из ГОСТ 25347-82.

Последовательность расчета:

2.1.1. Определяется удельное давление на подшипник, Па

$$P = \frac{R}{D \bullet l},$$

где R - радиальная нагрузка на цапфу, Н;
D - номинальный диаметр сопряжения, м;
l - длина сопряжения, м.

2.1.2. Определяется относительная длина подшипника

$$\lambda = \frac{l}{D}$$

2.1.3. Если рабочая температура подшипника отличается от температуры, при которой устанавливается вязкость масла, необходимо определить динамическую вязкость масла при рабочей температуре. Машинные масла испытываются при $t = 50^0$С, а тяжелые и моторные масла при температуре $t = 100^0$С

$$\mu_t = \mu_{50}\left(\frac{50}{t^0}\right)^x \quad \text{или} \quad \mu_t = \mu_{100}\left(\frac{100}{t^0}\right)^x$$

где μ_{50} и μ_{100} – динамическая вязкость масла, принятая по таблице 2.2, Па·с;
t - рабочая температура подшипника;

x – показатель степени, принимаемый в зависимости от вязкости масла по таблице 2.1.

Таблица 2.1

Значение показателя степени

Вязкость св. масла, Па С от	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09
до	0,04	0,05	0,07	0,09	-
Значение x	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0

Таблица 2.2

Вязкость масел при температуре t =50^{0}С

Марка масла	Вязкость, Па·с	Марка масла	Вязкость, Па·с
И-8А	0,005…0,007	ИГП-4	0,003…0,004
И-12А	0,009…0,012	ИГП-6	0,004…0,006
И-20А	0,015…0,019	ИГП-8	0,006…0,007
И-25А	0,021…0,023	ИГП-18	0,014…0,017
И-30А	0,025…0,028	ИГП-30	0,024…0,026
И-40А	0,031…0,039	ИГП-38	0,030…0,034
И-50А	0,041…0,048	ИГП-49	0,041…0,045
И-70А	0,057…0,066	ИГП-72	0,062…0,066

Таблица 2.3.

Коэффициент точности по квалитетам

Квалитеты	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
«а»	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

Таблица 2.4.

Единица допуска для размеров от 1 до 500 мм

Интервалы	1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400

диаметров	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500
Единица допуска ι, мкм	0,54	0,73	0,90	1.09	1,30	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89	3.23	3,54	3,89

2.1.4. Вычисляется характеристика режима работы подшипника по зависимости

$$A = \frac{\mu \cdot \omega}{P},$$

где μ_t - динамическая вязкость масла при рабочей температуре подшипника, Па.с

ω - угловая скорость вращения вала, рад/с.

P - удельное давление на подшипники, Па;

Если по условию задачи задана частота вращения вала, то угловую скорость можно определить по зависимости

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30},$$

где n – частота вращения вала, об/мин.

2.1.5. Вычисляется оптимальный относительный зазор при относительном эксцентриситете χ =0,5.

$$\psi_{опт} = \sqrt{A \cdot C_{R1}},$$

где C_{R1} – коэффициент несущей способности подшипника, соответствующий χ =0,5. Принимается по табл. 2.5.

Таблица 2.5

Значение коэффициентов C_{R1}, C_{R2}, C_{R3} в зависимости от относительного эксцентриситета

Относительный эксцентриситет χ	Значение C_R при λ					
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,3	0,089	0,133	0,182	0,234	0,287	0,339
0,5	0,216	0,317	0,427	0,538	0,647	0,754
0,75	0,776	1,098	1,418	1,720	1,965	2,248
χ	C_R при λ					
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0

0,3	0,391	0,440	0,487	0.529	0,610	0,763
0,5	0,853	0.947	1,033	1,111	1,248	1,483
0,75	2,469	2,664	2,838	2,990	3,242	3,671

2.1.6. Вычисляется минимальный относительный зазор при *относительном* эксцентриситете χ =0,3.

$$\psi_{minF} = \sqrt{A \cdot C_{R2}} \ ,$$

2.1.7. Вычисляется максимальный относительный зазор при относительном эксцентриситете χ =0,75.

$$\psi_{maxF} = \sqrt{A \cdot C_{R3}},$$

2.1.8. Зная относительные зазоры и номинальный диаметр соединения, определяют предельные диаметральные зазоры, мм

$$S_{opt} = \psi_{onm} \cdot D; \ S_{min\,F} = \psi_{minF} \cdot D; \ \ S_{maxF} = \psi_{maxF} \cdot D$$

где D- номинальный диаметр соединения, мм.

2.1.9. По предельным зазорам определяется допуск зазора, мкм

$$T_{sF} = S_{maxF} - S_{min\,F}$$

2.1.10. Устанавливается коэффициент точности по зависимости

$$a = \frac{T_{SF}}{2 \cdot i} \ ,$$

где i – единица допуска, мкм, принимаемая по табл. 2.4.

В ГОСТ 25 346-82 (или табл.2.3).по величине a определяется квалитет для сопрягаемых деталей.

2.1.11. Определяется оптимальная величина масляного клина из условия

$$h_{min\,opt} = 0{,}25\, S_{opt};$$

$$h_{min\,opt} = k(Rz_D + Rz_d + \gamma_g)$$

где Rz_D и Rz_d – шероховатость сопрягаемых поверхностей деталей, мкм;

k - коэффициент запаса надежности по толщине масляного слоя, принимают $k \geq 2$;

γ_g – добавка на неразрывность масляного слоя с учетом отклонений формы, расположения поверхности вала и прогиба вала.

При $\lambda \geq 1$, $\gamma_g = 2 \div 3$; при $\lambda < 1$, $\gamma_g = 1$.

2.1.12.Определяется оптимальная шероховатость сопрягаемых поверхностей, приняв $h_{\min\ opt}$ равной 0,25 от S_{opt}, мкм

$$Rz_{opt} = \frac{h_{\min opt} - K\gamma_g}{2K} \quad ,$$

Полученная величина Rz_{opt} округляется до стандартной по ГОСТ 2789-73. (Таблица 2.6)

Таблица 2.6

Ряды числовых значений шероховатости и базовых длин

***L*, мм**	***Ra*, мкм**	***Rz*, мкм**	***L*, мм**	***Ra*, мкм**	***Rz*, мкм**
8	80	320	0,8	2,5	10,0
	63	250		2,0	8,0
	50	200		1,6	6,3
	40	160		1,25	5,0
	32	125		1,00	4,0
	25	100		0,80	3,2
	20	80		0,63	2,5
	16	63		0,50	2,0
	12.5	50		0,40	1,6
2,5	10,0	40	0,25	0,32	1,25
	8,0	32		0,25	1,00
	6,3	25		0,20	0,80
	5,0	20		0,16	0,63
	4,0	16		0.125	0,50
	3,2	12,5		0,100	0.40

2.1.13. Учитывая шероховатость поверхностей определяются технологические зазоры в соединении, мм

$$S_{max\ t} = S_{max\ F} - 2(R_{zD} + R_{zd});$$

$$S_{min\ t} = S_{min\ F} - 2(R_{zD} + R_{zd}).$$

2.1.14. В таблицах ГОСТ 25347-82 выбирается стандартная посадка из условия

$$S_{mi\ n} \geq S_{min\ t};$$
$$S_{max} \leq S_{max\ t}.$$

где $S_{mi\ n}$ и S_{max} - наименьший и наибольший табличные зазоры по ГОСТ 25347-82

При выборе посадки следует руководствоваться следующими условиями:

1. Посадка, по возможности, должна состоять из предпочтительных полей допусков, первого ряда предпочтительности;

2. Допускается применять стандартную посадку первого ряда предпочтительности, у которой S_{min} будет меньше $S_{min\,t}$, но не более 15%;

3. Если окажется, что посадка должна быть 5-го квалитета или точнее, то в таком случае следует принять посадку более грубого квалитета (например, 6-го или 7-го) и назначить селективную сборку. Для такой посадки следует принимать поля допусков вала и отверстия одного квалитета. У принятой посадки средний зазор S_m должен быть близким к S_{opt};

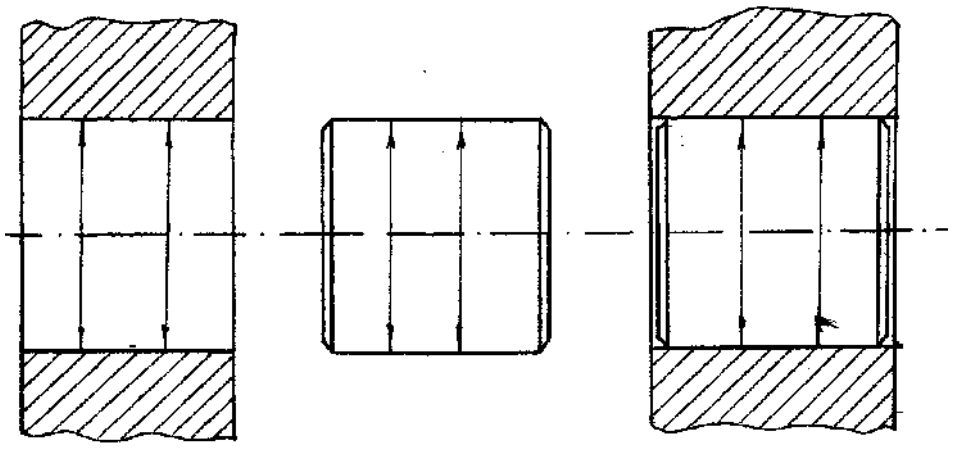
4. Количество групп сортировки определяется по зависимости:

$$n = \frac{T_s}{T_{sF}},$$

где T_s - допуск у принятой стандартной посадки по ГОСТ 25347-82;

T_{sF} - допуск посадки с зазором, полученный расчетом.

2.1.15. Выполнить эскиз вала, отверстия и вала в сборе, аналогично эскизов в работе №1. На эскизах нанести размеры с нанесением условных и числовых отклонений и нанести шероховатость по R_a.



2.2. Расчет и выбор посадки с натягом

По заданным нагрузкам и размерам соединяемых деталей рассчитать и выбрать стандартную посадку с гарантированным натягом.

Для выполнения работы необходимо иметь ГОСТ 25347-82.

Последовательность расчета:

2.2.1. По заданным значениям внешних сил и размерам сопрягаемых деталей определяется наименьшее удельное давление на сопрягаемых поверхностях соединяемых деталей.

При действии на соединение только осевой силы P_o, наименьшее удельное давление определяется по зависимости, Па

$$P_{min} = \frac{P_o}{\pi \cdot D \cdot L \cdot f} \quad ,$$

При действии на соединение только крутящего момента $M_к$, P_{min} находится из уравнения, Па:

$$P_{min} = \frac{2 \cdot M_к}{\pi \cdot D^2 \cdot L \cdot f} \quad ,$$

При действии на соединение одновременно P_o и $M_к$ минимальное удельное давление P_{min} определяется по равнодействующей сил, Па

$$P_{min} = \frac{R}{\pi \cdot D \cdot L \cdot f} \quad ,$$

где $R = \sqrt{P_0^2 + M^2}$, н

P_o – продольная осевая сила, стремящаяся сдвинуть одну деталь относительно другой, Н;

$M_к$ – крутящий момент, стремящийся повернуть одну деталь относительно другой, Н·м;

D – диаметр соединения, м;

L- длина контакта сопрягаемых поверхностей, м

f - коэффициент трения при установившемся режиме распрессовки или проворачивания.

Коэффициент *f* зависит от материала сопрягаемых деталей, способа сборки, шероховатости поверхностей и других факторов.

В табл. 2.7. приведены коэффициенты трения при сборке деталей под прессом. Если детали будут собираться термическим способом, то коэффициент *f* следует увеличить в 1,8 раза, например, если обе сопрягаемые детали изготавливаются из стали, то при сборке деталей под прессом *f* = 0,008, а при термической сборке *f* = 0,14.

Таблица 2.7

Значение коэффициентов трения

Материал сопрягаемых деталей	Коэффициент трения *f*
Сталь – сталь	0,06 ÷ 0,12
Сталь – чугун	0,07 ÷ 0,12
Сталь – алюминиевые сплавы	0,03 ÷ 0,05
Сталь – латунь	0,05 ÷ 0,10
Сталь - бронза	0,06 ÷ 0,10

Таблица 2.8

Допустимые пределы текучести и коэффициенты линейного расширения некоторых сплавов

Марка сплава	$\sigma_т$, МПа	$\lambda \cdot 10^6$ $1/^0C$	Марка сплава	$\sigma_т$, МПа	$\lambda \cdot 10^6$ $1/^0C$
Сталь СТ 3	196	11,1	Сталь 50Х	880	13,4
Сталь СТ 5	265	11,1	Сталь 45Х	850	13,4
Сталь 08	190	11,1	Сталь 40Х	785	13,4
Сталь 20	198	11,9	Сталь 30Х	687	11,3
Сталь 30	245	11,1	Сталь 20Х	638	11,3
Сталь 35	270	11,1	Сталь 20Г	275	12,3
Сталь 40	275	11,3	Сталь 30Г	314	12,6
Сталь 45	310	11,6	Сталь 40Г	353	9,4
Сталь 50	314	11,2	Сталь 50Г	392	11,6

Сталь 55	324	11,0	Сталь 65Г	432	11,6
Алюминиевые сплавы			Чугуны		
			СЧ 21-40	162	10,2
Д-1	245	22,9	СЧ 24-44	206	10,1
Д-6	294	22,0	СЧ 28-48	242	10,0
В-95	540	23,1	СЧ 32-52	267	10,0
АЛ-12	118	22,0	КЧ 35-10	215	10,2
АЛ-13	98	20,0	КЧ 37-12	226	10.0
			ВЧ 40-10	294	10.0
Бронзы					
БраЖМУ10-3-1,5	343	16,1			
БрОЦС 6-6-3	145	17,1			
Латунь					
ЛАЖМУ	396	18,7			
ЛМУСС	343	17,0			

Таблица 2.9

Значение модуля упругости и коэффициента Пуассона

Материал	Модуль упругости *E*, МПа	Коэффициент Пуассона μ
Сталь	210000	0,3
Чугун	110000	0,25
Бронза	84000	0,35
Латунь	78000	0,38

2.2.2. Определяется коэффициент Ляме, исходя из размеров сопрягаемых деталей

$$C_1 = \frac{1+(d_1/D)^2}{1-(d_1/D)^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{1+(D/d_2)^2}{1-(D/d_2)^2} + \mu_2;$$

где D - диаметр соединения, мм;

d_1 - диаметр отверстия пустотелого вала, мм;

d_2 – диаметр наружной поверхности втулки, мм;

μ - коэффициент Пуассона.

2.2.3. Определяется наименьший допустимый натяг в соединении, мкм

$$N_{minF} = P_{min} \cdot D \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \cdot 10^6,$$

где D – диаметр соединения, м;

E_1 и E_2 – модуль упругости материалов, соответственно для материала вала и материала втулки, Па;

P_{min} – удельное давление, Па.

2.2.4. На основе теории наибольших касательных напряжений определяются максимальные допустимые удельные давления P_{max}, при котором отсутствуют пластические деформации на контактных поверхностях деталей. В качестве P_{maxF} ,берется наименьшее значение P_{max}, Па.

$$P_{max1}= 0{,}58\ \sigma_{T1}\ [1- (d_1/D)^2];$$

$$P_{max1}= 0{,}58\ \sigma_{T2}\ [1- (D/d_2)^2];$$

где σ_{T1} и σ_{T2} - предел текучести материалов вала и втулки, Па. (Таблица2.8)

2.2.5. Определяется наибольший расчетный натяг, мкм

$$N_{maxF}= P_{max} \cdot D \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)\cdot 10^6$$

2.2.6. Определяется допуск посадки, мкм

$$T_N = N_{maxF} - N_{minF}.$$

2.2.7. Устанавливается степень точности соединяемых деталей

$$a = \frac{T_N}{2 \cdot i},$$

где i- единица допуска, мкм, принять по таблице 2.4.

По величине «а» в таблице 2.3. устанавливается квалитет сопрягаемых деталей. Если «а» равно 25 единицам и более, следует принимать посадки с натягом 8-го квалитета или точнее. Для посадки зубчатого колеса на вал квалитет для отверстия следует принимать по степени точности зубчатого колеса.

2.2.8.В зависимости от квалитета сопрягаемых поверхностей определяется оптимальная шероховатость, величину которой можно принимать в процентах от допуска на размер детали:

- для деталей 7 и 8-го квалитетов $Rz \approx 0{,}16\ T_p$;
- для деталей 5 и 6-го квалитетов $Rz \approx 0{,}2\ T_p$.

Полученные значения шероховатости округляются до стандартных по ГОСТ2789-73.(Таблица 2.6)

2.2.9. С учетом оптимальной шероховатости определяются технологические натяги, мм

$$N_{min\,t} = N_{minF} + 1{,}2(R_{z\,d} + R_{z\,D});$$

$$N_{max\,t} = [N_{maxF} + 1{,}2(R_{z\,d} + R_{z\,D})] \times 0{,}9.$$

2.2.10. В таблицах ГОСТ 25347-82 принимаются предельные отклонения основного отверстия, согласно принятого квалитета.

2.2.11. Нижнее технологическое отклонение вала находится по условию:

$$ei_t = N_{min\,t} + ES.$$

По нижнему отклонению вала в таблицах ГОСТ 25347-82 подбирается такое поле допуска вала, у которого

$$ei \geq ea_t, \quad \text{а} \quad es \leq N_{max\ t},$$

где *ei* и *es* – табличные значения нижнего и верхнего отклонений вала.

2.2.12. Дать эскизы сопрягаемых деталей в сборе и отдельно для вала и для втулки, аналогично, как в работе №1. На эскизах деталей нанести шероховатость по критерию R_a.

2.3. Выбор посадок для подшипников качения

Данные для расчета задаются преподавателем.

Выбор посадок для поверхностей деталей машин, сопрягаемых с кольцами подшипников качения зависит от вида нагружения кольца подшипника. ГОСТ 3325-85 устанавливает три вида нагружения колец подшипников качения:

местное, циркуляционное и колебательное.

Местным нагружением кольца считается такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком дорожки качения этого кольца и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса.

Такой вид нагружения имеет место когда кольцо не вращается относительно действующей на него нагрузки или кольцо и нагрузка участвуют в совместном вращении. В качестве примеров местного нагружения можно привести наружное кольцо в корпусе редуктора или внутреннее кольцо в катке гусеничного механизма.

Циркуляционным нагружением кольца считается такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка воспринимается и передается телами качения в процессе вращения дорожки качения последовательно всей посадочной поверхности вала или корпуса.

Такой вид нагружения возникает у вращающегося кольца при неподвижной нагрузке, например, внутреннее кольцо подшипника в редукторе, или наружное кольцо в катке гусеничного механизма.

Колебательным нагружением кольца считается такой вид нагружения, при котором неподвижное кольцо подшипника подвергается одновременному воздействию радиальных нагрузок постоянной по направлению P_c и вращающей P_ν меньшей или равной по величине P_c.

Их равнодействующая R совершает периодическое колебательное движение. Посадки на колебательно нагруженное кольцо назначают как для местно-нагруженного кольца если $P_c \geq P_\nu$ или как для циркуляционно-нагруженого кольца, если $P_\nu \geq P_c$.

Посадки для местно-нагруженных колец выбираются с небольшим гарантированным зазором из расчета, чтобы кольцо имело возможность за период эксплуатации совершить хотя бы один оборот. Для этой цели используются посадки с малым гарантированным зазором. Конкретную посадку можно выбрать согласно таблицы 2.10.

Таблица 2.10

Поля допусков для поверхностей деталей, сопрягаемых с кольцами, имеющими местное нагружение

Номинальные размеры		Поля допусков						
		Для валов		Для отверстий в корпусе				Тип подшипников
				Не разъемных		разъемных		
		Класс точности и подшипников						
		P0; P6	P4; P5	P0; P6	P5; P4	P0; P6	P5; P4	
Св.	до	Нагрузка спокойная умеренная						
-	80	h6	h5	H7	H6	H7	H6	Все типы кроме
80	260	g6	g5	G7	G6	H7	H6	штампованных
260	500	f6	g5	G7	G6	H7	H6	и упорных
500	1600	-	-	F7	G6	H7	H6	
		Нагрузка с ударами и вибрацией						
-	80	h6	h5	I_S7	I_S6	I_S7	I_S6	Все типы кроме

80 260 500	260 500 1600	h6 g6 -	h5 g5 -	H7 H7 H7	H6 H6 H6	I_S7 I_S7 I_S7	I_S6 I_S6 I_S6	штампованных и конических
- 120	120 1600	h6 g6	h5 g5	H7 H7	H6 H6	I_S7 I_S7	I_S6 I_S6	Для роликовых конических двухрядных

Посадка циркуляционно-нагруженных колец должна осуществляться с гарантированным натягом. Для этой цели используются следующие поля допусков:

а) если наружное кольцо имеет циркуляционное нагружение, то отверстие в корпусе обрабатывают с полями допусков:

для подшипников класса *P0* и *P6 - K7; M7; N7; P7*;

для подшипников класса *P5* и *P4 - K6; M6; N6; P6*;

б) если внутренне кольцо имеет циркуляционное нагружение, то шейку вала следует обрабатывать с полями допусков:

для колец подшипников класса *P0* и *P6 – j_s 6; к6; m6; n6; p6; r6*

для колец подшипников класса *P5* и *P4 - j_s 5; к5; m5; n5*.

Конкретное поле допуска может быть определено расчетным путем.

Если внутреннее кольцо имеет циркуляционное нагружение, то посадку можно выбрать по величине наименьшего натяга, который можно определить из уравнения, мм

$$N_{minF} = \frac{13 \cdot R \cdot к}{b \cdot 10^6},$$

где R – суммарная радиальная нагрузка, действующая на опоры, *Кн*;

K – коэффициент, принимаемый для подшипников серии диаметров 9, 8, 7, 0, 1 ,2 или серии ширин 8, 7, 1, 0 (легкая серия) равным 2,8; для серии 1 диаметров 3, 5, 6 или серии ширин 2,3 (средняя серия) равным 2,3; для серии диаметров 4, 6 или серий ширин 4, 5, 6 (тяжелая серия) равным 2,0.

b – активная часть кольца подшипника, м

$$b = B - 2 \cdot r$$

где B – ширина кольца, м

r – размер фаски кольца, м

Во избежание разрыва кольца выбранная посадка проверяется на максимальный натяг, допустимая величина максимального натяга определяется из зависимости, мм

$$\frac{11{,}4 \cdot Kd\left[\sigma_D\right]}{(2K-2)\ 10^3}$$

$$N_{max\,F} = \quad ,$$

где $[\sigma_P]$ - допускаемое напряжение на растяжение, МПа
(для подшипниковой стали 400 МПа)
d - диаметр внутреннего кольца подшипника качения, м

Поле допуска выбирается из условия $ei_t \geq N_{minF}$,, но принятое поле допуска не должно создавать натяг $N_{max} \leq N_{max\,F}$

При циркуляционном нагружении кольца подшипника выбор посадки на вал и отверстие корпуса можно производить по интенсивности нагружения на посадочной поверхности кольца подшипника качения. Величину интенсивности можно подсчитать по зависимости, кН/м

$$P_R = \frac{R}{b} K_1 K_2 K_3,$$

где R - радиальная реакция опоры на подшипник, кН
b - рабочая ширина посадочного места, м

$$b = B - 2 \cdot r$$

B - ширина кольца подшипника, м
r - радиус закругления или ширина фаски кольца подшипника, м
K_1 - динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки, принимается по таблице 2.11.
K_2 - коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе, принимается по таблице 2.12. Для сплошного вала $K_2 = 1$;
K_3 - коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки E между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки A на опору. Значение коэффициента K_3, зависящее от $A / R \cdot ctg\beta$ приведено в табл. 2.13 (угол β - угол контакта тел качения с дорожкой качения наружного кольца зависит от конструкции подшипника $\beta = 12°; 26°; 36°$. Для однорядных подшипников $K_3 = I$.

Таблица 2.11

Характер нагрузки	K_1
Нагрузка с умеренными толчками и вибрацией	1,0
Нагрузка с сильными толчками и вибрацией, перегрузки достигают до 300%	1,8

Таблица 2.12

Коэффициент K_2

d_0/d	D/D_H	Значение коэффициента для			
		вала			корпуса
Св.	До	$D/d \le 1,5$	$D/d>1,5$	$D/d>2-3$	
-	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0
0.4	0.7	1.2	1.4	1.6	1.1
0.7	0.8	1.5	1.7	2.0	1.4
0.8	-	2.0	2.3	3.0	1.8

Таблица 2.13

Коэффициент K_3

A/R ctg β		K_3
Св.	до	
-	0.2	1.0
0.2	0.4	1.2
0.4	0.6	1.4
0.6	1.0	1.6
1.0		2.0

По величине P_R в табл. 2.14 выбирается поле допуска для поверхности детали, сопрягаемой с циркуляционно-нагруженным кольцом. Поля допусков принимаются для подшипников классов РО и Р6 для корпуса по 7-му квалитету, для вала по 6-му квалитету; для подшипников классов Р5 и Р4 принимаются для отверстия в корпусе по 6-му квалитету, а для вала по 5-му квалитету.

Таблица 2.14

Допустимые интенсивности нагрузок на вал и корпус для подшипников качения

Диаметр, мм		Допустимые значения P_R, кН/м				
		Поля допусков вала				
Св.	до	j_s6; j_s5	k6; k5	m6; m5	n6; n5	p6
18	80	до 300	300-1350	1350-1600	1600-3000	св. 3000
80	180	550	550-2000	2000-2500	2500-4000	4000
180	360	700	700-3000	3000-3500	3500-6000	6000
360	630	900	900-3400	3400-4500	4500-8000	8000
Диаметр, мм		Поля допусков корпуса				
Св.	до	К7; К6	М7; М6	N7; N6	Р7; Р6	

50	180	до 800	800-1000	1000-1300	1300-2500	
180	360	1000	1000-1500	1500-2000	2000-3300	
360	630	1200	1200-2000	2000-2600	2600-4000	
630	1600	1600	1600-2500	2500-3500	3500-5500	

Работа должна выполняться в следующей последовательности.

По номеру подшипника в справочнике определить размеры колец подшипников.

По классу точности подшипника в стандарте ГОСТ 520-71 (СТ СЭВ 774-77) или справочнике определить числовые предельные отклонения для наружного диаметра D и внутреннего диаметра d .

Установить характер нагружения колец подшипников качения, исходя из условия работы подшипника.

Для местно-нагруженного кольца в табл. 2.10 подобрать поля допусков согласно класса точности кольца подшипника.

Выполнить расчет посадки для циркуляционно-нагруженного кольца подшипника.

Для принятых полей допусков в табл. ГОСТ 25347-82 определить числовые отклонения для вала и отверстия в корпусе.

По предельным отклонениям построить схемы полей допусков.

Подсчитать зазоры и натяги для посадки наружного и внутреннего колец подшипников и заполнить таблицу отчета по образцу (табл. 2.15).

Таблица 2.15

Анализ посадок подшипникового соединения

Класс точности подшипника		Сопряжения подшипника	
		С валом	С корпусом
Посадка			
Отклонение вала, мкм	es		
	ei		
Отклонения отверстия, мкм	ES		
	EI		

Натяги, мкм	N_{max}		
	N_{min}		
Зазоры, мкм	S_{max}		
	S_{min}		

Выполнить эскизы опоры, шейки вала и отверстия в корпусе. На эскизе узла нанести только условные обозначения полей допусков сопрягаемых деталей. Обозначение полей допусков колец подшипников на сборочном чертеже не указывается. На эскизах деталей нанести: условное и числовое обозначение предельных отклонений, допуск цилиндричности, биение заплечиков и шероховатость.

Допуск цилиндричности принимать равным 1/4 от допуска размера для поверхностей деталей, сопрягаемых с кольцом подшипника классов РО и Р6 или 1/8 от допуска размера для подшипников классов Р5 и Р4. Допуски торцового биения принять по табл. 2.16, а допустимую шероховатость по критерию Ra в табл. 2.17.

Таблица 2.16

Биение заплечиков в мкм (не более)

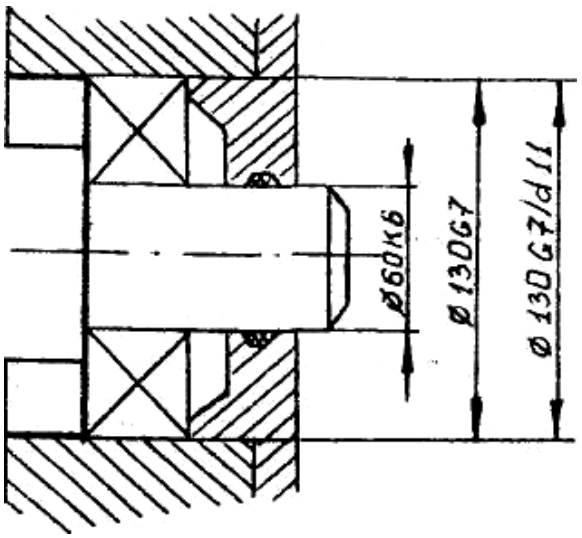
Заплечиков валов					Заплечиков корпуса				
d, мм	Р0	Р6	Р5	Р4	D, мм	Р0	Р6	Р5	Р4
	Классы подшипников					Классы подшипников			
До 50	20	10	7	4	До 80	40	20	13	8
Св 50 до 120	25	12	8	6	Св 80 до 120	45	22	15	9
Св 120 до 250	30	15	10	8	Св 120 до 150	50	25	18	10
Св 250 до 315	35	17	12	9	Св 150 до 180	60	30	20	12
Св 315 до 400	40	20	13	5	Св 180 до 250	70	35	23	14
					Св 250 до 315	80	40	27	16
					Св 315 до 400	90	45	30	18
					Св 400 до 500	100	50	33	12

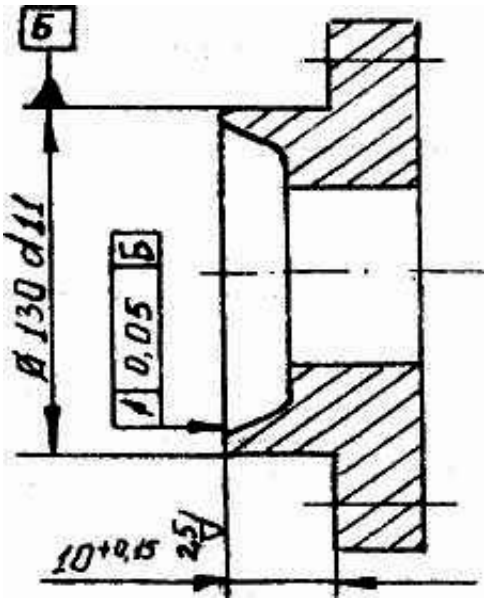
Таблица 2.17

Шероховатость по Ra, мкм, для посадочных мест под подшипники

Посадочные места	Классы точности подшипников	Ra для номинальных диаметров, мкм	
		До 80	Св 80
На валах	Р0 Р6 и Р5 Р4	1,25 0,63 0,32	2,50 1,25 0,63
В отверстии корпуса	Р0 Р6, Р5, Р4	1,25 0,63	2,50 1,25
Торцы заплечиков вала и корпуса	Р0 Р6, Р5, Р4	2,50 1,25	2,50 2,5

Образец выполнения эскиза опоры





2.4. Определение исполнительных размеров элементов зубчатого колеса, влияющих на норму бокового зазора

Варианты задаются преподавателем.

У зубчатых колес норму бокового зазора можно проверить при измерении следующих элементов:

I) предельных смещений исходного контура;

2) средней длины общей нормали;

3) размера постоянной хорды.

Допустимые размеры смещения исходного контура определяются по ГОСТ 1643-81.

2.4.1. Величина наименьшего дополнительного смещения исходного контура E_{HS} принимается по табл. 14 ГОСТ 1643-81 (или табл. 2.18 настоящих методических указаний). Для нахождения необходимо знать вид бокового зазора, размер делительного диаметра и степень точности по норме плавности.

Номинальный размер делительного диаметра можно определить по зависимости, мм

$$d = z \cdot m$$

Где z - число зубьев зубчатого колеса;

m- модуль, мм.

Степень точности может быть задана условным обозначением. Если у зубчатого колеса степень точности по всем нормам принята одна и та же, то условное обозначение имеет вид:

8 - В ГОСТ 1643-81 .

В данном примере степень по всем трем нормам, восьмая, вид бокового зазора "В" и вид допуска на боковой зазор " в ".

При комбинированной степени точности условное обозначение имеет вид:

8 - 7 - 7 - Ва ГОСТ 1643-81

Вид допуска

Вид бокового зазора

Степень по норме контакта

Степень по норме плавности

Степень по норме кинематической точности

Таблица 2.18

Нормы бокового зазора (показатель – E_{HS})

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	делительный диаметр d, мм					
		до 80	св 80 до 125	св 125 до 180	св 180 до 250	св 250 до 315	св 315 до 400
		мкм					
Н	3 – 6	12	14	16	18	20	22
	7	14	16	18	20	22	25
Е	3 – 6	30	35	40	46	52	57
	7	35	40	45	50	55	60
D	3 – 6	46	54	63	72	81	89
	7	50	60	70	80	90	100

	8	55	70	80	90	100	110
C	3 – 6	74	87	100	115	130	140
	7	80	100	110	120	140	160
	8	90	110	120	140	160	180
	9	100	120	140	160	180	200
B	3 – 6	120	140	160	185	210	230
	7	140	160	180	200	250	250
	8	140	160	200	220	250	280
	9	160	180	200	250	280	300
A	3 – 6	190	220	250	290	320	360
	7	200	250	280	300	350	400
	8	220	280	300	350	400	450
	9	250	280	350	400	400	500

Таблица 2.19

Норма кинематической точности

Степень точности	Обозначение показателя	Модуль, мм	Делительный диаметр d, мм			
			до 125	св 125 до 400	св 400 до 800	св 800 до 1600
			Размер показателя, мкм			
1	2	3	4	5	6	7
6	Fr	от 1 до 3,5	25	36	45	50
		св 3,5 до 6,3	28	40	50	56
		св 6,3 до 10	32	45	56	63
	Fvw	от 1 до 16	16	28	45	70
	Fi ”	от 1 до 3,5	36	50	63	71
		св 3,5 до 6,3	40	56	71	80
		св 6,3 до 10	45	63	80	90
7	Fr	от 1 до 3,5	36	50	63	71
		св 3,5 до 6,3	40	56	71	80
		св 6,3 до 10	45	63	80	90
	Fvw	от 1 до 25	22	40	60	100
	Fi ”	от 1 до 3,5	50	71	90	100
		св 3,5 до 6,3	56	80	100	112
		св 6,3 до 10	63	90	112	125
1	2	3	4	5	6	7
8	Fr	от 1 до 3,5	45	63	80	90
		св 3,5 до 6,3	50	71	90	100
		св 6,3 до 10	56	80	100	112
		от 1 до 16	-	90	112	125
	Fvw	от 1 до 40	28	50	80	120
	Fi ”	от 1 до 3,5	63	90	112	125
		св 3,5 до 6,3	71	100	125	140
		св 6,3 до 10	80	112	140	160
		от 1 до 16	-	125	160	180
9	Fr	от 1 до 3,5	71	80	100	112
		св 3,5 до 6,3	80	100	112	125
		св 6,3 до 10	90	112	125	140
		от 1 до 16	-	125	160	160
	Fi ”	от 1 до 3,5	90	112	140	160
		св 3,5 до 6,3	112	140	160	180

		св 6,3 до 10 от 1 до 16	125 -	160 180	180 224	200 224
6	Fc	от 1 до 16	16	28	45	70
7	Fc	от 1 до 16	22	40	60	100
8	Fc	от 1 до 16	28	50	80	120

Таблица 2.20

T_H – допуск на смещение исходного контура, мкм

Вид сопряжения	Вид допуска	Допуск на радиальное биение зубчатого венца Fr						
		св 25 до 32	св 32 до 40	св 40 до 50	св 50 до 60	св 60 до 80	св 80 до100	св 100 до 125
H, E	h	55	60	70	80	110	120	160
D	d	70	80	90	100	140	160	200
C	c	90	100	120	140	180	200	250
B	b	100	120	140	180	200	250	300
A	a	140	160	180	200	250	300	350

2.4.2. Наибольшее дополнительное смещение исходного контура определяется из условия:

$$E_{Hi} = | E_{Hs} | + T_H,$$

где T_H – допуск на смещение исходного контура.

Допуск T_H – принимают по табл. ГОСТ 1643-81 (или табл. 2.20 методических указаний) по величине допуска на радиальное биение зубчатого венца F_r и виду допуска на боковой зазор.

Допуск на радиальное биение зубчатого венца F_r принимается по табл. 6 ГОСТ 1643-81 (или табл. 2.19 методических указаний) по величине делительного диаметра и степени точности по норме кинематической точности.

Наименьшее и наибольшее смещения исходного контура принимаются всегда в тело колеса, т.е. для внешних колес внешнего зацепления принимается смещение исходного контура со знаком «минус», а для зубчатых колес внутреннего зацепления принимается со знаком «плюс».

2.4.3. Номинальный размер длины общей нормали для цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями определяют по зависимости, мм

$$W = m\,[1{,}476\,(2\cdot Z_{wr} - 1) + 0{,}0149\cdot z]$$

где m – модуль зубчатого колеса, мм;

z – число зубьев зубчатого колеса, мм;

Z_{wr} – число зубьев в длине общей нормали; для цилиндрических зубчатых колес принимается по зависимости:

$$Z_{wr} = 0{,}111\cdot z + 0{,}5.$$

Полученную величину Z_{wr} округляют до целого числа, например, 2, 3, 4, 5 и т.д.

Исполнительный размер должен иметь два предельных отклонения.

Наименьшее уменьшение длины общей нормали принимают из двух таблиц ГОСТ 1643-81. Первое слагаемое E_{wms} *I* принимают в табл. 16 по размеру делительного диаметра и виду бокового зазора; второе слагаемое принимается в табл. 17 по величине допуска на радиальное биение зубчатого венца (табл. 2.21 и табл. 2.22 методических указаний)

$$E_{wms} = E_{wms}\ I + E_{wms}\ II.$$

Таблица 2.21

Нормы бокового зазора (показатель – E_{wms} слагаемое 1)

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	делительный диаметр, мм					
		до 80	св 80 до 125	св 125 до 180	св 180 до 250	св 250 до 315	св 315 до 400
		мкм					
H	3 – 6 7	8 10	10 10	11 12	12 14	14 16	16 18
E	3 – 6 7	20 25	24 30	28 30	30 35	35 40	40 45
D	3 – 6 7 8	30 35 40	35 40 50	40 50 50	50 55 60	55 60 70	60 70 70
C	3 – 6 7 8 9	50 55 60 70	60 70 80 80	70 70 80 100	80 80 100 110	90 100 110 120	100 110 120 140
B	3 – 6 7 8 9	80 100 100 110	100 110 110 120	110 120 140 140	120 140 140 160	140 180 180 200	160 180 200 200
A	3 – 6 7 8 9	120 140 160 180	140 180 200 200	180 200 200 250	200 200 250 280	220 250 280 280	250 280 300 350

Таблица 2.22

Нормы бокового зазора (показатель – E_{wms} слагаемое 11)

Допуск на радиальное биение зубчатого венца Fr, мкм								
св 25 до 32	св 32 до 40	св 40 до 50	св 50 до 60	св 60 до 80	св 80 до100	св 100 до 125	св125 до160	св160 До200
7	9	11	14	18	22	25	35	45
$- E_{wms} = - (E_{wms}1 + E_{wms}11)$								

Наибольшее уменьшение длины общей нормали определяется по зависимости:

$$E_{wmi} = | E_{wms}| + T_{wm},$$

где T_{wm} – допуск на среднюю длину общей нормали, принимается по табл. 18 ГОСТ 1643-81 (или табл. 2.23 методических указаний) в зависимости от

допуска на радиальное биение зубчатого венца и вида допуска на боковой зазор.

Таблица 2.23

T_{wm}– допуск на среднюю длину общей нормали, мкм

Вид сопряжения	Вид допуска	Допуск на радиальное биение зубчатого венца Fr, мкм						
		св 25 до 32	св 32 до 40	св 40 до 50	св 50 до 60	св 60 до 80	св 80 до100	св 100 до 125
H, E	h	22	25	25	28	30	40	55
D	d	35	40	40	40	60	70	80
C	c	45	50	60	70	90	110	120
B	b	55	60	70	100	100	120	140
A	a	80	90	100	110	140	150	180

Для зубчатых колес внешнего зацепления отклонения принимаются со знаком «минус», т.е. в тело колеса:

$$W^{-Ewms}_{-Ewmi}$$

2.4.4. Исполнительный размер толщины зуба по постоянной хорде определяется в следующей последовательности.

Номинальный размер постоянной хорды для цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями определяют по зависимости, мм

$$\overline{S_c} = 1{,}387 \cdot m,$$

где m – модуль зубчатого колеса, мм.

Установочная высота постоянной хорды определяется по зависимости, мм

$$\overline{h_c} = 0{,}7476 \cdot m.$$

Наименьшее уменьшение постоянной хорды E_{cs} принимается в табл. 20 ГОСТ 1643-81 (или табл. 2.24 методических указаний) по размеру делительного диаметра и виду бокового зазора.

Таблица 2.24

Нормы бокового зазора (показатель – E_{cs})

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	делительный диаметр d, мм					
		до 80	св 80 до 125	св 125 до 180	св 180 до 250	св 250 до 315	св 315 до 400
		мкм					
D	3 – 6 7 8	35 35 40	40 45 50	45 50 60	55 60 70	60 70 70	60 70 80
C	3 – 6 7 8 9	55 60 70 70	60 70 80 90	70 80 90 100	80 90 100 120	90 100 120 140	100 120 140 140
B	3 – 6 7 8 9	90 100 100 120	100 120 120 140	120 140 140 160	140 140 160 180	160 180 180 200	160 180 200 220
A	3 – 6 7 8 9	140 150 160 180	160 180 200 200	180 200 220 250	200 220 250 300	250 250 300 300	250 300 350 350

Наибольшее уменьшение постоянной хорды принимается из условия

$$E_{ci} = |E_{cs}| + T_c,$$

где T_c – допуск на постоянную хорду, принимается по табл. 21 ГОСТ 1643-81 (или табл. 2.25 методических указаний) с учетом допусков на радиальное биение зубчатого венца и виду допуска на боковой зазор.

Таблица 2.25

T_c– допуск на толщину зуба, мкм

Вид сопряжения	Вид допуска	Допуск на радиальное биение зубчатого венца Fr						
		св 25 до 32	св 32 до 40	св 40 до 50	св 50 до 60	св 60 до 80	св 80 до100	св 100 до 125
H, E	h	40	45	50	70	70	90	100
D	d	50	60	70	70	110	120	140
C	c	70	70	90	100	140	160	180
B	b	70	90	100	140	140	180	220
A	a	100	120	140	140	180	220	250

Для цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления предельные отклонения принимают в тело колеса, т.е. отклонения принимают минусовое значение:

$$\overline{S}_{c}^{-Ecs}_{-Eci}$$

Все полученные данные сводятся в таблицу 2. 26 .

Таблица 2.26

Исполнительные размеры параметров

Обозначение параметра	Размер, мм	Обозначение параметра	Размер, мм
E_{HS}		F_r	
T_H		E_{CS}	
E_{HI}		T_C	
$E_{wms}1$		E_{CI}	
$E_{wms}11$		S	
T_{wm}		h_C	
E_{wmi}			
W			

2.5. Решение размерных цепей

Решение размерной цепи студенты выполняют при анализе размеров конкретной детали.

Студенту выдается чертеж ступенчатого валика или втулки с заданной последовательностью обработки.

В задаче требуется определить исполнительный размер одного из составляющих звеньев.

Работа выполняется в следующей последовательности.

2.5.1. Ознакомиться с определениями по размерным цепям, пользуясь конспектом лекций или учебной литературой

2.5.2. Построить схему размерной цепи.

2.5.3. Выявить замыкающее звено в размерной цепи.

2.5.4. Установить, какие составляющие звенья будут относиться к увеличивающим, а какие - к уменьшающим звеньям.

2.5.5. Определить числовые отклонения для всех звеньев размерной цепи по ГОСТ 25347-82 СТ СЭВ 144^75).

2.5.6. Путем решения размерной цепи определить исполнительный размер для заданного звена размерной цепи, для чего:

I) Записать уравнение предельных отклонений замыкающего звена, при решении размерной цепи методом Максимума-Минимума:

$$E_S A_\Delta = \sum_{j=1}^{k} \vec{E_S A_j} - \sum_{j=1}^{m} \overleftarrow{E_i A_j}$$

$$E_i A_\Delta = \sum_{j=1}^{k} \vec{E_i A_j} - \sum_{j=1}^{m} \overleftarrow{E_s A_j}$$

2) Подставить известные значения в уравнения размерной цепи и найти отклонения для заданного размера.

Приложение

Варианты заданий для работы № 2

Расчет и выбор посадки с зазором

Вариант	**D, мм**	**L,** мм	**R**, н	**n** об/мин.	**Масло**	**t°**р
I	100	90	9000	1250	ИГП - 38	60

2	120	НО	6000	1800	И – 30А	60
3	140	100	18800	3000	ИГП - 72	60
4	120	85	10000	1200	ИГП - 49	60
5	170	150	18000	1250	И – 20А	50
6	40	60	17900	1950	И – 40А	50
7	32	50	8000	1600	И – 50А	65
8	70	60	17500	1950	И – 40А	50
9	92	85	12500	2500	И – 30А	60
10	50	45	4500	1250	И – 40А	60
11	50	50	7200	1500	И – 50А	65
12	180	160	18600	1250	И – 25А	50
13	125	65	13000	1450	ИГП - 49	60
14	150	120	25000	2250	И – 40А	70
15	130	150	15000	860	И – 30А	65
16	85	80	4800	2000	ИГП - 49	70
17	130	120	7000	1850	И – 25А	60
18	80	70	15000	1500	ИГП - 38	65
19	45	45	7200	2500	ИГП - 49	65
20	82	150	9500	'960	ИГП - 72	60
21	32	52	2500	3000	ИГП - 18	50
22	165	125	12000	1250	ИГП - 49	60
23	130	70	18000	2500	ИГП - 72	65
24	180	120	12000	1860	И – 50А	60
25	65	80	8500	2800	И – 40А	50

Расчет и выбор посадок с натягом

Номер варианта	D ,мм	d_1.мм	$d_{2,мм}$	ι ,мм	M_k,Н.М	P_0, Н	Материал	
							Вала	Корпуса
1.	35	30	50	35	12	500	Бронз-6-6-3	Сталь 20
2.	220	70	230	200	460	0	Сталь 30	Сталь 20
3.	100	90	130	100	0	6000	Сталь 20	Сталь 30
4.	40	20	60	60	320	0	Сталь 30	СЧ 21-40
5.	50	40	70	80	350	0	Сталь 20	Сталь 35
6.	110	100	130	120	200	1000	Сталь 30	Сталь 08
7.	120	100	140	130	400	0	Сталь 08	Сталь 30
8.	30	0	40	50	120	0	Сталь 40	Сталь 45
9.	180	170	210	180	300	700	Сталь 20	Сталь 35
10.	115	100	130	90	200	0	Сталь 08	Сталь 20
11.	95	80	**110**	100	700	1000	Сталь 20	Сталь 35
12.	140	130	180	120	460	0	Сталь 08	Сталь 30
13.	40	20	60	60	100	0	Сталь 35	Сталь 35
14.	200	100	220	110	0	1500	Бронз 6-6-3	Сталь 30
15.	130	120	150	140	270	0	Сталь 20	Сталь 30
16.	60	0	70	70	420	0'	Сталь-45	Сталь 30
17.	200	100	220	300	450	600	Сталь 20	Сталь 30
18.	60	50	100	60	0	2000	Сталь 20	Сталь 30
19.	100	90	120	60	320	0	СЧ 21	Сталь 20
20.	130	120	160	150	350	0	Сталь 20	Сталь 45
21.	60	50	100	60	150	0	Сталь 20	Сталь 30
22.	75	60	100	80	250	0	Сталь 08	СЧ 21-40
23.	90	0	100	140	900	0	Сталь 30	Сталь 40
24.	150	140	170	150	960	0	Сталь 20	Сталь 30
25.	170	150	180	250	280	1000	Сталь 30	Сталь 20

Расчет посадок для подшипников качения

Номер варианта	Номер подшипника	Класс	Рад. нагр. F, Н	Осев. нагр. F_a , Н	Характеристики нагрузки	Что вращается	D/D_k или d/a
1	80310	6	12000	0	С ударами	Корпус	0,4
2	7515	5	10000	0	Умеренная	Вал	0,4
3	60310	0	3800	0	С ударами	Вал	0,6
4	60306	4	5000	0	Умеренная	Корпуса	0,5
5	80312	6	4600	0	С ударами	Корпус	0,5
6	7220	5	20000	1000	С ударами	Вал	0,3
7	7214	4	13500	2000	Умеренная	Вал	0,7
8	46116	0	9500	1000	С ударами	Корпус	0,6
9	46114	6	14500	1500	Умеренная	Корпус	0,4
10	60306	5	10000	0	С ударами	Вал	0,3
11	80214	4	12000	0	С ударами	Корпус	0,5
12	7520	0	9600	1000	Умеренная	Вал	0,6
13	7314	6	3400	1800	С ударами	Корпус	0,7
14	46310	5	5750	500	Умеренная	Вал	0,6
15	3617	4	17000	150	С ударами	Корпус	0,8
16	7310	0	9500	500	Умеренная	Вал	0,5 ,,
17	7208	6	6500	200	С ударами	Вал	0,4
18	36206	5	3800	250	С ударами	Корпус	0,5
19	36307	4	5900	500	Умеренная	корпус	0,5
20	7515	5	8500	600	С ударами	Вал	0,4
21	60305	6	7500	0	С ударами	корпус	0,6
22	3618	0	12000	1200	Умеренная	Вал	0,5
23	46310	6	9600	400	С ударами	Вал	0,6
24	34209	5	7500	900	Умеренная	Корпус	0,4
25	7218	4	21600	1000	Умеренная	Корпус	0,6

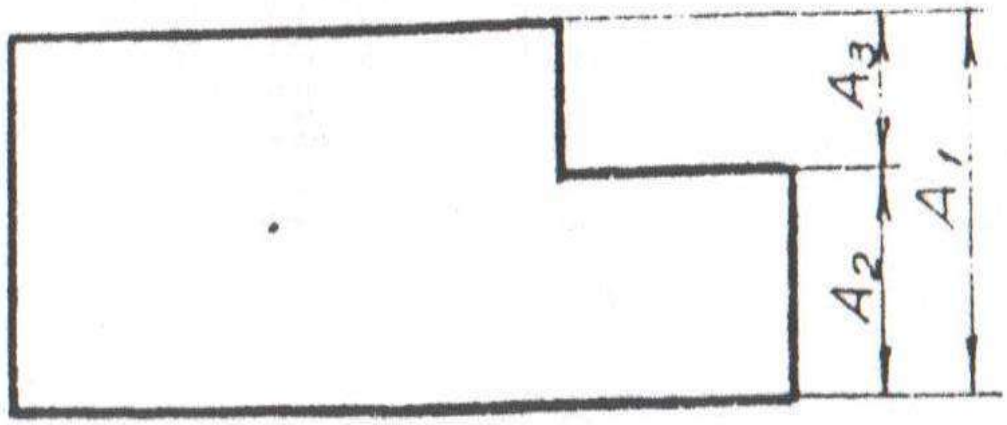
Определение элементов зубчатых колес

номер вар.	Z	m	степени точности
1	36	2.5	6-7-7-С
2	28	3,0	7-6-6-В
3	30	3,5	8-В
4	40	4,0	8-7-7-Ва-
5	29	4,0	7-6-6 -В
6	32	5,0	7-В
7	56	3,0	6-7-7-Д
8	45	2,0	5-6-6-Д
9	42	2,5	7-6-6-С
10	25	3.0	8-7-7-Ва
11	28	3,5	8-В а
12	50	4,0	8-7-7-С
13	36	3,5	8-В
14	62	5,0	7-6-6-Ва
15	46	3,0	8-В
16	45	4,0	8-7-7-С
17	38	3,0	8-7-7-В
18	40	2,5	6-7-7-Д
19	35	2,0	6-7-7-С
20	22	4,0	8-В
21	34	3.5	7-6-6-Ва
22	32	4,0	8-В а
23	60	5,0	7-В
24	62	4,0	8-7-7-Ва
25	58	2,0	8-А

Расчет размерных цепей

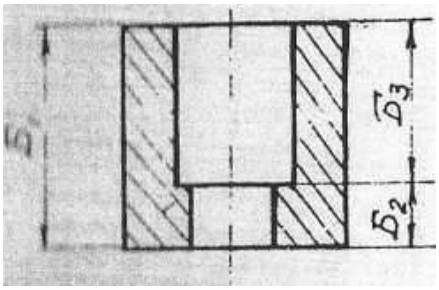
Задача № 1.

Определить исполнительный размер A_j *-го* звена, при заданной последовательности обработки.



Номер вар.	AI	A2	A3	Последовательность обработки	Определить размер
1	100 ℓ 11	40	60F9	A2 и A3	A2
6	120 *d* lo	75 js 12	45	A1 и A3	A3
11	80 *f* 9	50 *js* 11	30	A1 и A3	A3
I6	150 8	65	85BII	A1 и A2	A2
21	130	75 *d* 10	55AII	A1 и A2	AI

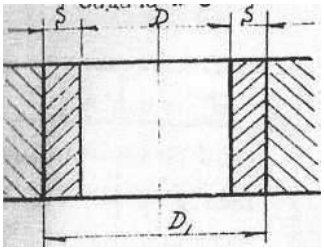
Задача № 2



Конструктор задал размеры $Б_I$ и $Б_2$, технологу удобнее обрабатывать в последовательности $Б_I :: Б_3$. Определить исполнительный размер $Б_3$ из условия, чтобы после обработки детали размеры $Б_1$ и $Б_2$ соответствовали заданным конструктором.

Номер вар.	$Б_I$	$Б_2$	Номер вар.	$Б_I$	$Б_2$
2	100 d 8	20 js 11	57	115 d 8	25 js 12
7	95 e 9	15 B 12	62	120 e 7	20 d 11
12	120 f 8	30 c 11	67	100 h 6	25 l 12
17	145 d 8	35 l 11	72	145 js 6	30 a 11
22	85 h 7	15 B 12	77	150 d 8	25 js 11

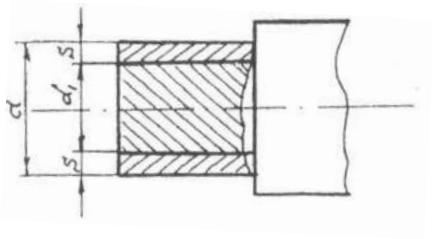
Задача № 3



Определить исполнительный размер отверстия D_1 до покрытия слоем металла, если после электрогальванического покрытия слоем S_j на сторону, отверстие должно иметь размер D.

Номер вар.	D	S	Номер вар.	D	S
3	140 D 10	$0^{+0.06}_{+0.03}$	58	130 B 11	$0^{+0.10}_{+0.07}$
8	125 E 9	$0^{+0.05}_{+0.03}$	63	100 A 11	$0^{+0.15}_{+0.12}$
13	80 js 11	$0^{+0.09}_{+0.05}$	68	56 D 11	$0^{+0.10}_{+0.97}$
18	75 D 11	$0^{+0.15}_{+0.13}$	73	115 E 9	$0^{+0.120}_{+0.105}$
23	185 D 10	$0^{+0.12}_{+0.09}$	78	125 B 11	$0^{+0.110}_{+0.070}$

Задача № 4.

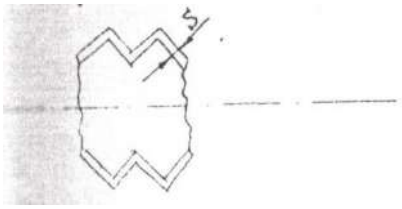


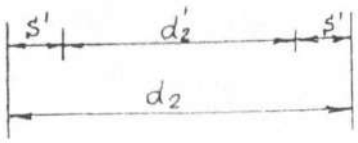
Определить исполнительный размер вара d_1 до нанесения слоя металла, если после нанесения электрогальваническим способом слоя S_j на сторону, вал должен иметь размер d.

Номер вар.	d	S	Номер вар.	d	S
4	75 d 10	$0^{+0.10}_{+0.08}$	59	130 d 11	$0^{+0.11}_{+0.07}$
9	65 f 9	$0^{+0.075}_{+0.060}$	64	125 c 11	$0^{+0.16}_{+0.12}$
14	182 d 11	$0^{+0.15}_{+0.12}$	69	100 *l* 12	$0^{+0.15}_{+0.10}$
19	120 *l* 11	$0^{+0.16}_{+0.12}$	74	72 d 11	$0^{+0.08}_{+0.05}$
24	95 d 10	$0^{+0.06}_{+0.04}$	79	76 *l* 11	$0^{+0.12}_{+0.09}$

Задача № 5

Определить размер диаметра $d`_2$ до покрытия защитным слоем, если при гальваническом покрытии наносится слой металла S на сторону и после покрытия резьба должна иметь d_2





Номер вар.	Резьба после металлизации	S	Номер вар.	Резьба после металлизации	S
5	М20х1,5-6g	$0^{+0.05}_{+0.02}$	60	М36х2-8g	$0^{+0.10}_{+0.06}$
10	М16х1,5-8g	$0^{+0.07}_{+0.03}$	65	М36-8g	$0^{+0.12}_{+0.07}$
15	М12-8g	$0^{+0.06}_{+0.03}$	70	М27х1,5-6d	$0^{+0.08}_{+0.04}$
20	М10-8g	$0^{+0.08}_{+0.05}$	75	27х1,5-8g	$0^{+0.12}_{+0.08}$
25	М16х1,5-6g	$0^{+0.07}_{+0.05}$	80	М18х1,5-6а	$0^{+0.08}_{+0.05}$

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

Проректор по учебно-
методическому комплексу
_____ Упоров С.А.

НОВИКОВА Н.А

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
По дисциплине «Основы взаимозаменяемости»
для студентов специальности
15.02.16 - «Технология машиностроения»

Екатеринбург
2022

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Основы взаимозаменяемости» является одной из важнейших дисциплин, так как неразрывно связана с главной задачей современного машиностроения – обеспечение высокого качества выпускаемой продукции. Качество изделий машиностроения, как и любого другого вида продукции, является физической категорией, зависящей от множества конструкторских, технологических и организационно-технологических факторов, проявляющихся на этапах жизненного цикла изделия. Установлено, что до 90% эксплуатационных свойств деталей изделий машиностроения может быть достигнуто за счет соответствующего нормирования точностей геометрических параметров элементов деталей и их поверхностей. К таким эксплуатационным свойствам следует отнести взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц, износостойкость трущихся поверхностей, долговечность, герметичность и прочность соединений и др.

Знания , умения и навыки, полученные в результате изучения дисциплины «Допуски и посадки» помогут студентам пользоваться государственными стандартами при нормировании точности геометрических параметров гладких цилиндрических и типовых деталей и сборочных единиц, обозначать их на рабочих чертежах.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Взаимозаменяемость – свойство независимо изготовленных деталей и сборочных единиц занимать свое место в изделии без дополнительной механической или ручной обработки при сборке, обеспечивая при этом нормальную работу собираемых узлов, механизмов, машин. Взаимозаменяемость не обеспечивается только точностью геометрических параметров, Взаимозаменяемыми должны быть форма, механические, электрические и другие количественные и качественные характеристики деталей и сборочных единиц. Такая взаимозаменяемость называется полной. Полную взаимозаменяемость экономически целесообразно применять для деталей, изготовленных с допусками не точнее 6-го квалитета.

При полной взаимозаменяемости:

- упрощается процесс сборки – он сводится к простому соединению деталей рабочими преимущественно невысокой квалификации;

- появляется возможность точно нормировать процесс сборки во времени, устанавливать необходимый темп работы и применять поточный метод;

- создаются условия для автоматизации процессов изготовления и сборки изделий;

-упрощается и удешевляется ремонт изделий, гак как любая изношенная или поломанная деталь или сборочная единица может

быть заменена новой (запасной).

Иногда для удовлетворения эксплуатационных требований необходимо изготовлять детали и сборочные единицы с малыми экономически неприемлемыми или технологически трудно выполнимыми допусками. В этих случаях для получения требуемой точности сборки применяют групповой подбор деталей (селективную сборку), компенсаторы, регулирование положения некоторых частей машин и приборов, пригонку и другие дополнительные технологические мероприятия при обязательном выполнении требовании к качеству сборочных единиц и изде4ий. Такую взаимозаменяемость называют неполной (ограниченной). Ее можно осуществлять не по всем, а только по отдельным геометрическим или другим параметрам.

Внешняя взаимозаменяемость — это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий (монтируемых в другие более сложные изделия) и сборочных единиц по эксплуатационным показателям, а также по размерам и форме присоединительных поверхностей. Например, в электродвигателях внешнюю взаимозаменяемость обеспечивают по частоте вращения вала и мощности, а также по размерам присоединительных поверхностей; в подшипниках качения — по наружному диаметру наружного кольца и внутреннему диаметру внутреннего кольца.

Внутренняя взаимозаменяемость распространяется на детали, сборочные единицы и механизмы, входящие в изделие. Например, в подшипнике качения внутреннюю групповую взаимозаменяемость имеют тела качения и кольца.

2. ПОНЯТИЯ О РАЗМЕРАХ, ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

Под размером понимают числовое значение линейной или угловой величины в выбранных единицах измерения. Различают номинальный, действительный и предельные размеры.

Номинальный размер — это размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений. Номинальный размер, общий для отверстия и вала, образующих соединение, называется номинальным размером соединения. Это основной размер, полученный на основе кинематических, динамических и прочностных расчетов или выбранный из конструктивных, технологических, эксплуатационных, эстетических и других соображений и указанный на чертеже. Полученный, таким образом номинальный размер должен быть округлен до ближайшего стандартного из ряда нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69 «Нормальные линейные размеры».

Действительный — это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью. Величина допускаемой погрешности измерения, по которой выбирается необходимое средство измерения, регламентируется ГОСТ 8.051-81 в зависимости от точности изготовления, заданной на чертеже.

Предельные размеры — это два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Больший из двух предельных размеров

называется *наибольшим предельным размером,* а меньший- *наименьшим предельным размером.*

Принято обозначать номинальный, действительный и предельные размеры для отверстий - D, D_r, D_{max}, D_{min};

для валов – d, d_r, d_{max}, d_{min}..

При выходе действительного размера за предельные – деталь считается бракованной.

Условие годности для отверстий: $D_{min} \le D_r \le D_{max}$;

для валов $d_{min} \le d_r \le d_{max}$.

Для упрощения простановки размеров на чертежах вместо предельных размеров проставляют предельные отклонения. Предельные отклонения подразделяют на верхнее и нижнее.

Верхнее — это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами, *нижнее отклонение* — это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

В ГОСТ 25346-89 приняты условные обозначения: верхнее отклонение отверстия —*ES*, вала — *es*, нижнее отклонение отверстия — *El*, вала — *ei*.

Согласно определениям:

Для отверстий

$$ES = D_{max} - D; \qquad El = D_{min} - D;$$

Для валов

$$es = d_{max.} - d\ ; \qquad ei = d_{min} - d\ ;$$

Предельные отклонения могут иметь положительные и отрицательные значения, или одно из них может быть равным нулю.

Допуск размера — это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями. Допуск обозначается IT или T_D – допуск отверстия и T_d – допуск вала.

Согласно определениям:

Допуск отверстия

$$T_D = D_{max} - D_{min}\ ;$$

Допуск вала

$$T_d = d_{max} - d_{min}\ .$$

Допуск размера всегда положительная величина.

Поле допуска - это поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Для графического изображения полей допусков, позволяющего понять соотношения номинального и предельных размеров, предельных отклонений и допуска, введено понятие нулевой линии.

Нулевая линия — это линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются предельные отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. При горизонтальном расположении нулевой линии положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные — вниз (рис. 2.1 и 2.2).

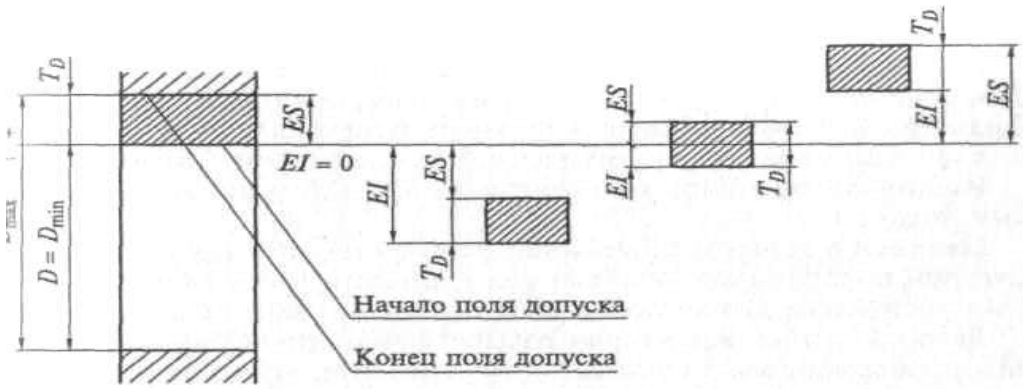


Рис. 1.4. Схема расположения полей допусков отверстий

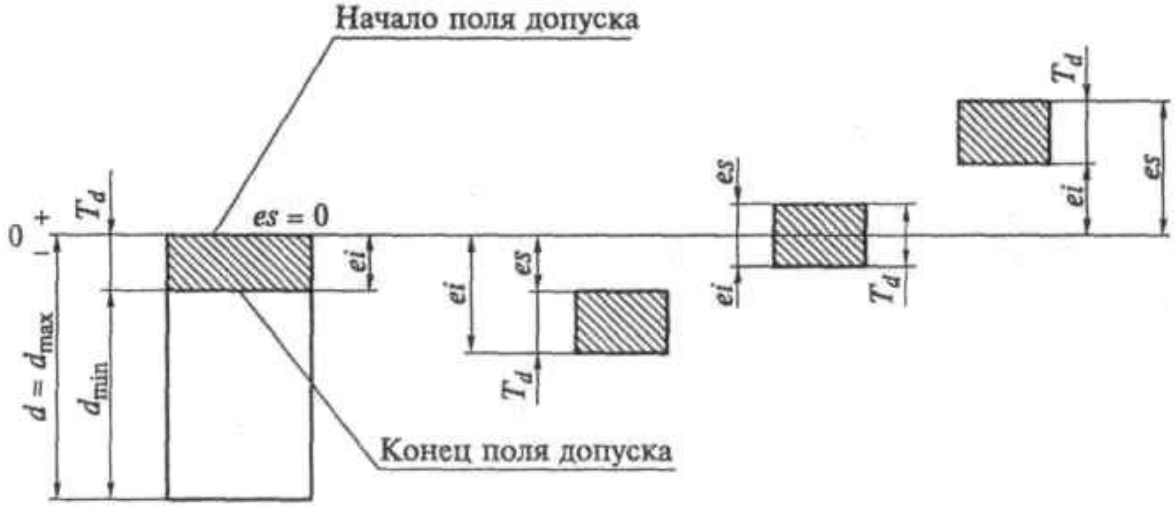


Рис. 1.5. Схема расположения полей допусков валов

В машинах и механизмах детали не находятся обособленно друг от друга, они собираются в определенные узлы, комплекты, группы. Поверхности деталей, по которым происходит сопряжение одной детали с другой называют сопрягаемыми поверхностями.

Остальные поверхности называются свободными. Поверхности могут быть как цилиндрическими (ось вагона,

подшипник скольжения), так и плоскими (шпонка, шпоночный паз). В терминологии по допускам и посадкам: *вал* - все охватываемые наружные поверхности, о*тверстие* - внутренние охватывающие поверхности.

Посадкой – называется характер соединения деталей, определяемый разностью действительных размеров вала и отверстия. Различают три вида посадок: с зазором, с натягом и переходные посадки.

Посадкой с зазором называют такое соединение, у которого действительный размер отверстия больше действительного размера вала. Поле допуска отверстия располагается над полем допуска вала. (рис. 2.3). Основными характеристиками посадки с зазором являются:

Наименьший зазор $S_{min} = D_{min} - d_{max}$;

наибольший зазор $S_{max} = D_{max} - d_{min}$;

средний зазор $S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$;

действительный зазор $S_д = D_д - d_d$;

допуск зазора (допуск посадки с зазором) $T_s = S_{max} - S_{min} = T_D + T_d$

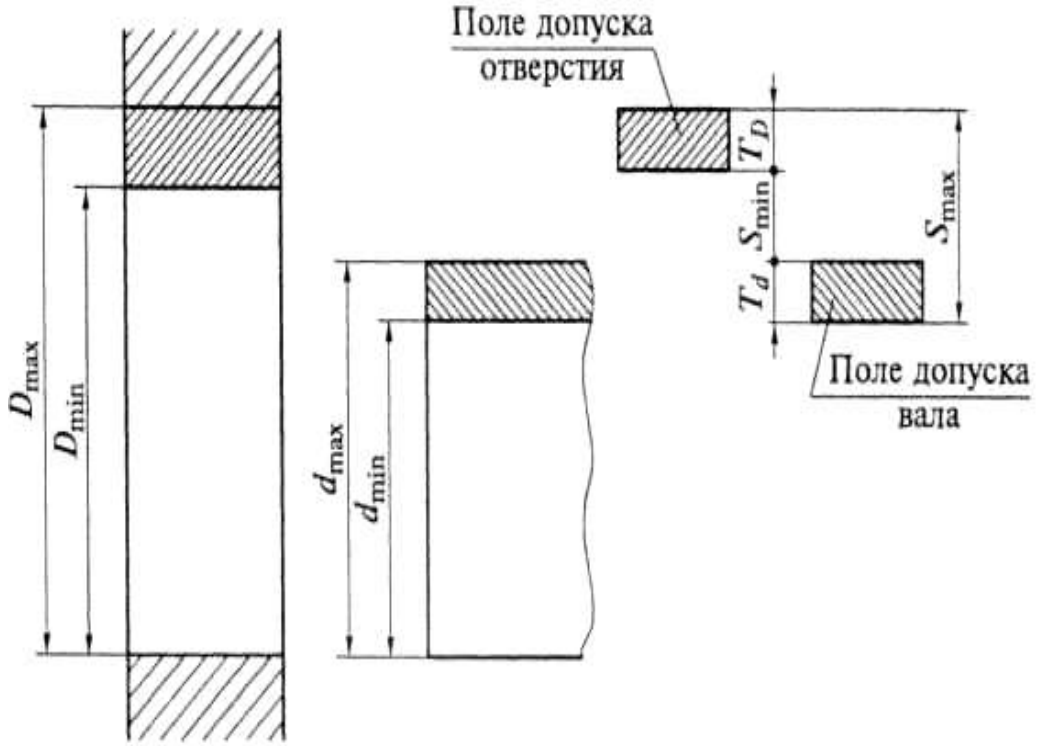


Рис.2.3 Схемы расположения полей допусков при посадках с зазором

посадкой с натягом называется посадка, у которой при любых условиях сборки, действительный размер вала больше действительного размера отверстия (поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия) (рис. 2.4). Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки. Основными характеристиками посадки с натягом являются:

наименьший натяг $N_{min} = d_{min} - D_{max}$;

наибольший натяг $N_{max} = d_{max} - D_{min}$;

средний натяг $N_m = \frac{N_{max} + N_{min}}{2}$;

действительный натяг $N_д = d_d - D_д$

допуск натяга (допуск посадки с натягом) $T_N = N_{max} - N_{min} = T_D + T_d$.

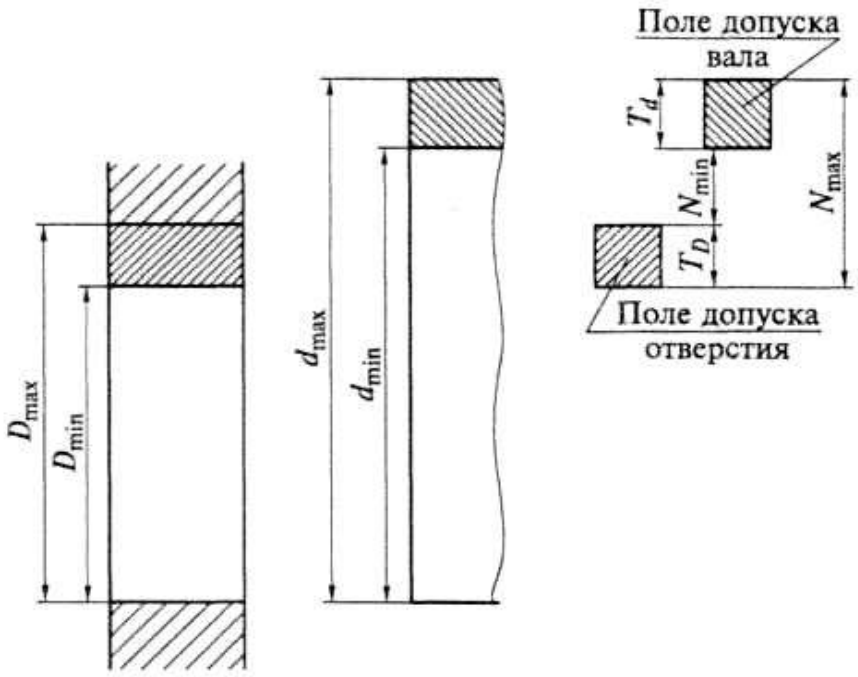


Рис.2.4 Схемы расположения полей допусков при посадках с натягом

Переходной посадкой называется посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью) (рис.2.5). Переходные посадки используются для неподвижных соединений, когда при эксплуатация необ-ходима частая разборка и сборка, а также когда к цент-рированию деталей предъявляются повышенные требования.

Основными характеристиками переходных посадок являются:

наибольший натяг $N_{max} = d_{max} - D_{min}$;

наибольший зазор $S_{max} = D_{max} - d_{min}$;

действительный натяг $N_д = d_d - D_д$

действительный зазор $S_д = D_д - d_d$;

допуск посадки $T_{N(S)} = N_{max} + S_{max} = T_D + T_d$.

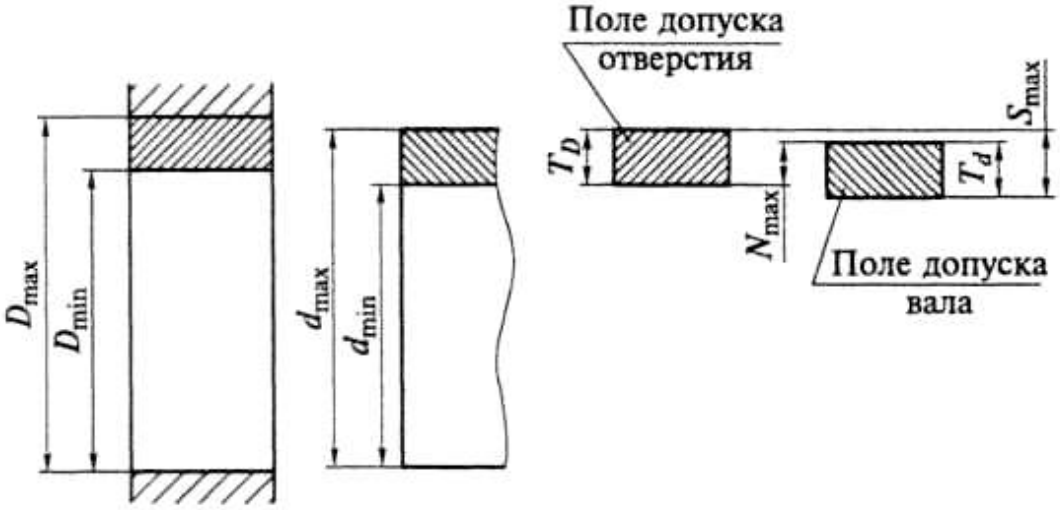


Рис.2.5 Схемы расположения полей допусков при переходных посадках

3. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

Системой допусков и посадок называют совокупность допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин. Единая система допусков и посадок (ЕСДП) гладких соединений изложена в стандартах: ГОСТ 25346-89; ГОСТ 25347-82; Согласно стандартам в ЕСДП установлены допуски и посадки для размеров до 1 мм;

свыше 1 мм до 500 мм; свыше 500 мм до 3150 мм. Детали, размеры которых входят в каждый из этих диапазонов, имеют свои особенности при проектировании, обработке и контроле. Так, размеры диапазона свыше 0 до 1 мм наиболее часто реализуются в микроэлектронике с использованием нанотехнологий, размеры свыше 1 до 500 мм – в машиностроении, а размеры свыше 500 мм – в станкостроении, тяжелом машиностроении. Рассмотрим построение системы допусков и посадок для размеров от 1 до 500 мм.

3.1 Закономерности построения допусков

Основная закономерность построения допусков размеров *IT*, имеет вид

$$IT\ (T) = a\ i \qquad (1.1)$$

Где a – число единиц допуска; i- единица допуска, мкм

Единица допуска функционально связана с номинальным размером и является масштабом для измерения допуска в закономерности (1.1).

На основании исследований точности механической обработки установлены следующие зависимости единиц допуска для размеров до 500 мм

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D, \qquad (1{,}2)$$

где i — единица допуска, мкм; D — среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала размеров, мм.

Каждый диапазон размеров разбивается на *интервалы* — основные и промежуточные. В пределах каждого интервала

основные отклонения и допуски неизменны. Основные интервалы используются для определения всех допусков системы. В СДП для номинальных размеров от 1 до 500 мм предусмотрено 13 основных интервалов размеров. Для полей допусков, образующих посадки с большими величинами зазоров или натягов, введены дополнительные промежуточные интервалы, что позволяет уменьшить колебание зазоров и натягов и

Интервалы подразделяются на основные и промежуточные.

диапазон размеров до 500 мм разбит на 13 основных интервалов:

свыше1 до З мм;	свыше 30 до 50 мм;	свыше 250 до 315 мм;
свыше З до б мм;	свыше 50 до 80 мм;	свыше 315 до 400 мм;
свыше б до10 мм;	свыше 80 до 120 мм;	свыше 400 до 500мм.
свыше 10 до 18 мм;	свыше 120 до 180 мм;	
свыше 18 до 30 мм;	свыше 180 до 250 мм;	

Промежуточные интервалы введены для номинальных размеров свыше 10 мм и делят каждый основной интервал на две, а в некоторых случаях – на три части. В пределах каждого интервала по зависимости (1.2.) установлена единица допуска

Детали разного назначения в различных машинах и механизмах должны быть изготовлены с различной точностью. Нормирование требуемых уровней точности осуществляется с помощью квалитетов. Под ***квалитетом*** понимается совокупность допусков, изменяющихся в зависимости от номинального размера так, что уровень точности для всех номинальных размеров остается одинаковым. Допуск, характери-

зующий точность, в пределах одного квалитета зависит только от номинального размера, входящего в единицу допуска *i*.

В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов, которые обозначаются арабскими цифрами (01; 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; …;18).

С увеличением номера квалитета точность понижается (допуск увеличивается).

Самые точные квалитеты (01, 0, 1, 2, 3, 4), как правило, применяются при изготовлении образцовых мер и калибров.

Квалитеты с 5-го по 12-й, как правило, применяются для сопрягаемых элементов деталей при образовании посадок.

Квалитеты с 12-го по 18-й применяют для несопрягаемых элементов деталей.

Допуск по квалитету обозначается буквами *IT* с указанием номера квалитета, например *IT*8 - допуск по 8 квалитету.

Квалитеты отличаются друг от друга коэффициентом точности *a* (количеством единиц допуска) В табл. 1 приведено количество единиц допуска для каждого квалитета, начиная с 5 по 18.

Таблица 1

Число единиц допуска

квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
«a»	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

3.2 системы допусков и посадок

Стандарты предусматривают две равноправные системы посадок: систему отверстия и систему вала.

Система отверстия – система допусков и посадок, при которой для данного номинального размера и данного квалитета предельные отклонения отверстия остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала (рис.3.1). В системе отверстия основной деталью является *основное отверстие*, которого нижнее отклонение EI=0, а верхнее $ES = + T_D$.

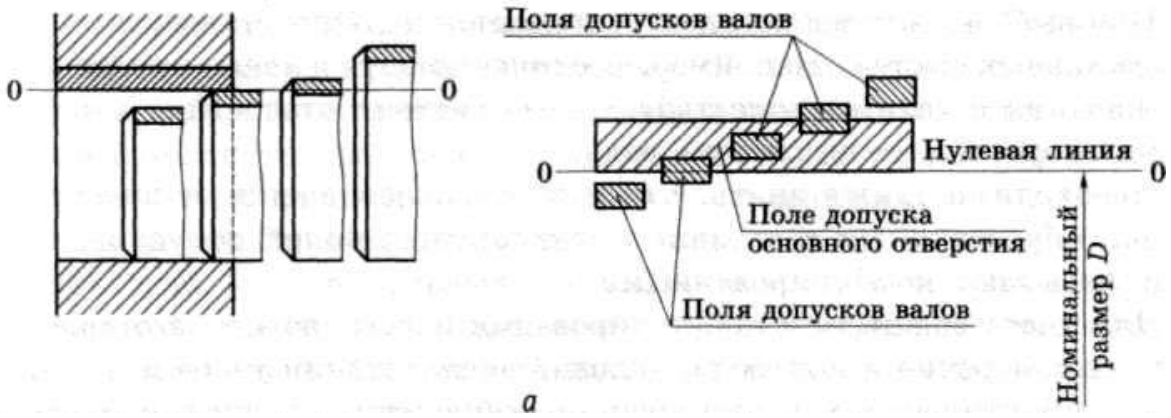


Рис.3.1 Посадки в системе отверстия

Система вала – система допусков и посадок, при которой для данного номинального размера и данного квалитета предельные отклонения вала остаются постоянными, а требуемые посадки достигаются за счет изменения предельных размеров отверстия (рис.3.2). В системе вала основной деталью является *основной вал* у которого верхнее отклонение es=0, а нижнее $ei = - T_d$.

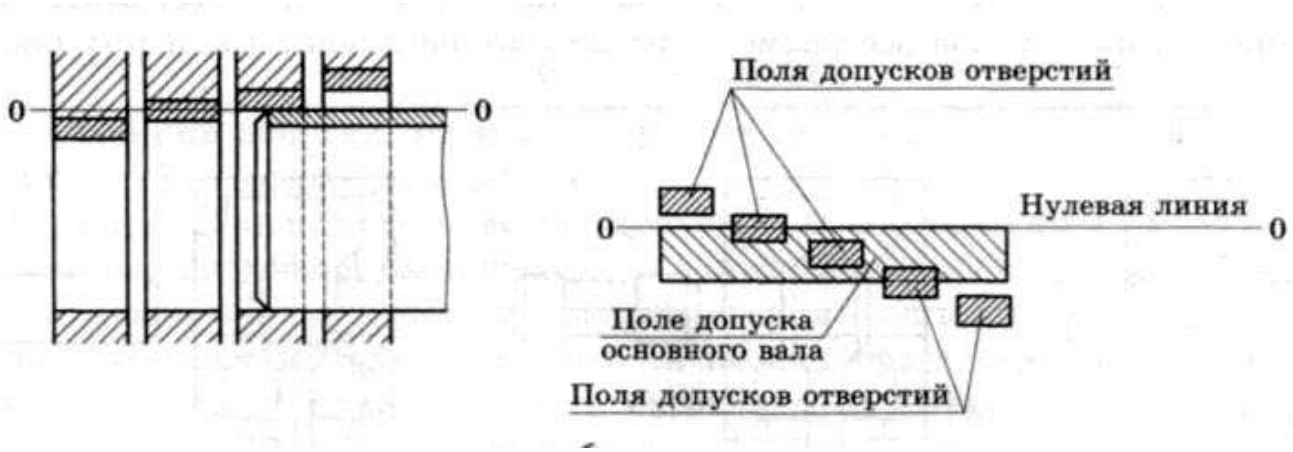


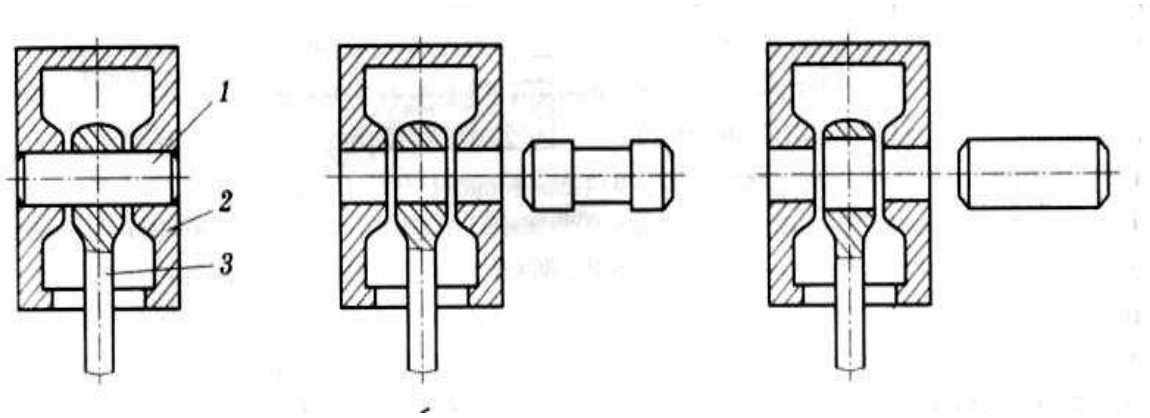
Рис.3.2. посадки в системе вала

Выбор системы посадки (отверстия или вала) определяют исходя из конструктивных, технологических и экономических соображений.

Предпочтительной является система отверстия. Это связано с тем, что отверстия обрабатываются дорогостоящим режущим инструментом (сверлом, протяжкой, зенкером, разверткой и т.п.), предназначенным для обработки только одного размера с определенным полем допуска. Вал, независимо от размера, в большинстве своем обрабатывается одним и тем же инструментом (резцом, шлифовальным кругом). Таким образом, количество типоразмеров инструмента для обработки отверстий будет значительно меньше при назначении посадки в системе отверстия. Система вала применяется в следующих случаях:

- когда на одном валу необходимо чередовать соединения нескольких отверстий одного номинального размера с различными посадками. На рис. 3.3, *а* представлено соединение поршневого пальца *1* с поршнем *2* и шатуном *3*. Для нормальной работы

этого узла соединение поршня и пальца должно быть выполнено по неподвижной посадке, а шатуна с пальцем — по подвижной посадке. Назначение посадок в системе отверстия (рис. 3.3, *б)* привело бы к неудобствам при обработке ступенчатого пальца и, главное, к порче отверстия шатуна при сборке. При назначении посадок в системе вала (рис. 3.3, *в*) эти недостатки исключаются.



а *б* *в*

Рис.3.3 Соединение поршневого пальца с поршнем и шатуном двигателя автомобиля;

а – общий вид соединения: 1 – поршневой палец; 2- поршень; 3- шатун; *б*- соединение в системе отверстия*; в*- соединение в системе вала

- система вала также применяется в случаях, когда детали типа валиков или осей изготавливаются из калиброванных холоднотянутых прутков, дополнительная механическая обработка которых не предусматривается.

- и, наконец, посадка в системе вала назначается в случаях, когда вал является стандартной деталью или сборочной единицей (штифт, шплинт, шпонка, наружное кольцо подшипника и т.п.).

Необходимо также отметить, что возможно назначение и внесистемных посадок, образованных сочетанием стандартных полей допусков, которые иногда называют комбинированными.

3.3 Ряды основных отклонений

Основное отклонение- это одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), по величине и знаку которого определяется положение поля допуска относительно нулевой линии.

По ЕСДП таким отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии. Стандарт предусматривает 28 рядов основных отклонений для валов и столько же основных отклонений для отверстий. Отклонения валов обозначаются строчными буквами латинского алфавита от *a* до *z* , а отверстия прописными буквами от *A* до *Z*.

Схематично ряды основных отклонений показаны на рис.3.4 Каждому основному отклонению на схеме соответствуют горизонтальная черта, от которой начинается поле допуска. Штриховкой показано направление поля допуска, а второе отклонение зависит от того, по какому квалитету будет выполнено данное предельное отклонение.

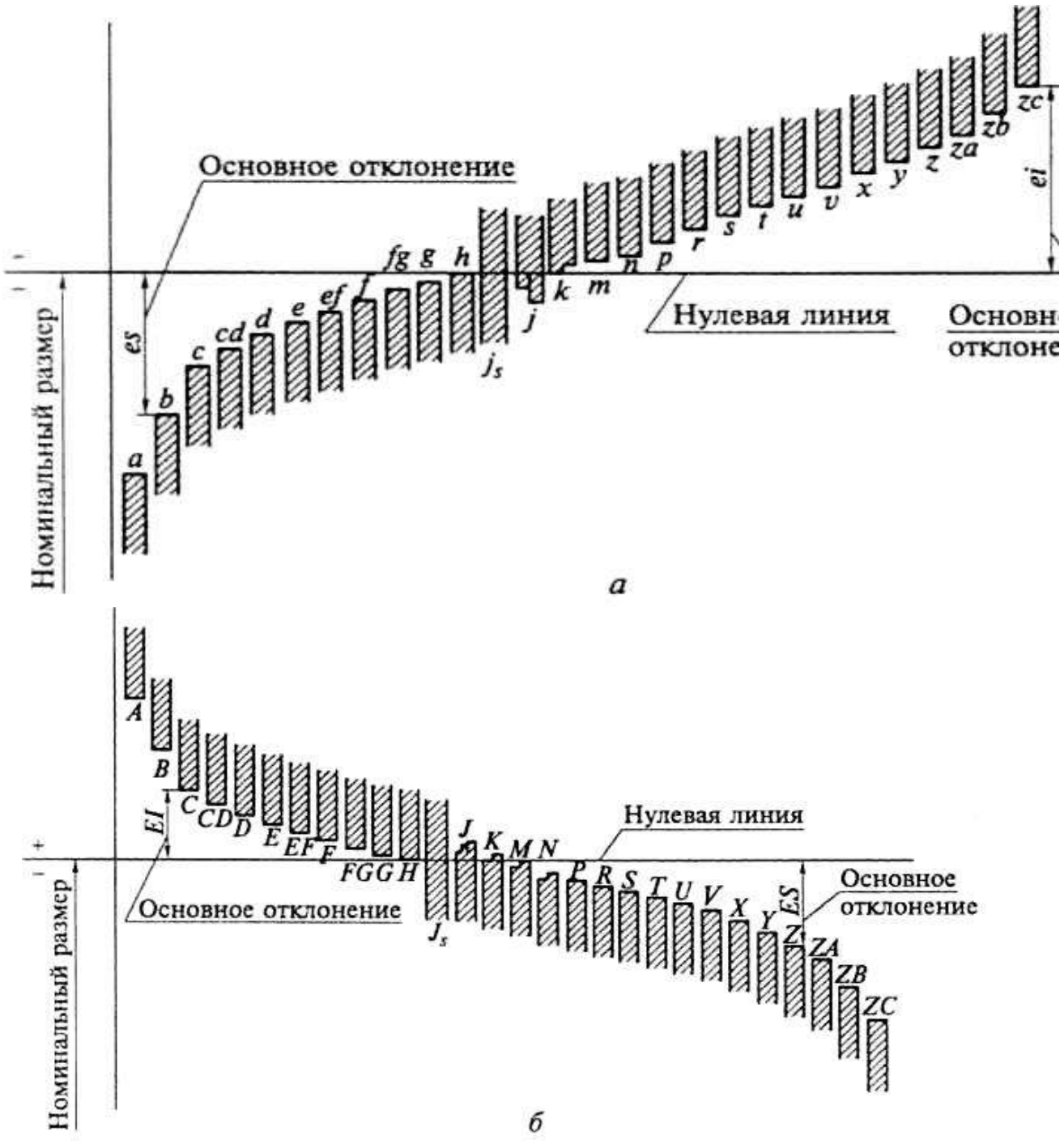


Рис.3.4. основные отклонения для валов (а), для отверстий (б)

3.4 Поля допусков

Поле допуска в ЕСДП образуется сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из квалитетов. В соответствии с этим поля допусков обозначаются буквой основного отклонения и номерами квалитетов, например

для валов $h6$, $d11$, $b12$, $s8$ и т.д.;

для отверстий $A11$, $H8$, $S7$ и т.д.

По основному отклонению и допуску вычисляют второе предельное отклонение, ограничивающее данное поле допуска.

Если основное отклонение - верхнее, то нижнее отклонение определяют по зависимости:

для вала $ei = es - IT$;

для отверстия $El = ES - IT$.

Если основное отклонение – нижнее, то верхнее отклонение :

для вала $es = ei + IT$;

для отверстия $ES = El + El$.

В системе ЕСДП можно образовывать поля допусков для любого квалитета, что позволяет получить более 500 полей допусков для валов и столько же полей допусков для отверстий. Однако не все возможные поля допусков могут найти применение даже в перспективе, на которую ориентирован стандарт, так как одновременное применение на практике всех полей допусков неприемлемо по экономическим соображениям (затрудняет уни-фикацию изделий, различных инструментов и калибров). В ЕСДП для диапазона размеров от 1 до 500 мм применяется отбор полей допусков, которые делятся на основные и дополнительные .

Основные поля допусков включают в себя предпочтительные (имеющие первоочередное применение) и рекомендуемые. Дополнительные поля допусков являются полями ограниченного применения и используются тогда, когда применение основных полей допусков не позволяет выполнить требования, предъявляемые к изделию.

3.5 Образование посадок

Посадки в системе ЕСДП образуются сочетанием полей допусков отверстия и вала.

Принципиально допускается любое сочетание полей допусков отверстия и вала. Предпочтение следует отдавать посадкам, образованным в системе отверстия или в системе вала. ГОСТ 25347 -82 устанавливает ряд стандартных посадок в системе отверстия и в системе вала. В каждой системе выделяются предпочтительные посадки, выделенные рамочками.

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Уторов
14.09.2022

С. А. Волегов,

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА

Методическое руководство
по выполнению практических работ
для студентов специальности
15.02.16 «Технология машиностроения»

Екатеринбург
2022

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Задание

Для поверхностей, заданных в исходных данных (табл. 1), обозначить на эскизе направляющую и образующую линии, определить обратимость поверхностей, предложить метод образования поверхностей (копирование, след, обкат, касание), назвать металлорежущий станок, на котором выбранный метод может быть реализован**.**

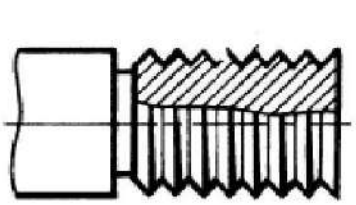
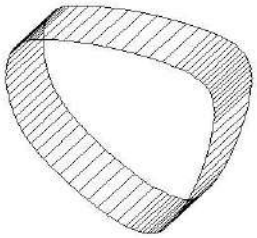
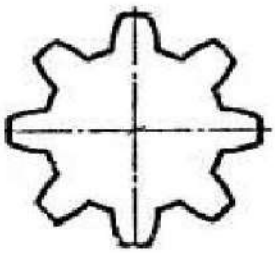
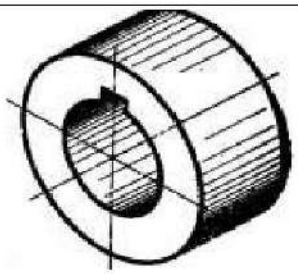
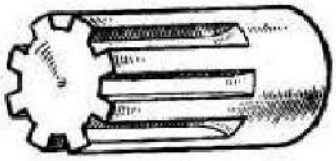
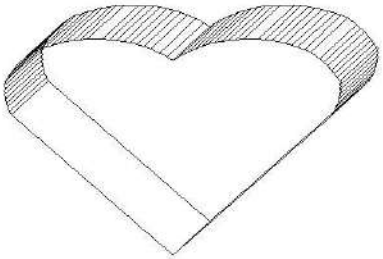
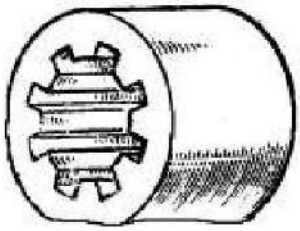
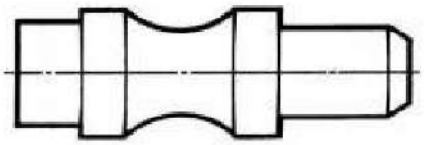
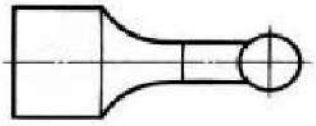
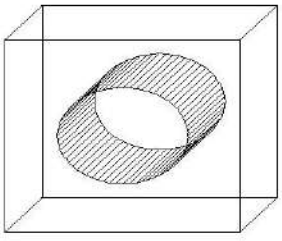
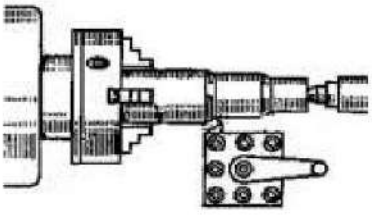
Теоретические сведения

Поверхности деталей машин, обрабатываемые на металлорежущих станках, могут быть геометрически представлены как результат согласованного движения двух производящих линий: образующей и направляющей. При обработке перемещение образующей линии по направляющей, образующее требуемую поверхность, обеспечивается относительным движением заготовки и инструмента. В отдельных случаях роль образующей линии выполняет профиль режущей кромки инструмента. Поверхности детали, образованные определенным способом согласования линий, могут быть обратимые (плоские, цилиндрические) и необратимые (винтовая, коническая). При образовании обратимых поверхностей образующая и направляющая линии могут менять свои функции, а при образовании необратимых – нет. Производящая линия может быть получена одним из следующих методов:

1. Метод копирования (производящая линия представляет собой копию режущей кромки инструмента, которая перемещается в направлении движения подачи).
2. Метод обката (производящая линия получается как огибающая несколько положений режущей кромки инструмента при ее обкате по начальной окружности).
3. Метод следа (производящая линия получается в результате движения режущей точки вдоль заданной траектории, т. е. является следом от движения режущей точки).

Таблица 1

Исходные данные для анализа поверхностей

Варианты	Наименование	Вид поверхности
1. 2.	Резьбовая поверхность, Наружный контур кулачка	 
3. 4.	Зуб колеса Шпоночный паз	 
5. 6.	Шлицевый вал Внутренний контур	 
7. 8.	Шлицевое отверстие Фасонный профиль	 
9. 10.	Фасонный профиль Отверстие	 
11. 12.	Внутренний зуб колеса Поверхность ступенчатого вала	

4. Метод касания (производящая линия образуется как огибающая совокупность траекторий движения режущей точки). Отметим, что при методе следа контакт режущей кромки инструмента постоянный, а при методе касания – прерывистый.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2
РАСЧЕТ МОДУЛЯ РЕЙКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ

Задание

Определить значение модуля рейки для получения заданной величины подачи суппорта токарного станка, который перемещается в продольном направлении с подачей *S*.

Исходные данные: $Z_ш$ − число зубьев приводной реечной шестерни; $i_р$ − передаточное отношение механизма реверса; $i_г$ − передаточное отношение гитары сменных колес; $i_{кп}$ − передаточное отношение коробки подач; $i_ф$ − передаточное отношение фартука. Исходные данные приведены в табл. 2.

Теоретические сведения

Зубчато-реечные передачи относятся к механизмам для преобразования вращательного движения в поступательное. Зубчато-реечные передачи состоят из двух основных элементов: зубчатой рейки и реечной шестерни (рис. 2). В токарных станках зубчато-реечная передача применяется для преобразования вращательного движения, передаваемого на реечную шестерню от коробки подач через ходовой вал и механизмы фартука, в поступательное движение суппорта станка. Реечная шестерня, закрепленная на валу фартука, входит в зацепление с зубчатой рейкой, закрепленной на станине, что и обеспечивает поступательное перемещение суппорта станка по продольным направляющим.

Основными параметрами зубчато-реечной передачи являются модуль рейки и число зубьев реечной шестерни. Для решения задачи следует составить уравнение кинематического баланса, связывающее

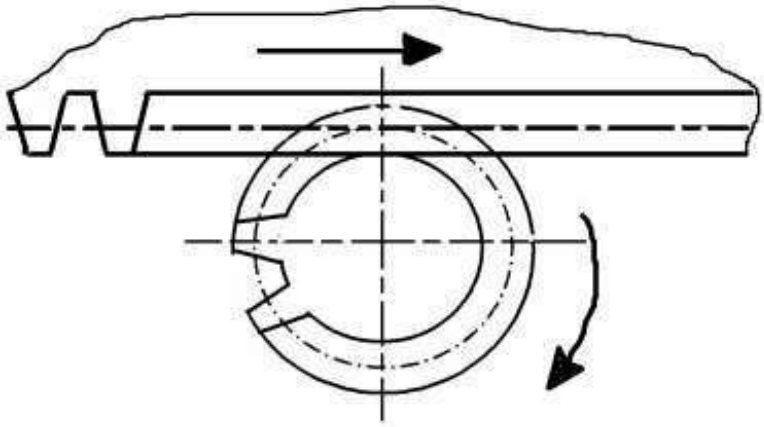


Рис. 2. Зубчато-реечная передача

Таблица 2

Исходные данные для расчета значения модуля рейки

Вариант	S мм/об	$i_р$	$i_г$	$i_{кп}$	$i_ф$	$Z_ш$
1	0,150	0,66	0,625	0,10	0,04	12
2	0,150	0,70	0,500	0,10	0,04	16
3	0,200	0,66	0,625	0,10	0,04	18
4	0,200	0,70	0,500	0,10	0,03	20
5	0,340	0,66	0,625	0,10	0,04	14
6	0,340	0,66	0,400	0,10	0,03	12
7	0,300	0,66	0,625	0,10	0,04	16
8	0,300	0,65	0,500	0,15	0,02	14
9	0,124	0,66	0,625	0,10	0,04	18
10	0,124	0,50	0,500	0.10	0,03	20
11	0,100	0,66	0,625	0,10	0,04	22
12	0,100	0,66	0,500	0,08	0,02	24
13	0,120	0,66	0,625	0,10	0,04	22
14	0,120	0,50	0,400	0,08	0,05	20
15	0,120	0,60	0,500	0,12	0,03	18
16	0,150	0,70	0,500	0,10	0,03	16
17	0,200	0,70	0,500	0,10	0,04	24
18	0,200	0,65	0,625	0,08	0,02	26
19	0,250	0,66	0,625	0,10	0,04	28
20	0,250	0,70	0,625	0,15	0,04	22

движение шпинделя и движение суппорта (за один оборот шпинделя суппорт перемещается на величину подачи). Следовательно,

$$1_{\text{об.шп.}} \cdot C_{\text{кц}} \cdot i_v \cdot \pi \cdot m \cdot Z_{\text{ш}} = S ,$$

где $C_{\text{кц}}$ – постоянное передаточное отношение, характеризующее цепь; i_v – передаточное отношение регулирующего звена, m – модуль реечного колеса, мм; S – величина подачи, мм/об.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3
РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ СМЕЩЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНУСА НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ

Цель работы

Изучить способы обработки конических поверхностей на токарно-винторезном станке модели 1616. Изучить приемы наладки станка на данный вид работы при различных способах точения.

Исходные данные (табл. 3**):** d_1 – меньший диаметр, мм; d_2 – диаметр основания, мм; l – высота конуса, мм; L – расстояние между центрами, мм.

Задание

Определить величину смещения центра задней бабки h при обработке на токарном станке конусного валика с параметрами, приведенными в исходных данных. Дать рекомендации по настройке станка для изготовления конических поверхностей.

Теоретические сведения.

Обработка конических поверхностей на токарных станках связана с образованием конуса (рис. 3). Основным параметром конической поверхности является конусность, которая определяется из выражения

$$K = \frac{D - d}{l} = 2\text{tg}\alpha,$$

где D – большой диаметр конуса, мм; d – малый диаметр конуса, мм;

l – расстояние между этими диаметрами, мм;α – угол при вершине конуса, °.

Таблица 3

Исходные данные для изготовления конического валика в миллиметрах

Вариант	Параметры				Вариант	Параметры			
	d	D	l	L		d_1	d_2	l	L
1	35	40	150	200	13	25	30	100	120
2	30	40	120	200	14	25	32	100	120
3	25	30	100	150	15	25	35	100	120
4	35	45	120	180	16	30	35	100	120
5	35	50	120	150	17	30	40	100	120
6	35	40	120	180	18	30	42	100	120
7	20	30	120	130	19	35	40	120	130
8	20	30	110	130	20	35	42	120	130
9	40	45	150	200	21	35	48	120	130
10	45	50	160	200	22	40	58	120	130
11	48	52	160	200	23	40	56	120	150
12	45	50	80	100	24	40	55	150	150

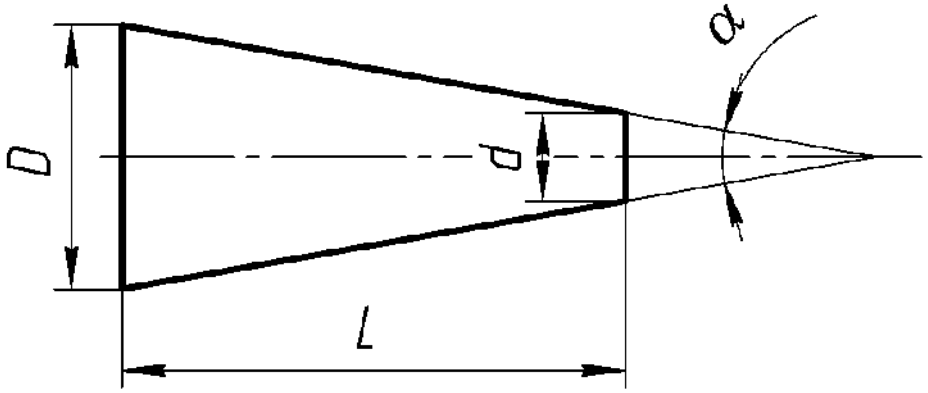


Рис. 3. Элементы конуса:
α – угол конуса; d – малый диаметр конуса; D – большой диаметр конуса;
l – длина конуса

Конусность обозначается

__1: x ,

где 1 – условное обозначение половины разности диаметров мм;
x – величина, показывающая во сколько раз расстояние между этими диаметрами больше половины разности диаметров.

Например, для конусности __1 : 20 , известном D = 60 мм и d = 50 мм, расстояние между этими диаметрами

$$L = \frac{D-d}{1} \cdot 20 = \frac{60-50}{1} \cdot 20 = 200\text{мм}.$$

ГОСТом предусмотрен ряд значений конусности в диапазоне __1 : 500 – __1 : 3.

Конусы с конусностью 1:20 называются "Метрические". В табл.4 представлен размерный ряд метрических конусов

Таблица 4

Конус метрический						
Обозначение	4	6	80	100	120	160
D, мм	4	6	80	100	120	160
d, мм	3	4,6	71,5	90	108,5	145,5
Конусность	1:20					

Предусмотрены (ГОСТ 15945-70) конусы с конусностью 7:24. В табл.5. представлен размерный ряд конусов 7:24

Таблица 5

Конус7:24		
Обозначение конусов	D, мм	d, мм
10	15,87	9,5
15	19,05	11,2
25	25,40	13,8
30	31,75	17,4
35	38,1	21,4
40	44,45	25,3
45	57,15	32,4
50	69,85	39,6
55	88,90	50,5
60	107,95	60,2
65	133,35	75,0
70	165,10	92,9
75	203,20	114,3

В станкостроительной и инструментальной промышленности широко применяются конусы "Морзе". Размеры этих конусов приведены в табл.6.

Таблица 6

Обозначение конуса	0	1	2	3	4	5	6
Конусность	1:19,212	1:20,047	1:20,020	1:19,922	1:19,254	1:19,002	1:19,180
D, мм	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348
d, мм	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,6

Способы точения конусов и наладка станка

На токарно-винторезном станке получить коническую поверхность можно следующими способами:

– фасонным резцом;
– поворотом резцовых салазок;
– смещением корпуса задней бабки;
– применением копировальной линейки.

Фасонным резцом точатся короткие конусы длиной не более 20 мм. Схема резания представлена на рис. 4.

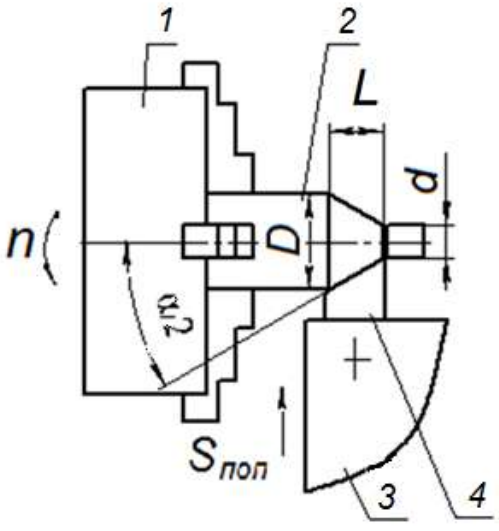


Рис. 4. Точение конуса фасонным резцом:
1 – трехкулачковый патрон; *2* – обтачиваемая заготовка; *3* – резцедержатель; *4* – фасонный резец; *n* – вращение шпинделя; $S_{поп}$ – поперечная подача.

Данный способ требует два формообразующих движения: главное – вращение шпинделя n; установочное – перемещение резцедержателя $S_{поп}$

При использовании этого метода надо установить фасонный резец в резцедержатель и перемещать суппорт в поперечном направлении до упора, который настраивается по требуемым размерам конической поверхности.

Преимущество способа: не требуется дополнительная настройка станка. Недостатки способа: небольшая (до 20 мм) длина конуса L.

Поворотом резцовых салазок точатся относительно длинные конуса, но не более 140 мм. Схема резания представлена на рис.5.

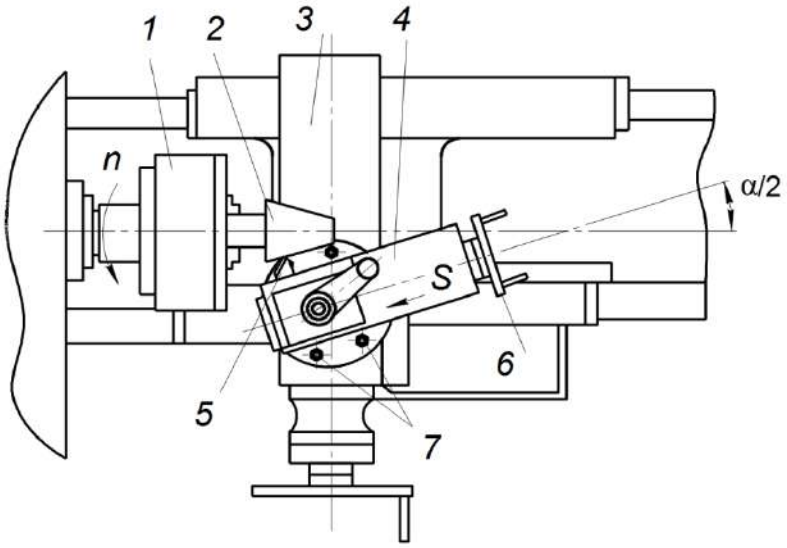


Рис. 5. Точение конуса поворотом резцовых салазок:
1 – трехкулачковый патрон; *2* – обтачиваемая заготовка;*3* – поперечный суппорт; *4* – резцовые салазки; *5* – проходной резец; *6* – маховичок перемещения резцовых салазок;*7* – гайки крепления резцовых салазок; *n* – вращение шпинделя; *S* – подача

Данный способ требует два формообразующих движения: главное – вращение шпинделя n; подачи – перемещение резцедержателя с резцовыми салазками S.

При использовании этого способа необходимо ослабить две гайки *7*, крепящие резцовые салазки (расположены по две гайки спереди и сзади резцедержателя), развернуть резцовые салазки на угол α/2, затянуть гайки. Вращая маховичок переместить резцовые салазки с резцом вдоль образующей конуса.

Преимущества способа: простая наладка; можно точить наружные и внутренние поверхности.

Недостатки способа – длина конуса ограничена ходом резцовых салазок.

Способом смещения корпуса задней бабки точатся длинные конические поверхности. Схема резания представлена на рис. 6.

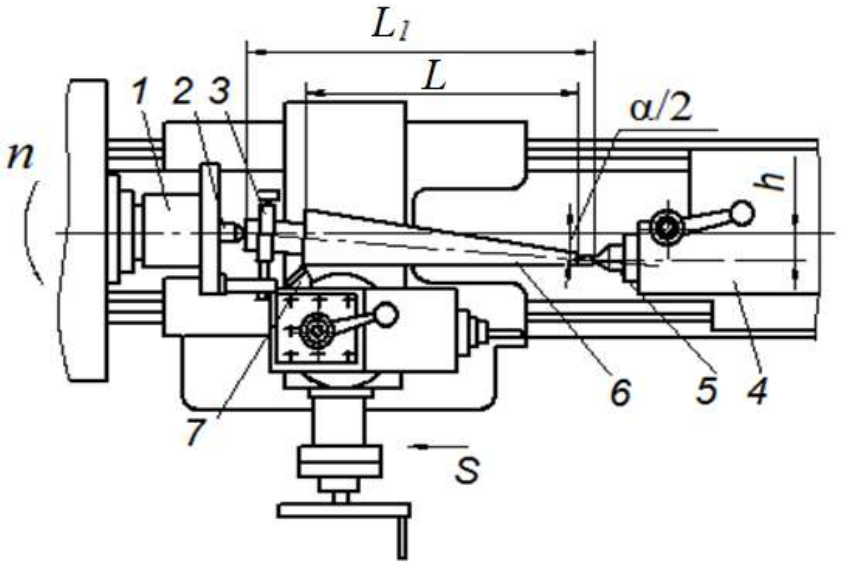


Рис. 6. Точение конуса способом перемещения задней бабки:
1 – поводковый патрон; *2* – передний конус; *3* – хомут; *4* – задняя бабка;*5* – задний центр; *6* – заготовка; *7* – проходной резец; *n* – вращение шпинделя; *S* – подача

Данный способ требует два формообразующих движения: главное – вращение шпинделя n; подачи – перемещение салазок S.

При точении конуса этим способом в поводковый или трехкулачковый патрон устанавливается передний центр. В отверстие пиноли задней бабки устанавливается задний центр. Вращением винта на основании корпуса задней бабки смещают этот корпус на величину h. Контроль перемещения ведут по индикатору, закрепленному в индикаторной стойке.

Величина смещения h определяется по формуле

$$h = \frac{L_1}{L} \cdot \frac{D - d}{2}.$$

На предварительно зацентрованную с двух сторон заготовку надевают и закрепляют хомут и устанавливают в центра.

Преимущества способа: можно точить длинные конуса.

Недостатки способа: достаточно сложная настройка, требующая приспособления; базирование заготовки в центрах при смещенной задней бабке грубое, что снижает точность обработки.

Применение копировальной линейки позволяет обтачивать длинные конуса в крупносерийном и массовом производствах. Схема резания представлена на рис. 7.

Данный способ требует три формообразующих движения: главное – вращение шпинделя n; продольной подачи S_2 – перемещение салазок; поперечной подачи S_1 – перемещение суппорта.

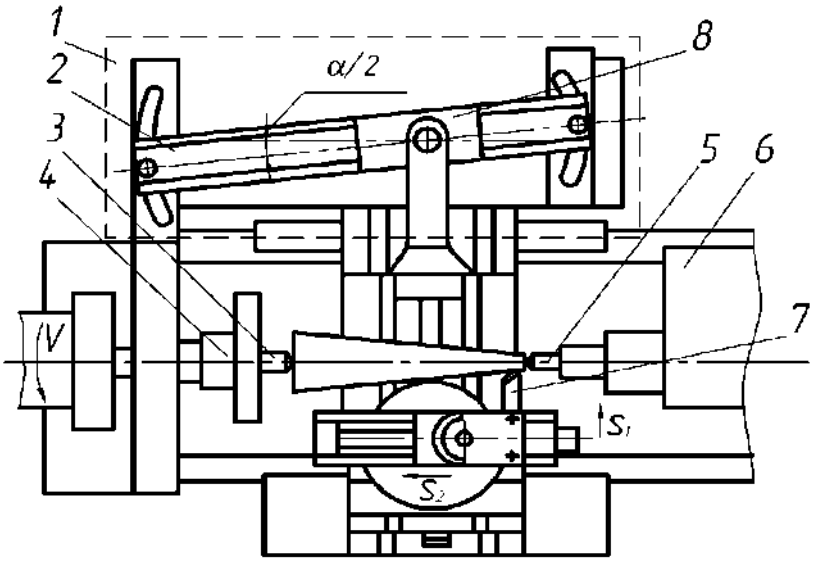


Рис. 7. Точение конусов с использованием копировальной линейки:
1 – копировальное приспособление; *2* – копировальная линейка;
3 – передний центр; *4* – поводковый патрон; *5* – задний центр; *6* – задняя бабка; *7* – резец проходной; *8* – ползун копировальной линейки

При использовании этого способа на станок с задней стороны к станине крепится копировальное приспособление. По направляющим копировальной линейки перемещается ползун, соединенный с суппортом станка. Заготовка устанавливается в центрах, резец крепится в резцедержателе. Копировальная линейка в корпусе приспособления поворачивается на угол α/2. При сообщении салазкам продольной подачи S_2 ползун копировальной линейки перемещается вдоль ее направляющих и сообщает резцедержателю с резцом поперечную подачу S_1. Таким образом, резец перемещается одновременно по двум координатам обтачивая коническую поверхность.

Преимущества способа: высокая точность обработки

Недостатки способа: требуется достаточно сложное приспособление.

Ход выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Визуально ознакомиться со станком. Определить местонахождение настроечных элементов, которые упоминаются в рассматриваемых ниже способах.

3. Для заданного варианта (табл. 7 и 8) рассчитать настроечные параметры для всех способов.
4. Нарисовать эскиз наладок для всех способов с указанием всех необходимых размеров.
5. Наладить станок на обработку конуса.
6. Составить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:
1. Описание назначения и области применения станка.
2. Рисунок общего вида с указанием основных узлов и элементов управления станком.
3. Эскизы наладок.
4. Расчет настроек станка.

Примечание: рисунки общего вида и наладок допускаются в виде ксерокопий.

Контрольные вопросы

1. Назовите параметры конической поверхности.
2. Дайте определение конусности. Взаимосвязь конусности с другими параметрами конической поверхности.
3. Обозначение конусности. Типы конусов.
4. Назовите способы точения конусов и опишите суть каждого из них.
5. Назовите настроечные параметры и действия для каждого метода

Задания к практической работе

Таблица 7

Исходные данные для изготовления конического валика в миллиметрах

	D	*d*	*K*
1.	110	30	0,5
2.	125	28	0,4
3.	130	32	0,45
4.	140	35	0,35
5.	100	40	0,3
6.	95	20	0,5
7.	80	25	0,45
8.	105	35	0,3
9.	115	38	0,35

Окончание табл.7

10.	135	40	0,4
11.	145	50	0,5
12.	85	40	0,45
13.	90	35	0,3
14.	70	20	0,35
15.	75	25	0,4
16.	120	33	0,5
17.	135	36	0,3
18.	130	42	0,4
19.	140	53	0,45
20.	115	32	0,35

Таблица 8

Исходные данные для изготовления конического валика в миллиметрах

	D	d	L_1	L
1	300	250	400	380
2	315	265	450	420
3	350	250	500	480
4	280	235	550	300
5	295	245	600	500
6	275	250	350	320
7	250	200	370	300
8	260	215	430	400
9	200	175	410	370
10	210	190	380	340
11	220	165	420	400
12	230	200	510	500
13	245	205	470	450
14	255	190	370	300
15	270	210	340	310
16	280	235	280	260
17	290	240	320	290
18	265	235	410	380
19	275	250	630	420
20	240	200	660	620

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 1К62Д НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Цель работы: Изучение настроек станка при нарезании различных резьб резцом. Для этого необходимо изучить:

– основные типы резьб, нарезаемых на станке;
– органы настройки, используемые при нарезании резьб;
– кинематические цепи станка, используемые при нарезании резьб.

Назначение и область применения станка

Токарно-винторезный станок модели 1К62Д является универсальным и предназначен для различных токарных работ, обработки центральных отверстий, а также для нарезания резьб: метрической, дюймовой, модульной, питчевой и архимедовой спирали. Класс точности Н по ГОСТ 8-82.

Основные технические данные и характеристики

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	435
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	224
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Наибольшая длина хода каретки, мм	930
Число ступеней частот вращения шпинделя: прямого вращения	23
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин:	12,5 - 2000
Диапазон нарезаемых резьб:	
метрических, мм	0,5 - 192
модульных, мм	0,5 - 48
дюймовых, ниток на дюйм	24 - $1^5/_8$
питчевых, питч	96 - 1
архимедовой спирали, ступени	4

Устройство станка

На рис. 8 представлен общий вид станка с обозначением органов управления и основных узлов.

Основные узлы станка (рис. 8)

I – Шкаф управления; *II* – Бабка шпиндельная; *III* – Коробка подач; *IV* – Основание; *V* – Фартук; *VI* – Салазки; *VII* – Суппорт; *VIII* – Резцовый (поворотный) суппорт; *IX* – Станина; *X* – Бабка задняя.

Органы управления станком:

1. Рукоятка установки шага резьбы и величины подачи.
2. Рукоятка выбора типа резьбы и вида работ (резьба или подача).
3. Рукоятка установки частоты вращения шпинделя.
4. Рукоятка установки нормального или увеличенного шага резьбы и положения при делении многозаходных резьб.
5. Рукоятка установки правой и левой резьбы и подачи.
6. Рукоятка установки частоты вращения шпинделя.
7. Панель управления.
8. Вводной автоматический выключатель.
9. Сигнальная лампа.
10. Включатель насоса охлаждающей жидкости.
11. Амперметр.
12. Лимб жесткого упора.
13. Болты крепления жесткого упора.
14. Передвижной жёсткий упор.
15. Шпиндель.
16. Защитный кожух трехкулачкового патрона.
17. Рукоятка поворота и крепления резцедержателя.
18. Резцедержатель.
19. Зажим салазок
20. Рукоятка ручного перемещения резцовых салазок суппорта.
21. Трубка подвода СОЖ.
22. Кнопка ускоренного перемещения салазок и суппорта.
23. Рукоятка управления механическими перемещениями салазок и суппорта.
24. Рукоятка зажима пиноли задней бабки.
25. Рукоятка крепления задней бабки к станине.
26. Маховик перемещения пиноли задней бабки.
27. Рукоятка включения гайки ходового винта

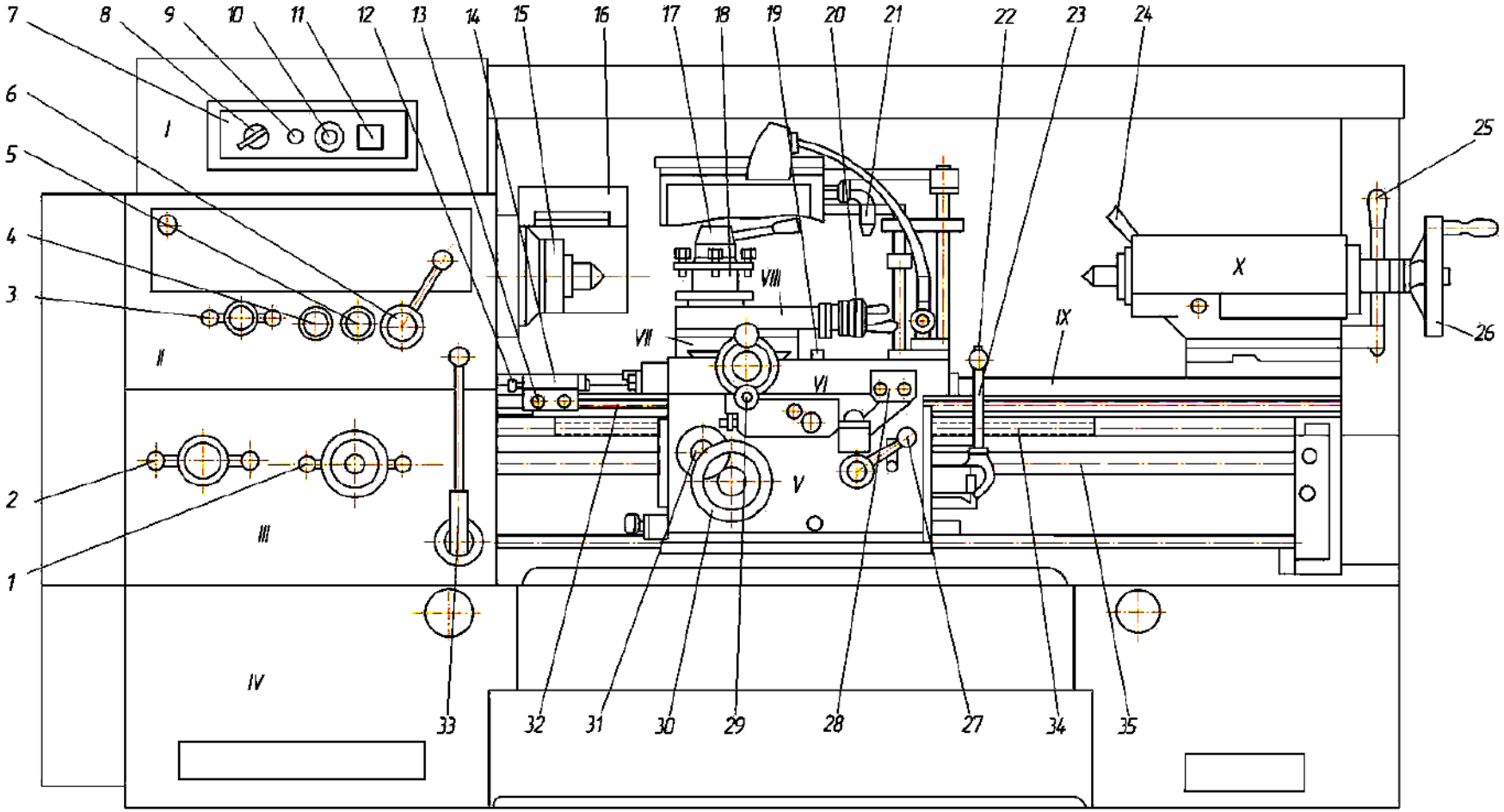


Рис. 8. Общий вид станка

28. Кнопки включения и выключения главного электродвигателя
29. Рукоятка перемещения суппорта.
30. Маховик ручного перемещения салазок.
31. Кнопка включения и выключения реечной шестерни.
32. Рейка продольной подачи.
33. Ручка включения правого или левого направления вращения шпинделя.
34. Ходовой винт.
35. Ходовой вал

Кинематические зависимости при нарезании различных резьб

На станке могут нарезаться резьбы метрические, дюймовые, модульные, питчевые и архимедова спираль. Данные резьбы отличаются способом задания шага и профилем. Первые четыре нарезаются при продольном перемещении салазок, а архимедова спираль – при поперечном перемещении суппорта на торцевой поверхности заготовки.

Основным параметром резьбы является ее шаг – это расстояние между двумя соседними одноименными точками профиля резьбы.

Чтобы получить резьбовую поверхность резцом на круглой цилиндрической заготовке, необходимо одновременно вращать заготовку и перемещать резец вдоль ее оси. Таким образом, за один оборот заготовки резец должен переместиться на величину шага.

Уравнение настройки в резьбонарезной кинематической цепи имеет вид:

$$1 \text{ об. шп.} \cdot c \cdot i_{уш} \cdot i_{Б7} \cdot i_{г} \cdot i_{кп} \cdot i_{хв} \cdot = T, \cdot$$

где 1 об. шп. – один оборот шпинделя;

c – константа резьбонарезной цепи;

$i_{уш}$ – передаточное отношение звена увеличения шага;

$i_{Б7}$ – передаточное отношение блока $Б_7$;

$i_{г}$ – передаточное отношение гитары сменных колес;

$i_{кп}$ – общее передаточное отношение коробки подач;

$t_{хв}$ – шаг ходового винта, мм;

T – шаг нарезаемой резьбы, мм.

Константа "c" представляет собой произведение постоянных передаточных отношений между валами кинематической цепи. Передаточное отношение звена увеличения шага может быть равным 8 или 32. Передаточное отношение гитары сменных колес для стандартных резьб

метрических и дюймовых – 45 – 50, для модульных и питчевых 64 – 97. Для специальных резьб значения могут быть другие.

Шаг нарезаемой резьбы задается по-разному, в зависимости от типа резьбы. Шаг метрической резьбы задается непосредственно в миллиметрах. Шаг дюймовой резьбы задается в нитках на дюйм "n" и измеряется в миллиметрах по формуле

$$T = \frac{25{,}4}{n}, \text{мм.}$$

Шаг модульной резьбы задается в модулях "m" и измеряется в миллиметрах по формуле

$$T = \pi \cdot m, \text{ мм.}$$

Шаг питчевой резьбы задается диаметральным питчем "P" и измеряется в миллиметрах по формуле

$$T = \frac{25{,}4\pi}{P}, \text{мм.}$$

Кинематика станка

Кинематическая структура станка состоит из одной сложной кинематической группы, создающей два формообразующих движения: главное и подачи.

Главное движение в станке – это вращение шпинделя. Кинематическая цепь главного движения (рис. 9) включает в себя электродвигатель, шпиндельную бабку с коробкой скоростей и шпинделем. Движение начинается от электродвигателя М1 и через клиноременную передачу передается на вал *I*. Прямое вращение передается на вал *II* через блок зубчатых колес Б1, а обратное через колеса 50, паразитный блок 24, 36, колесо 38. С вала *II* на вал *III* движение передается через колеса 29, 21, 38, и блок Б2. Далее движение может передаваться либо по короткой кинематической цепи сразу на вал *VI* (шпиндель) через колеса 65 или 30 и блок Б3, либо по длинной кинематической цепи через колеса 45 или 22 на блок Б4 на вал *IV*, через колеса 22–88 на вал *V*, колеса 30–60 на вал *VI* (шпиндель). Эта кинематическая цепь называется так же "Звено увеличение шага". При использовании этого звена вал *VII* может получать частоты вращения в восемь раз большие (1·4·2 = 8) при зацеплениях 45($Б_6$) – 45(вал *III*) – 45($Б_4$), 22–88, 30–60($Б_3$), либо в тридцать два раза большие (4·4·2 = 32) при зацеплениях 45($Б_6$)–45(вал *III*), 22(вал *III*)–88($Б_4$), 22–88, 30–60, чем при зацеплении колесо 60(вал *VI*–

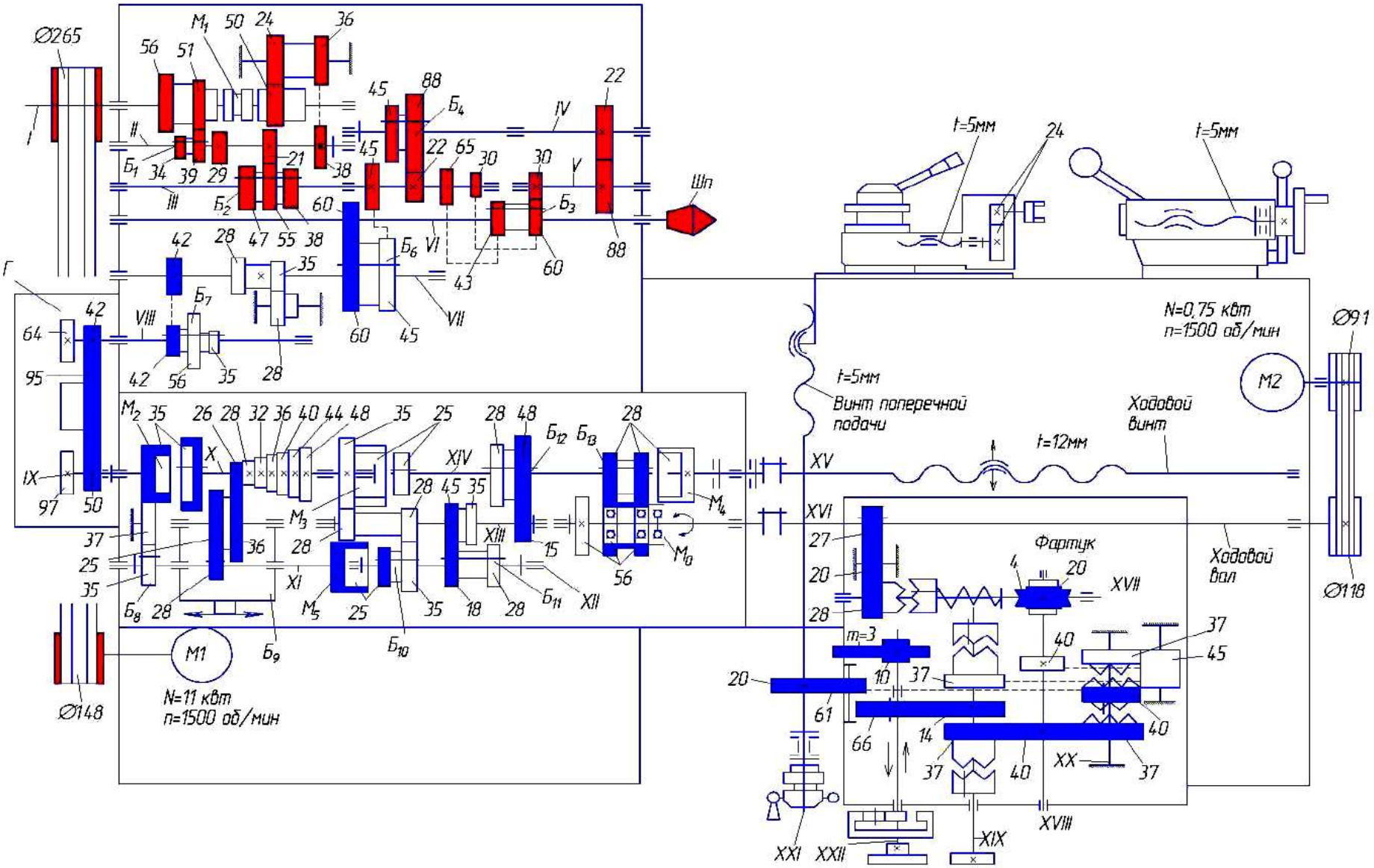


Рис. 9. Кинематическая схема станка

шпиндель) – 60($Б_6$).*Включение главного движения* осуществляется нажатием черной кнопки 28 (рис. 8). Правое вращение шпинделя включается наклоном до упора рукоятки 33 (рис. 8)вправо.

Левое вращение (реверс) включается поворотом этой же рукоятки против часовой стрелки до упора. Вертикальное положение рукоятки – останов шпинделя. Рукоятки *3* и *6* расположенные на корпусе шпиндельной бабки (рис. 8) служат для настойки главного движения на заданную частоту вращения шпинделя. Выключение главного движения осуществляется нажатием красной кнопки *28* (рис. 8). Положения рукояток, соответствующие той или иной частоте вращения шпинделя показаны в таблице, расположенной на корпусе шпиндельной бабки.

ВНИМАНИЕ!!! Переключение скоростей главного движения только при остановленном шпинделе, рукоятка *33* (рис. 8) находится в нейтральном положении).

Движение резьбонарезания в станке – это перемещение резца вдоль оси заготовки или в направлении перпендикулярном к оси заготовки (архимедова спираль). Кинематическая резьбонарезная цепь включает в себя звено увеличения шага (блок $Б_6$) для нарезания резьб с крупным шагом, механизм реверса (блок $Б_7$) для нарезания правых и левых резьб, гитару Г, коробку подач, ходовой винт, маточную гайку. Принцип передачи движения в коробке скоростей был рассмотрен выше. Тройной блок $Б_7$позволяет предавать вращение с передаточным отношением 0,5 (колеса 28 – 56) либо с отношением 1 (колеса 42–42). При помощи этого блока можно осуществить реверс движения (колеса 35–28–35). Гитара сменных колес позволяет настраиваться на тип резьбы и шаг при нарезании точных резьб. При данном резьбонарезании выходной вал гитары *IX* соединяется с ходовым винтом *XV* напрямую при включенных муфтах $М_2$, $М_3$ и $М_4$, расположенных в коробке подач. Шаг резьбы настраивается сменными колесами гитары, которые входят в комплект станка или поставляются по особому заказу.

Коробка подач. При помощи коробки подач настраиваются на шаг резьбы и ее тип. Метрическая резьба (кинематическая цепь рис. 10). При нарезании метрической резьбы устанавливаются колеса гитары 42–50. Включается муфта $М_2$, далее с вала *X* на вал *XI* через конус шестерен 26–48, колеса 36–25–28, включенную муфту $М_5$, на вал *XII*. С вала *XII* на вал *XIV* через блоки $Б_ц$ и $Б_{12}$ и при включенной муфте $М_4$ на ходовой винт с шагом t = 12 мм.

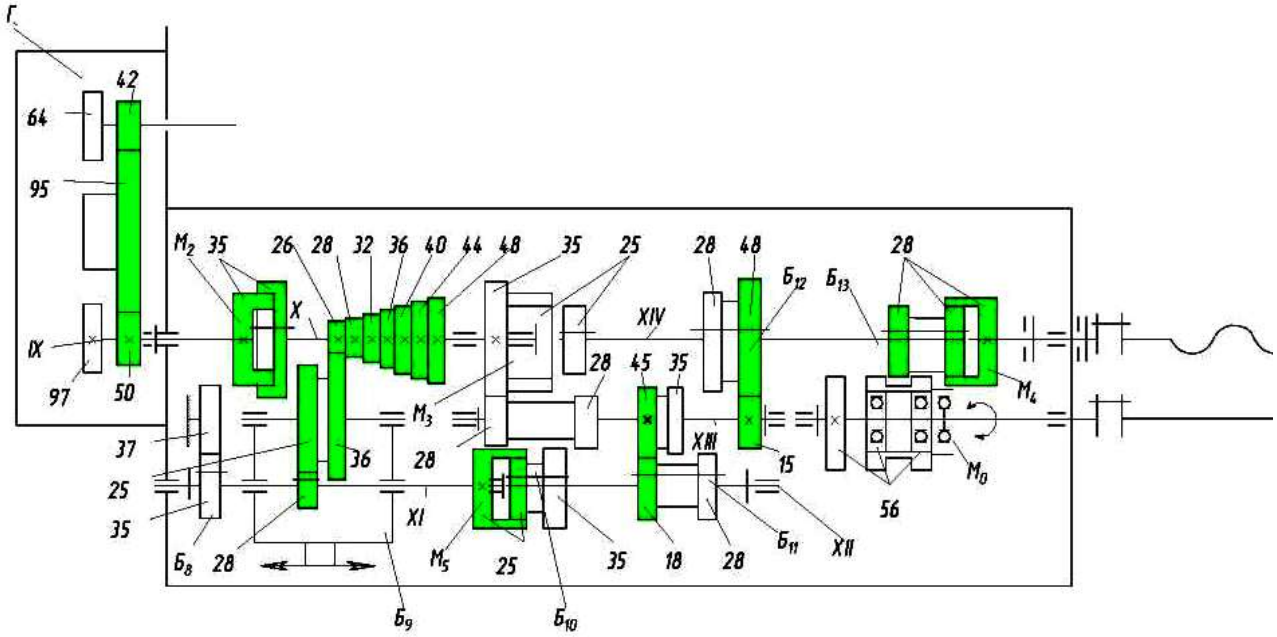


Рис. 10. Настройка для метрической резьбы

Дюймовая резьба (кинематическая цепь рис. 11) При нарезании дюймовой резьбы устанавливаются колеса гитары 42–50. Далее с вала *IX* при выключенной муфте M_2 движение передается на вал *XI* черезколеса 35–37–35, далее через колеса 28–25–36 накидного механизма конуса шестерен, конус шестерен 26–48. Далее при выключенной муфте M_3 с вала *X* на вал *XII* через колеса 35–28–28–35. Далее, с вала *XII* на вал *XIV* через блоки $Б_ц$ и $Б_{12}$ и при включенной муфте M_4 на ходовой винт с шагом t = 12 мм.

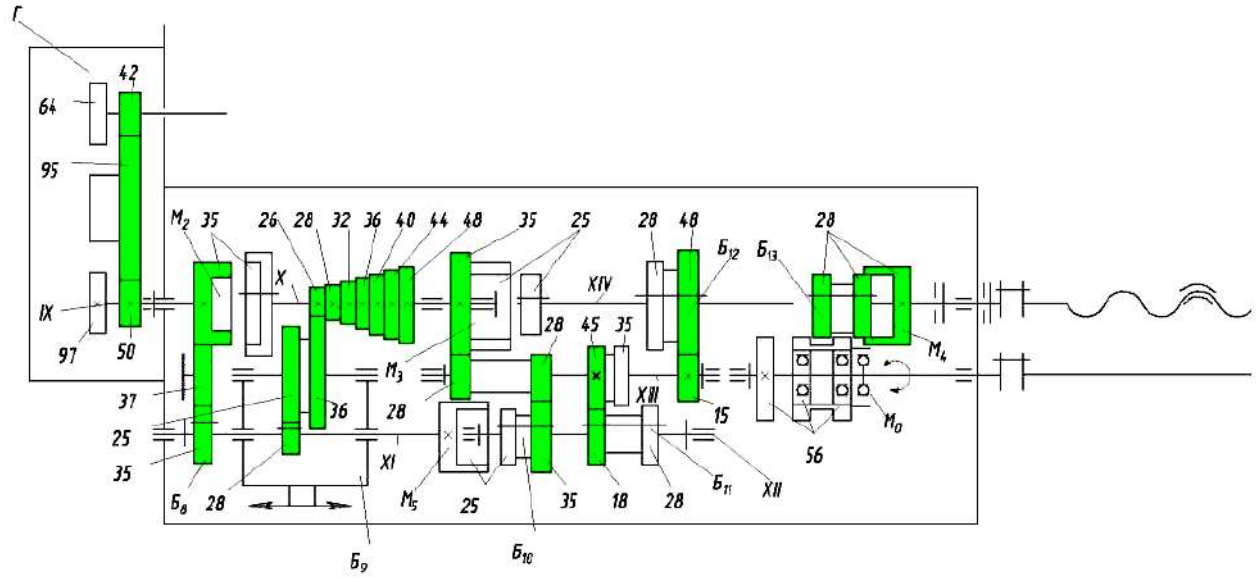


Рис. 11. Настройка для дюймовой резьбы

Модульная и питчевая резьбы нарезаются при настройке коробки подач соответственно метрической и дюймовой резьб, а колеса гитары настраиваются 64–97 (рисунки 12 и 13 соответственно).

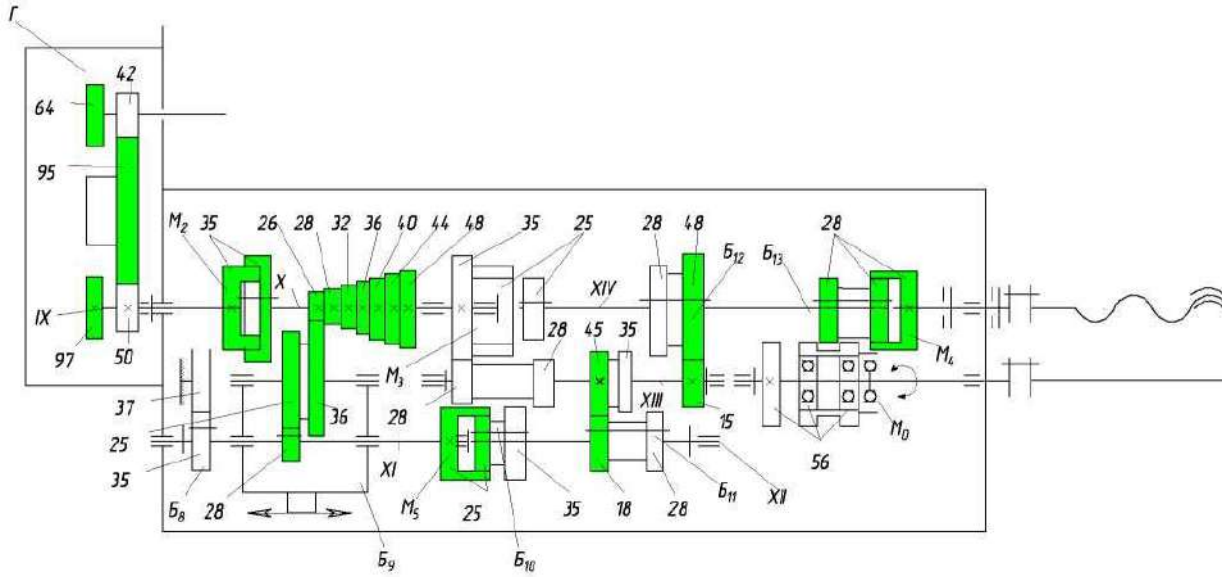


Рис. 12. Настройка для модульной резьбы

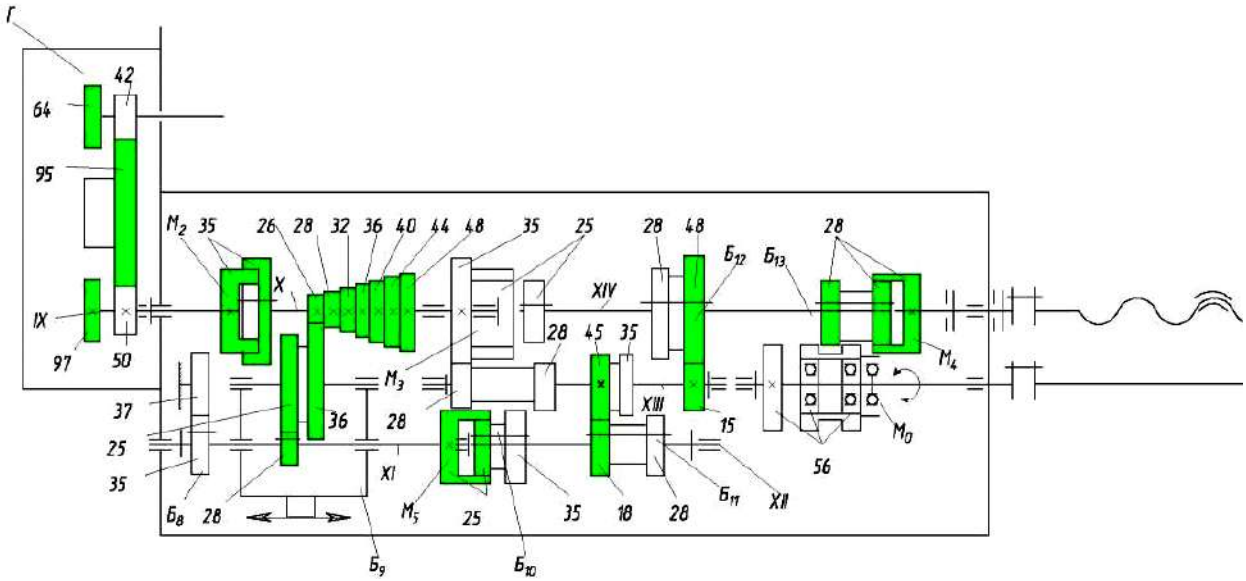


Рис. 13. Настройка для питчевой резьбы

Точные резьбы нарезаются по кинематической цепи, исключающей зубчатые передачи коробки подач, только через муфты (рис. 14). Настройка на требуемый шаг осуществляется гитарой сменных колес.

При установленных заготовке и резце нарезание резьбы осуществляется в следующей последовательности:

– в гитару устанавливаются соответствующие, нарезаемой резьбы колеса;

– рукоятка *2* (рис. 8) устанавливается в положение, соответствующее выбранному типу резьбы;

– рукояткой *1* выбирается необходимый шаг.

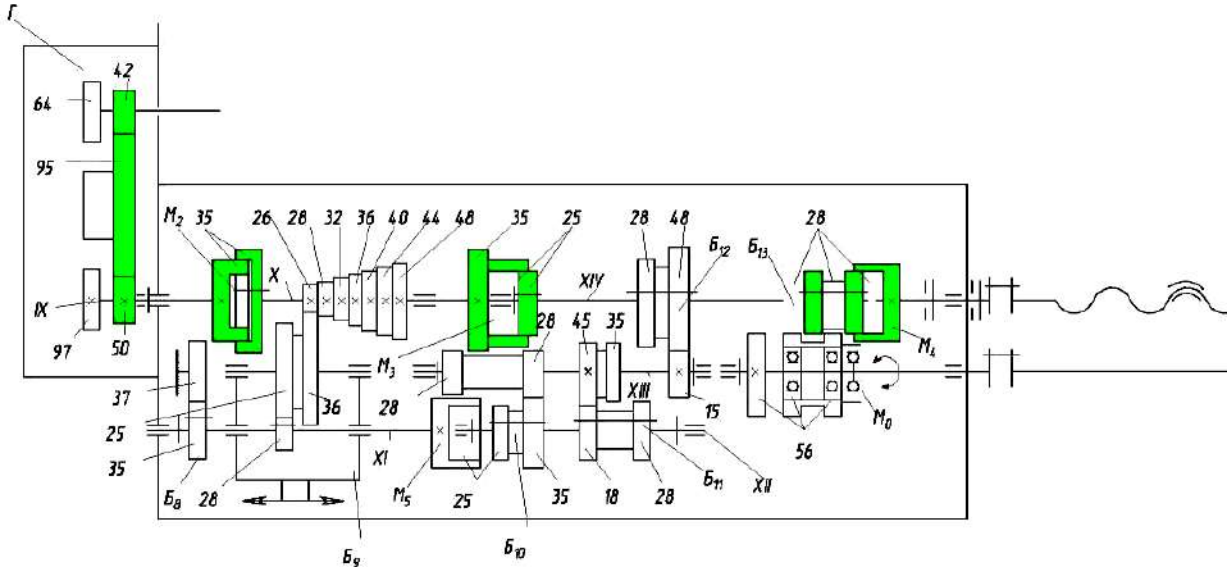


Рис. 14. Настройка для точных резьб

ВНИМАНИЕ!!! Вытягивать и вставлять внутренний барабан можно только при фиксированном положении барабана (раздается щелчок) наружного барабана.

– в соответствии с выбранным шагом устанавливают рукоятки 4, 5, 6;

– включают вращение шпинделя;

– включают маточную гайку поворотом рукоятки 27 (рис. 8) вниз до упора.

Ход выполнения работы:

– ознакомиться с описанием лабораторной работы;

– визуально на станке определить основные узлы и органы управления, упоминающиеся в описании;

– включить станок.

ВНИМАНИЕ!!! Включать станок в работу только в присутствие преподавателя.

– осуществить переключения в цепи главного движения и движения резьбонарезания для различных резьб и способов нарезания (по правилам, указанным выше);

– выключить станок;

– составить отчет.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Описание назначения и области применения станка.
2. Рисунок общего вида с указанием основных узлов и элементов управления станком.
3. Кинематическую схему станка с выделением кинематических цепей главного движения и всех видов резьб различным цветом.
4. Расчет настроек станка для всех видов резьб.

Примечание: рисунки общего вида и кинематической схемы допускаются в виде ксерокопий.

Контрольные вопросы

1. Назначение, область применения и основные технические характеристики станка.
2. Назовите органы управления станком.
3. Назовите основные узлы станка.
4. Назовите типы резьб нарезаемые на станке и зависимости для определения их шагов.
5. Покажите по кинематической схеме кинематическую цепь, используемую при нарезании дюймовой и питчевой резьб.
6. Покажите по кинематической схеме кинематическую цепь, используемую при нарезании метрической и модульной резьб.
7. Покажите по кинематической схеме кинематическую цепь, используемую при нарезании точных резьб.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5
РАСЧЕТ НАСТРОЙКИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ

Задание. Рассчитать передаточное число $i_г$ и числа зубьев гитары сменных колес *a, b, c, d* и числа зубьев колес механизма Нортона для нарезания метрической и дюймовой резьбы на токарно-винторезном станке. Для гитары выполнить проверку по условию сцепляемости.

Исходные данные:

$P_{мр}$ − шаг метрической резьбы; мм; $P_{хв}$ − шаг ходового винта, мм; n − число ниток на дюйм для дюймовой резьбы; C − постоянная кинематической цепи; $K_{нр}$ – число заходов нарезаемой резьбы. Исходные данные приведены в табл.10. Число заходов нарезаемой резьбы для всех вариантов принимается равным 1.

Теоретические сведения. Одной из функций токарно-винторезного станка является нарезание резьбы резцом. Кинематическая цепь, служащая для настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом, является внутренней цепью и связывает вращение шпинделя и перемещение суппорта. Для нарезания резьбы нужно, чтобы при повороте шпинделя на один оборот суппорт с резцедержателем переместились на ход резьбы, равный $P_{мр} \cdot K_{нр}$. Ходовой винт, сообщающий резцу прямолинейное движение через разъемную гайку, получает вращение от шпинделя через гитару сменных колес (рис. 15) или механизм Нортона (рис. 16).

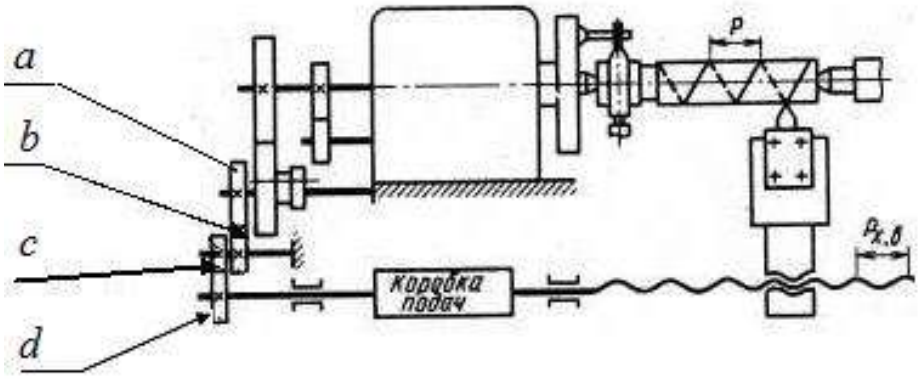


Рис. 15. Резьбонарезная цепь токарно-винторезного станка:
a, b, c, d − числа зубьев колес гитары

Расчет гитары сменных колес для нарезания метрической резьбы производится по формуле

$$1\text{об. шп} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times C_{\text{кц}} \times P_{\text{хв}} = P_{\text{нр}}.$$

Расчет гитары сменных колес для нарезания дюймовой резьбы производится по формуле

$$1\text{об. шп} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times C_{\text{кц}} \times P_{\text{хв}} = P_{\text{нр}} = \frac{25}{n}.$$

Шестиступенчатый механизм Нортона служит для настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом.

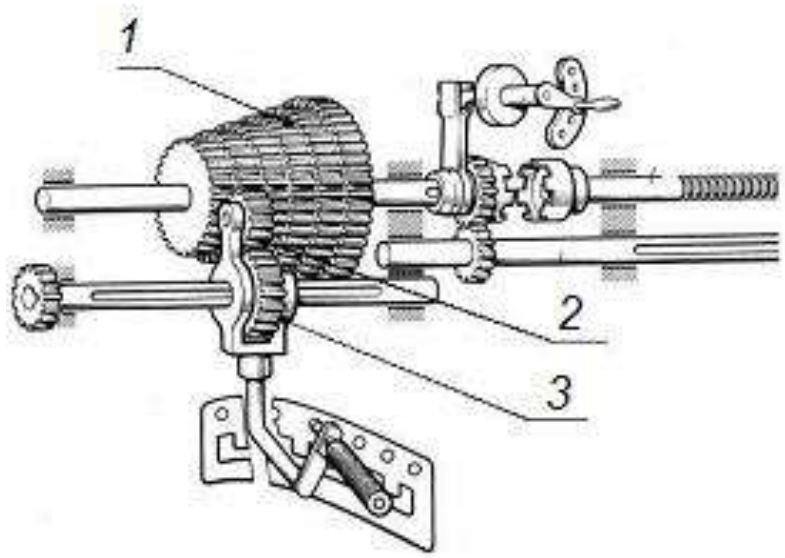


Рис. 16. Механизм Нортона:
1− блок зубчатых колес; *2* – паразитное колесо; *3* – передвижное колесо

Он состоит из конусного блока зубчатых колес *1*, которые могут последовательно входить в зацепление с передвижным колесом *3* через паразитное колесо *2* и множительного механизма, служащего для увеличения диапазона шагов нарезаемой резьбы. При настройке механизма Нортона на нарезание метрической и модульной резьбы ведущим является конусный блок колес, на нарезание дюймовой резьбы – подвижное колесо.

Для расчета параметров настройки механизма Нортона следует определить номер ступени механизма Нортона, передаточное число множительных передач, ведомое и ведущее звенья механизма Нортона (табл. 9).

Таблица 9

Данные к расчету механизма Нортона

Номер ступени	Передаточное отношение множительных передач								
	метрическая резьба			модульная резьба			дюймовая резьба		
	1 : 2	1 : 1	2 : 1	1 : 2	1 : 1	2 : 1	1 : 2	1 : 1	2 : 1
1	1	2	4	1	2	4	16	8	4
2	–	–	4,5	–	2,25	4.5	18	9	–
3	1,25	2,5	5	1,25	2,5	5	20	10	5
4	–	–	5,5	–	2,75	5,5	–	11	–
5	1,5	3	6	1,5	3	6	24	12	6
6	1,75	3,5	7	1,75	3,5	7	28	14	7

Значения шагов по вертикали можно получить переключением механизма Нортона, а по горизонтали – переключением множительного механизма. Механизм Нортона можно рассчитать по любому столбцу табл. 9 в том случае, если задана постоянная кинематической цепи C по формуле

$$Z = C \cdot K_{нр} \cdot P_{нр}.$$

Пример при $C = 8$ по третьему столбцу для метрической резьбы:

$Z_1 = 8 \cdot 1 \cdot 4 = 32$; $Z_2 = 8 \cdot 1 \cdot 4{,}5 = 36$;
$Z_3 = 8 \cdot 1 \cdot 5 = 40$; $Z_4 = 8 \cdot 1 \cdot 5{,}5 = 44$;
$Z_5 = 8 \cdot 1 \cdot 6 = 48$; $Z_6 = 8 \cdot 1 \cdot 5{,}5 = 56$.

Число зубьев подвижного колеса принимается равным числу зубьев первого колеса конического блока колес.

Шаги нарезаемой резьбы:

1) для модульной резьбы $P_{нр} = m \cdot \pi$;

2) для дюймовой резьбы $P_{нр} = 1 / n \cdot K_{нр}$.

Таблица 10

Исходные данные для расчета настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом

Вариант	$P_{нр}$	$P_{хв}$	C	n
1	1	4	6	4
2	2	2	8	5
3	3	5	10	6
4	4	6	12	7
5	5	8	14	8
6	1,5	2	16	9
7	2,5	5	20	10
8	3.5	4	26	11
9	4,5	6	30	12
10	5,5	8	34	14
11	6	4	36	16
12	7	5	40	18
13	1,25	4	6	20
14	1,75	6	8	6
15	2,25	8	10	7
16	2,75	4	12	8
17	1,5	2	14	9
18	1,25	2	16	10
19	1	5	20	11
20	2	6	26	12
21	3	8	30	14
22	3,5	4	34	16
23	4,5	2	36	18
24	6	6	40	20

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6
РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ И ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ ГИТАРЫ СМЕННЫХ КОЛЕС

Задание. Для заданных в виде десятичной дроби передаточных отношений рассчитать числа зубьев двухпарной гитары сменных колес методом подбора, методом непрерывных дробей и методом Кнаппе. Определить относительную погрешность расчетного передаточного отношения.

Исходные данные:

i_1 – передаточное отношение для расчета методом подбора, i_2 – для расчета методом непрерывных дробей, i_3 – для расчета методом Кнаппе. Исходные данные приведены в табл. 11.

Теоретические сведения. Наборы сменных зубчатых колес, прилагаемые к металлорежущим станкам, содержат колеса с различными числами зубьев, в том числе колеса с простыми числами зубьев и колеса с числами зубьев, кратными простым.

Число зубьев сменных колес гитары равняется 20, 23, 24, 25, 30, 34, 40, 41, 43, 45, 47, 50, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 74, 79, 80, 83, 85, 89, 92, 95, 97, 98, 100.

При подборе сменных зубчатых колес полученное передаточное отношение гитары сменных колес преобразуется таким образом, чтобы числитель и знаменатель дроби представляли собой числа, соответствующие набору чисел зубьев сменных колес гитары. Используют три метода подбора чисел зубьев сменных колес: метод непосредственного подбора, метод непрерывных дробей, метод Кнаппе.

1) Метод непосредственного подбора чисел зубьев.

Передаточное отношение представляет собой дробь, числитель и знаменатель которой есть целые числа. В этом случае числитель и знаменатель раскладываются на множители и полученные множители заменяются кратными им числами зубьев. Пример для $i = 48 : 75$:

$$\frac{48}{75} = \frac{24 \cdot 2}{15 \cdot 5}.$$

Введем дополнительные множители:

$$\frac{48}{75} = \frac{24 \cdot 2 \cdot 30}{15 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 10} = \frac{24 \cdot 46}{45 \cdot 40}.$$

Таким образом, получаем следующие числа зубьев гитары сменных колес: $a = 24$; $b = 60$; $c = 45$; $d = 50$.

Таблица 11

Исходные данные для расчета чисел зубьев сменных колес методом подбора, непрерывных дробей и методом Кнаппе

Вариант	i_1	i_2	i_3
1	45 : 36	47 : 37	211 : 435
2	36 : 45	37 : 47	125 :633
3	24 : 48	23 : 51	127 : 525
4	25 : 54	29 : 53	231 : 459
5	20 : 44	19 : 47	321 : 787
6	18 : 28	19 : 29	121 : 239
7	56 : 80	57 : 83	239 : 891
8	58 : 60	51 : 61	159 : 677
9	60 : 58	61 : 59	143 : 581
10	68 : 100	67 : 101	137 : 435
11	75 : 55	73 : 59	155 : 837
12	54 : 62	51 : 67	211 : 493
13	24 : 52	23 : 57	115 :633
14	24 : 44	17 : 37	127 : 523
15	25 : 54	11 : 17	241 : 459
16	20 : 48	11 : 19	321 : 789
17	18 : 28	19 : 87	121 : 233
18	56 : 82	37 : 79	239 : 891
19	58 : 64	59 : 111	159 : 677
20	38 : 48	37 : 93	143 : 571
21	22 : 46	13 : 29	137 : 435
22	46 : 80	59 : 87	157 : 837
23	42 : 50	17 : 51	163 : 459
24	16 : 28	19 : 107	187 : 671

2) Метод непрерывных дробей.

Применяется в том случае, если непосредственный подбор невозможен. Метод непрерывных дробей заключается в последова-

тельном разложении заданного простой дробью передаточного отношения и последовательного отбрасывания второго слагаемого знаменателя.

Пример для $i = 37 : 47$.

$$\frac{37}{47} = \frac{1}{1+\frac{10}{37}} = \frac{1}{1+\frac{1}{3+\frac{7}{10}}} = \frac{1}{1+\frac{1}{3+\frac{1}{1+\frac{3}{7}}}} = \frac{1}{1+\frac{1}{3+\frac{1}{1+\frac{1}{2+\frac{1}{3}}}}}.$$

Отбрасывая последовательно второе слагаемое, в знаменателе можно получить ряд дробей, близких к передаточному отношению. Чем меньше отброшено слагаемых, тем меньше погрешность передаточного отношения. Отбросив $\frac{1}{3}$, получим дробь $\frac{11}{14}$, отбросив $\frac{1}{2+\frac{1}{3}}$, получим дробь $\frac{4}{5}$ и т. д.

Полученная дробь позволяет подобрать сменные колеса из набора способом непосредственного подбора.

3) ***Метод Кнаппе***.

Дробь, выражающая передаточное отношение, превращается в произведение двух дробей, из которых первая – близкая к заданной, с небольшими числами в числителе и знаменателе, а вторая – близкая к единице. Тогда вторую дробь можно изменять, прибавляя или вычитая из числителя и знаменателя одинаковые числа до тех пор, пока числитель и знаменатель не будут разлагаться на первоначальные множители. Пример для передаточного отношения 211 : 635:

$$\frac{211}{635} = \frac{1 \cdot 633}{3 \cdot 635} = \frac{1 \cdot 630}{3 \cdot 632} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 79} = \frac{3 \cdot 35}{4 \cdot 79}.$$

Метод непрерывных дробей и метод Кнаппе являются приближенными методами подбора чисел зубьев сменных колес. Погрешность подбора можно оценить по фактическому $I_{\text{Факт}}$и расчетному $I_{\text{расч}}$ передаточным отношениям по формуле

$$\delta = |(I_{\text{Факт}} - I_{\text{расч}}) / I_{\text{Факт}}| \cdot 100\% \le [\delta] = 0{,}1\ \%\ ,$$

где $[\delta]$ – допускаемая погрешность передаточного отношения.

Подобранные числа зубьев сменных зубчатых колес должны удовлетворять условию зацепляемости:

$$a + b \ge c + (15 \ldots 20);\ \ c + d \ge b + (15 \ldots 20).$$

Если условие зацепляемости не выполняется, производится повторный расчет чисел зубьев сменных колес.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕЗЬБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА НА ФРЕЗЕРОВАНИЕ РЕЗЬБЫ ДИСКОВОЙ ФРЕЗОЙ

Теоретические сведения. Резьбофрезерные станки предназначены для обработки наружной резьбы различных видов и параметров. Фрезерование резьбы ведется дисковыми и групповыми фрезами (рис. 17). Резьбофрезерная кинематическая цепь резьбофрезерных станков обеспечивает согласованное вращение заготовки и продольное перемещение дисковой фрезы.

а *б*

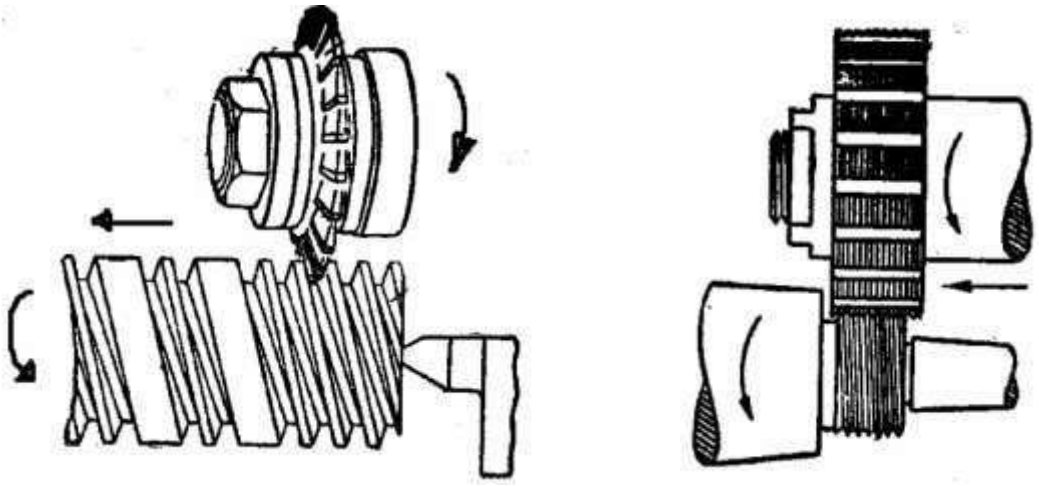


Рис. 17. Обработка резьбы на резьбофрезерных станках:
а – фрезерование дисковой фрезой; *б* – фрезерование групповой фрезой

При групповом фрезеровании резьбофрезерная цепь обеспечивает согласованное вращение фрезы и вращение заготовки.

По кинематической схеме резьбофрезерного станка нужно составить уравнения кинематического баланса и формулы его настройки на нарезание:

- резьбы метрической со стандартным шагом;
- резьбы метрической с нестандартным шагом.

Кинематическая схема резьбофрезерного станка приведена на рис. 18.

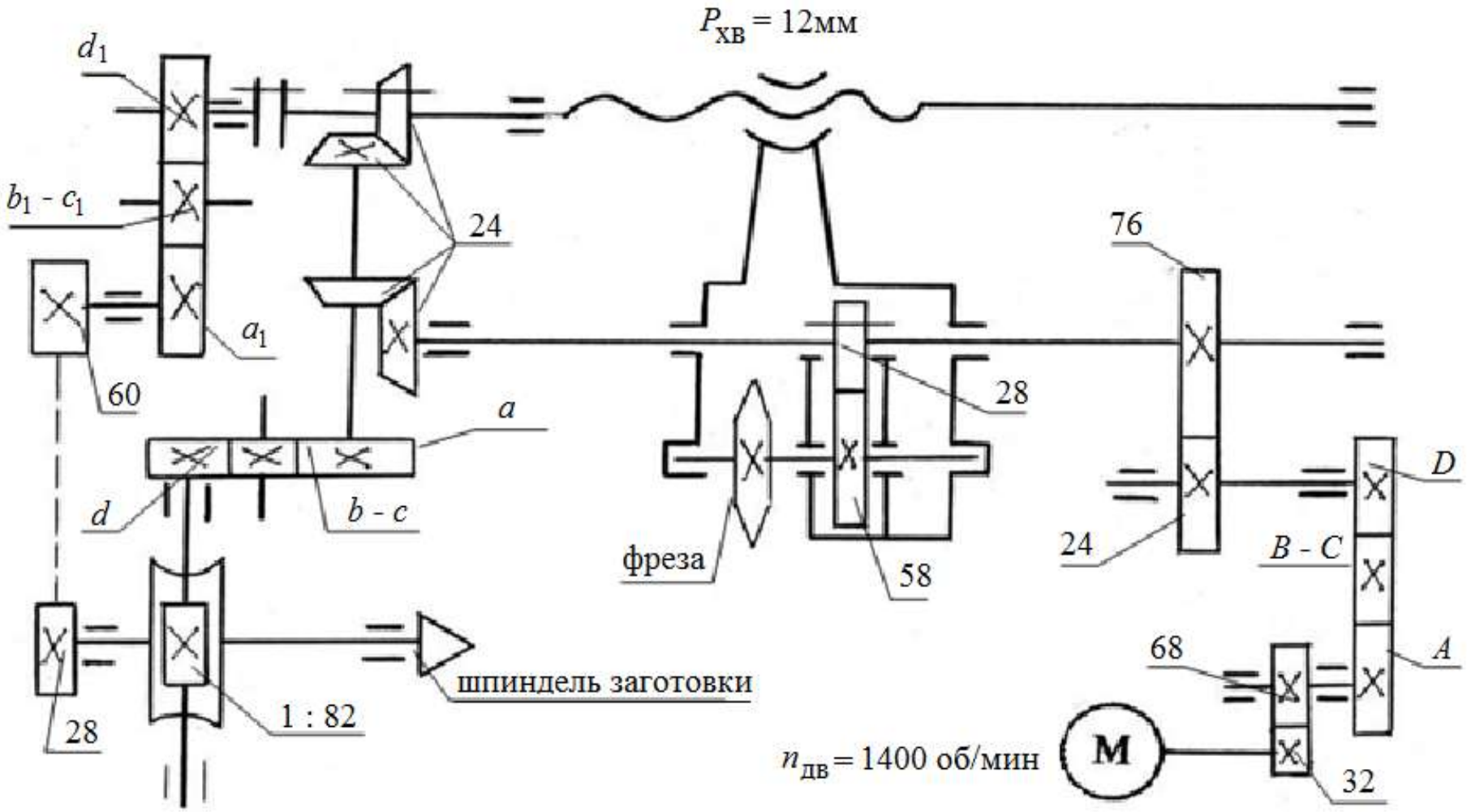


Рис. 18. Кинематическая схема резьбофрезерного станка:
A, B, C, D – сменные колеса гитары главного движения; *a, b, c, d* – сменные колеса гитары круговой подачи заготовки; a_1, b_1, c_1, d_1 – сменные колеса гитары продольной подачи суппорта.

Основные кинематические цепи резьбофрезерного станка

1. Кинематическая цепь главного движения, которая служит для передачи движения от электродвигателя через коробку скоростей на фрезу:

$$n_{дв} \cdot \ldots = n_{фр},$$

где $n_{фр}$ – число оборотов фрезы, об/мин.

2.Кинематическая цепь круговой подачи заготовки $S_{кр.}$, которая служит для передачи движения от фрезы к заготовке через механизм конического реверса, коробку подач или гитару сменных колес. Последняя используется при настройке станка на нарезание резьбы со стандартным шагом:

$$1 \text{ об/фр} \cdot \ldots = S_{кр.},$$

где $S_{кр}$– круговая подача заготовки, мм/об.

3.Кинематическая цепь продольной подачи фрезерного суппорта $S_{пр}$ при нарезании резьбы с нестандартным шагом, которая служит для передачи движения от заготовки через двупарную гитару сменных зубчатых колес a_1: d_1 на ходовой винт подачи фрезерного суппорта:

$$1 \text{ об/заг} \cdot \ldots \cdot P_{хв} = S_{пр} = t_{нр},$$

где $P_{хв}$ – шаг ходового винта продольной подачи фрезерного суппорта, мм; $t_{нр}$ − шаг нарезаемой резьбы, мм; $S_{пр}$– продольная подача фрезерного суппорта, мм.

Задание. Рассчитать параметры настройки резьбофрезерного станка на фрезерование резьбы со стандартным шагом (передаточное число гитары главного движения A :D, гитары подач a : d и нестандартным шагом (передаточное число гитары резьбонарезной цепи a_1: d_1).

Исходные данные:

$S_{кр}$ − величина круговой подачи заготовки, мм/об; $t_{нр.ст}$ − стандартный шаг резьбы, мм; $t_{нр.нст}$– нестандартный шаг резьбы, мм; $n_{фр}$ − число оборотов фрезы, об/мин. Исходные данные приведены в табл. 12.

Таблица 12

Исходные данные для расчета параметров настройки резьбофрезерного станка

Вариант	$t_{нр.ст.}$, мм	$t_{нр.нст.}$, мм	$S_{кр}$, об/мин	$n_{фр}$, об/мин
1	1,5	3,4	0,5	55
2	2	2,6	0,6	80
3	2,5	3,6	0,8	115
4	3	2,8	0,9	165
5	3,5	4,7	1	240
6	4	4,8	1,2	55
7	4,5	3,9	1,4	80
8	5	5,1	1,5	115
9	6	5,3	1,6	165
10	8	5,6	1,7	240
11	10	6,3	1,8	55
12	1,5	6,7	1,9	80
13	2	6,8	2,0	115
14	2,5	8,1	1,2	165
15	3	8,2	1,4	240
16	3,5	8,4	1,5	55
17	4	8,6	1,6	80
18	4,5	4,8	1,7	115
19	5	5,9	1,8	165
20	6	6,9	1,9	240
21	8	7,2	2,0	80
22	10	8,3	1,8	115
23	8	2,7	2,1	55
24	6	4,3	1,7	165

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8
РАСЧЕТ КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА

Задание. Определить частоту вращения кривошипа однокулисного привода поперечно-строгального станка.

Исходные данные:

$V_р$ − горизонтальная скорость ползуна, м/мин; $О_1П_1$ − радиус кривошипа, мм; *a, b* − размеры кулисного привода, мм.

Исходные данные приведены в табл. 13.

Теоретические сведения. В поперечно-строгальных станках применяется вариант кулисного механизма, представленный на рис. 19.

Механизм качающейся кулисы ОВ (рис. 19.) имеет кривошипный диск (кулисное колесо $Z = 107$), снабжённый пальцем П, который можно перемещать в радиальном направлении по торцу колеса для изменения длины хода ползуна *l*. То есть изменение длины кривошипа $О_1П_1$ приводит к пропорциональному изменению величины *l*. На пальце П свободно сидит кулисный камень $К_К$. При вращении кривошипного диска камень $К_К$ перемещается вдоль прорези кулисы ОВ, которая качается на неподвижной оси О. Верхним концом кулиса шарнирно соединена с ползуном. Совершая качательное движение, кулиса ОВ сообщает ползуну возвратно-поступательное движение. Это движение передаётся ползуну через гайку на винте; вращением винта можно изменять зону строгания.

Механизм качающейся кулисы сообщает ползуну движение вперёд (рабочий ход $V_Р$) и более быстрое движение в обратном направлении (холостой ход $V_х$). Палец П, равномерно вращаясь, описывает при рабочем ходе ползуна дугу, соответствующую углу α, а при холостом ходе ползуна – дугу, соответствующую углу β, причём всегда α> β.

Как видно из диаграммы скоростей (рис. 20), ползун непрерывно изменяет свою скорость движения от нуля до максимума и вновь до нуля. Так как угол α больше угла β, а путь, пройденный ползуном вперёд и назад одинаков, то при равномерной скорости вращения кривошипа *V* значения мгновенных скоростей рабочего и холостого хода существенно различаются.

Следует отметить, что неравномерность рабочего хода ползуна приводит к снижению производительности обработки, переменности-

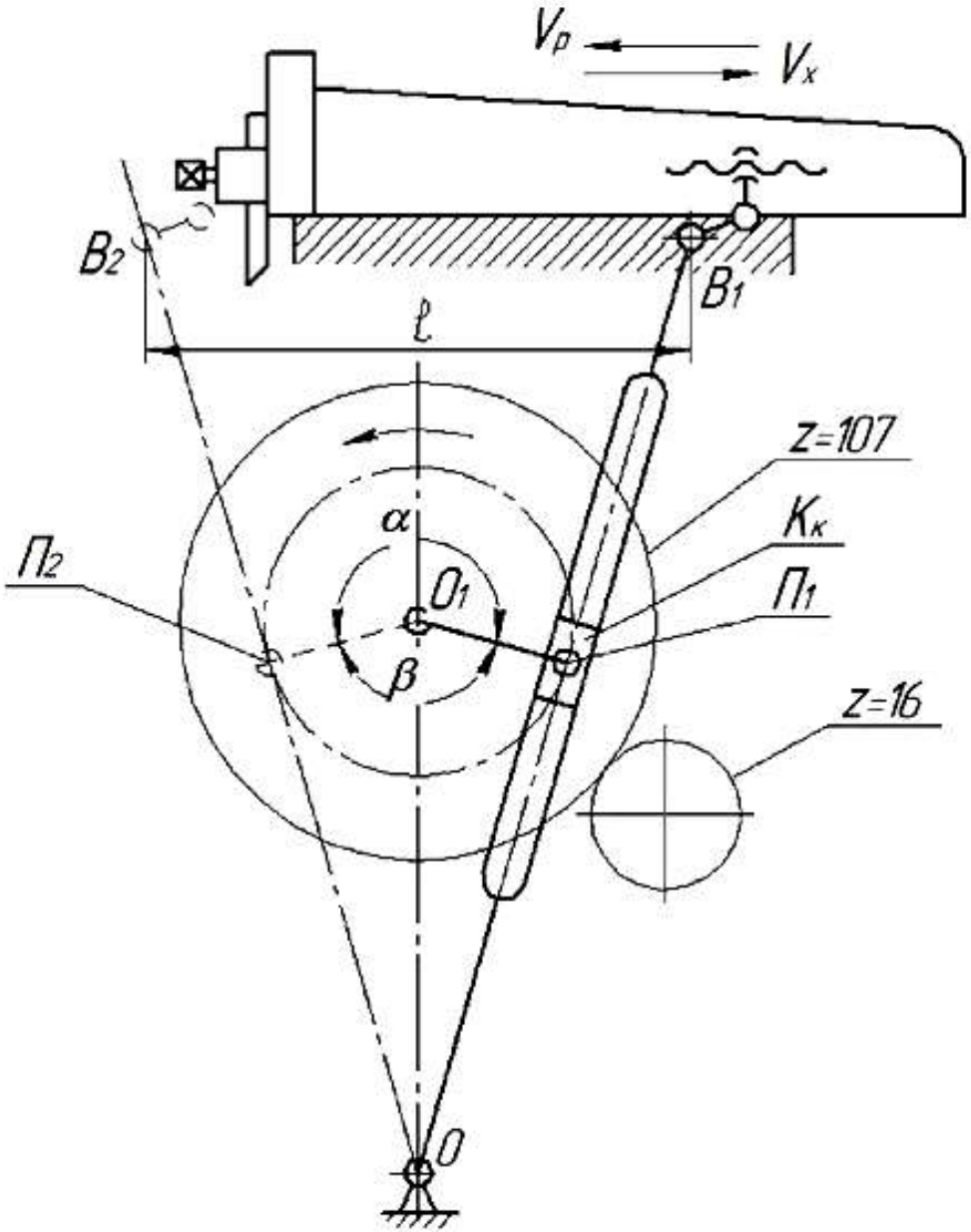


Рис. 19. Схема кривошипно-кулисного привода ползуна

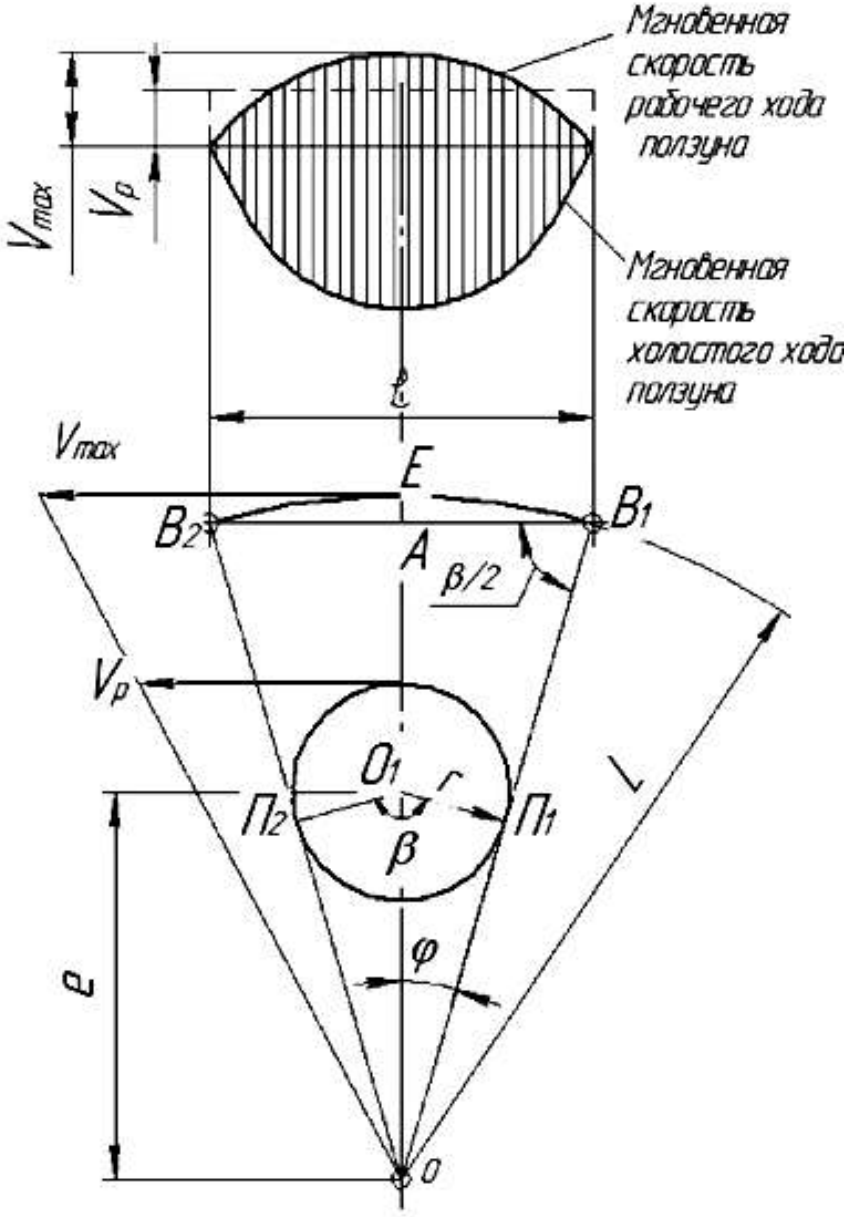


Рис. 20. Диаграмма скорости ползуна

сил резания, упругим отжатиями, как следствие, снижению точности обрабатываемой заготовки.

Принцип действия кулисного механизма известен из курса теории машин и механизмов.

Для определения частоты вращения кривошипа привода можно применить следующую методику:

1. Определить скорость шарнира $B(V_B)$ используя терему о проекциях скоростей 2-х точек твердого тела

$$V_B \cdot \cos\alpha = V_{\text{р}} \Rightarrow \quad V_B = \frac{V_{\text{р}}}{\cos\alpha},$$

где α найти из $\Delta O_1 П_1 O$, используя теорему косинусов и синусов.

2. Определить угловую скорость(ω_2) кулисы ОВ

$$\omega_2 = \frac{V_{\text{П}}}{\text{ОВ}}.$$

3. Определить линейную скорость кулисного камня К($V_{\text{К}}$).

$$V_{\text{К}} = \omega_2 \cdot \text{ОП}_1,$$

где ОП_1 –расстояние от кулисного камня до оси вращения камня, определяемое исходя из положения механизма согласно исходным данным.

4. Определить угловую скорость кривошипа (ω_1).

$$\omega_1 = \frac{V_{\text{П1}}}{\text{O}_1\text{П}_1}.$$

5. Для ответа на вопрос задачи представить угловую скорость кривошипа $O_1П_1$из рад/с в об/мин.

Для этого воспользоваться следующей формулой

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30},$$

где n – частота вращения кривошипа ОП.

Пример. Для кулисного механизма поперечно-строгального станка (рис. 21) длиной кривошипа$O_1П(R)$ = 0,1 м, a= 0,2 м и ОП= 0,4 м определить частоту вращения кривошипа ω_1 для заданного положения механизма, если β = 120°, скорость резца (ползуна) 50 м/мин.

1. Изобразим механизм в заданном положении (Рис. 21) согласно исходных данных (табл. 13) (в масштабе).

2. Определим величину ОП_1 используя теорему косинусов.

$$\text{ОП}_1 = \sqrt{R^2 + a^2 - 2aR\cos 60°} \quad \text{ОП}_1 = 0{,}113 \text{ м}.$$

3. По теореме синусов определим неизвестный угол α

$$\frac{R}{\sin\alpha} = \frac{\text{ОП}_1}{\sin\beta}$$

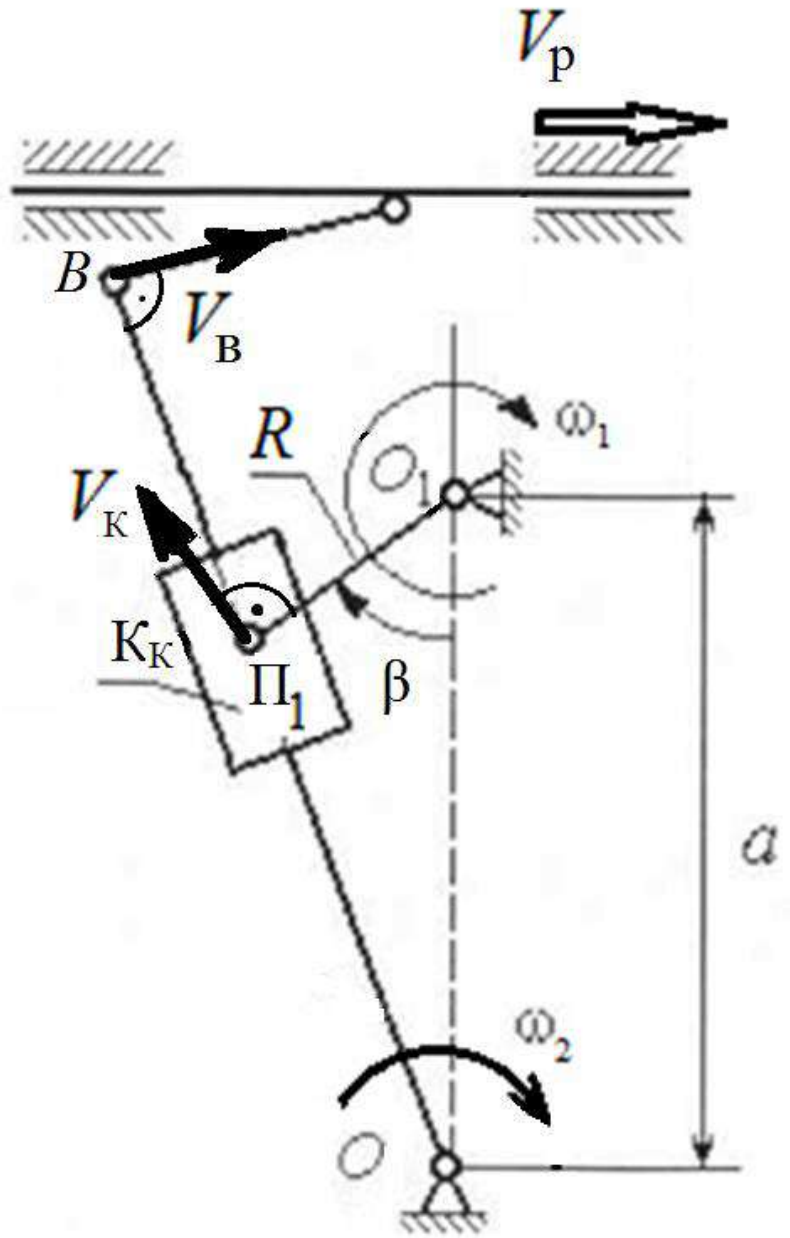


Рис. 21.Кулисныймеханизм поперечно-строгального станка

$$\sin\alpha = \frac{\sin\beta \cdot R}{OA_1} = \frac{\sin 60° \cdot 0{,}1}{0{,}113} = 0{,}501 \Rightarrow \alpha = \arcsin 0{,}501 = 30°.$$

4. Определим скорость шарнира *B* в м/с

$$V_B = \frac{V_р}{\cos\alpha} = \frac{0{,}83}{\cos 19{,}14°} = 0{,}96 \text{ м/с}.$$

5. Далее определим угловую скорость кулисы ОВ.

$$\omega_2 = \frac{V_р}{OB} = \frac{0{,}88}{0{,}4} = 2{,}4 \text{ м/с}.$$

6. Определим линейную скорость кулисного камня $К_К$

$$V_К = \omega_2 \cdot ОП_1 = 2{,}2 \cdot 0{,}264 = 0{,}42 \text{ м/с},$$

7. Определить угловую скорость кривошипа (ω_1) 1.

$$\omega_1 = \frac{V_К}{R} = \frac{0{,}42}{0{,}1} = 4{,}2 \text{ рад/с}.$$

8. Определим частоту вращения кривошипа n. Переводим рад/с в об/мин

$$\omega_1 = \frac{\pi n}{30} \Rightarrow n = \frac{30\omega_1}{\pi} = 40{,}1 \text{об/мин}$$

Ответ: частота вращения кривошипа n = 40,1 об/мин.

Таблица13

Размеры кулисного привода и скорость движения ползуна

Вариант	$V_р$, м/мин	$O_1П(R)$, мм	a, мм	ОВ, мм	β, град
1	50	150	200	400	120
2	50	100	150	200	150
3	50	90	150	200	135
4	10	80	150	200	140
5	10	60	120	180	90
6	10	200	150	300	120
7	20	180	180	300	150
8	20	160	100	240	135
9	20	300	150	200	140
10	20	200	120	240	90
11	40	100	100	300	120
12	40	90	150	200	150
13	40	60	150	200	135
14	50	100	180	360	140
15	50	90	150	300	90
16	50	80	150	200	120
17	10	150	180	260	150
18	10	150	150	200	135
19	10	200	120	200	140
20	20	190	100	200	90

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

Задача 1. На рис. 22 дана схема простейшей передачи вращения от электродвигателя к шпинделю токарного станка. На схеме указаны диаметры всех шкивов и число оборотов в минуту электродвигателя.

Подсчитать число оборотов шпинделя при всех четырех положениях ремня на ступенчатом шкиве.

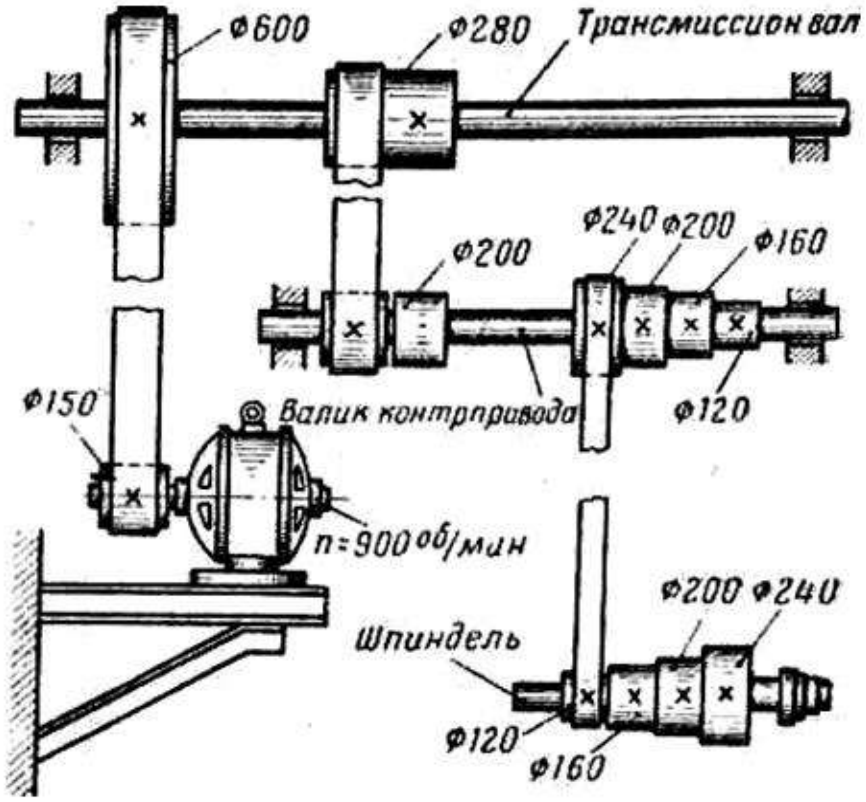


Рис. 22. Схема передачи вращения от электродвигателя к шпинделю токарного станка

Задача 2. На рис. 23 дана схема двойного перебора. При включении первого перебора передача идет через зубчатые колеса $z_4 - z_1 - z_3 - z_6$, а при включении второго перебора – через зубчатые колеса $z_5 - z_2 - z_3 - z_6$. Без перебора шпиндель имеет n_1 = 315 об/мин, n_2 = 210 об/мин, n_3 = 140 об/мин.

Определить:

1) числа оборотов шпинделя n_4, n_5, n_6 при включенном первом переборе;
2) числа оборотов шпинделя n_7, n_8, n_9 при включенном втором переборе.

Числа зубьев колес z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 и z_6 указаны на рис. 23.

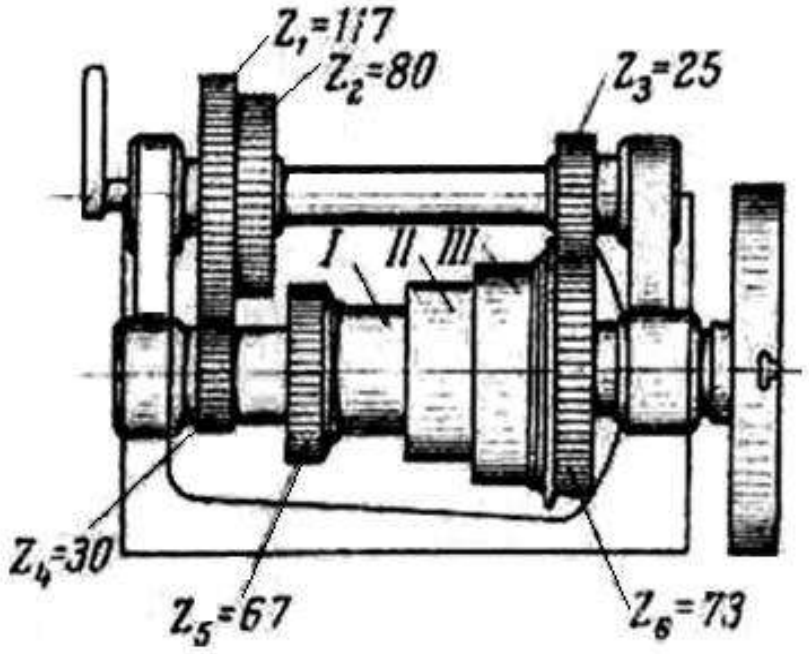


Рис. 23. Схема двойного перебора токарного станка

Задача 3. На рис. 24 дана схема тройного перебора, устройство которого позволяет сообщить шпинделю станка 15 различных скоростей:

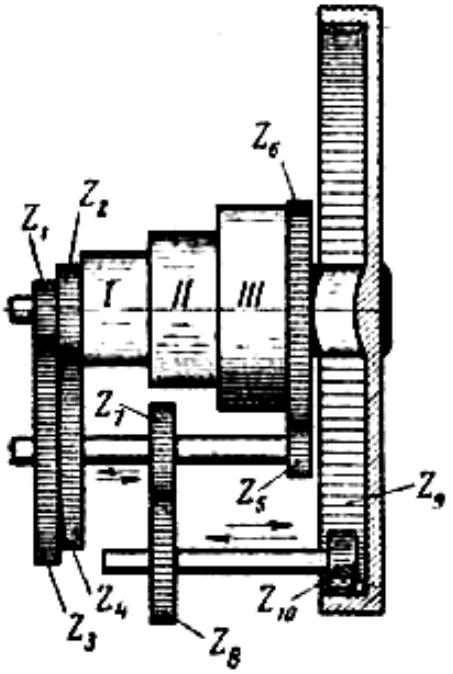


Рис. 24. Схема тройного перебора токарного станка

1) три скорости с выключенным перебором от ступенчатого шкива;
2) три скорости при включенных колесах $z_1 - z_3 - z_5 - z_6$;
3) три скорости при включенных колесах $z_2 - z_4 - z_5 - z_6$;
4) три скорости при включенных колесах $z_1 - z_3 - z_7 - z_8 - z_{10} - z_9$;
5) три скорости при включенных колесах $z_2 - z_4 - z_7 - z_8 - z_{10} - z_9$.

Подсчитать все получающиеся числа оборотов шпинделя, если дано:
1) $z_1 = 40$; $z_2 = 50$; $z_3 = 90$; $z_4 = 80$; $z_5 = 30$; $z_6 = 100$; $z_7 = 25$; $z_8 = 30$; $z_9 = 20$; $z_{10} = 100$;
2) число оборотов шпинделя при выключенном переборе:
$n_1 = 600$ об/мин, $n_2 = 320$ об/мин, $n_3 = 170$ об/мин.

Задача 4. На рис. 25 показан механизм с переключением скоростей при помощи кулачковой муфты *a*, перемещающейся по валику *I*, с которым она связана шпонкой. Колеса z_1 и z_2 вращаются на валике *I* свободно и получают вращение при сцеплении муфты *a* с муфтой *B* или же с муфтой *C*. Таким образом при перемещении муфты *a* влево вращение валика *I* передается валику *II* через колеса z_1 и z_3, а при перемещении муфты *a* вправо – через колеса z_2 и z_4.

Подобрать числа зубьев колес z_1, z_2, z_3 и z_4 так, чтобы при перемещении муфты *a* влево валик *II* вращался в три раза быстрее валика *I*, а при перемещении ее вправо – в два раза медленнее валика *I*.

Необходимо помнить, что сумма зубьев $z_1 + z_3$ должна равняться сумме зубьев $z_2 + z_4$.

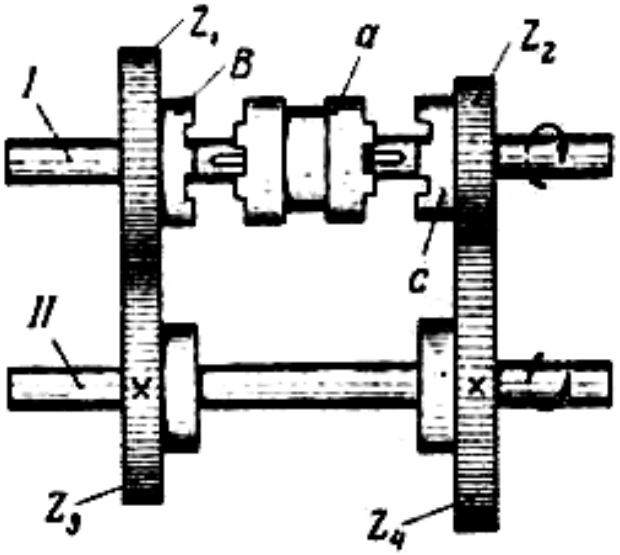


Рис. 25. Механизм переключения скоростей с помощью кулачковой муфты

Задача 5. На рис. 26 дана схема механизма для изменения (переключения) скоростей при помощи передвижной (скользящей) шпонки. На ведущем валике*I* заклинены колеса z_1, z_2, z_3 и z_4, сцепленные соответственно с колесами z_5, z_6, z_7 и z_8, которые сидят свободно на ведомом валике *II*. Каждое из последних четырех колес может быть соединено

с валиком *II* при помощи скользящей шпонки, перемещаемой рукояткой или маховиком.

Дано: $n_1 = 100$ об/мин, $z_1 = 51$, $z_2 = 43$, $z_3 = 32$, $z_4 = 22$, $z_5 = 25$, $z_6 = 33$, $z_7 = 44$, $z_8 = 54$.

Подсчитать числа оборотов ведомого валика *II* при всех четырех включениях скользящей шпонки.

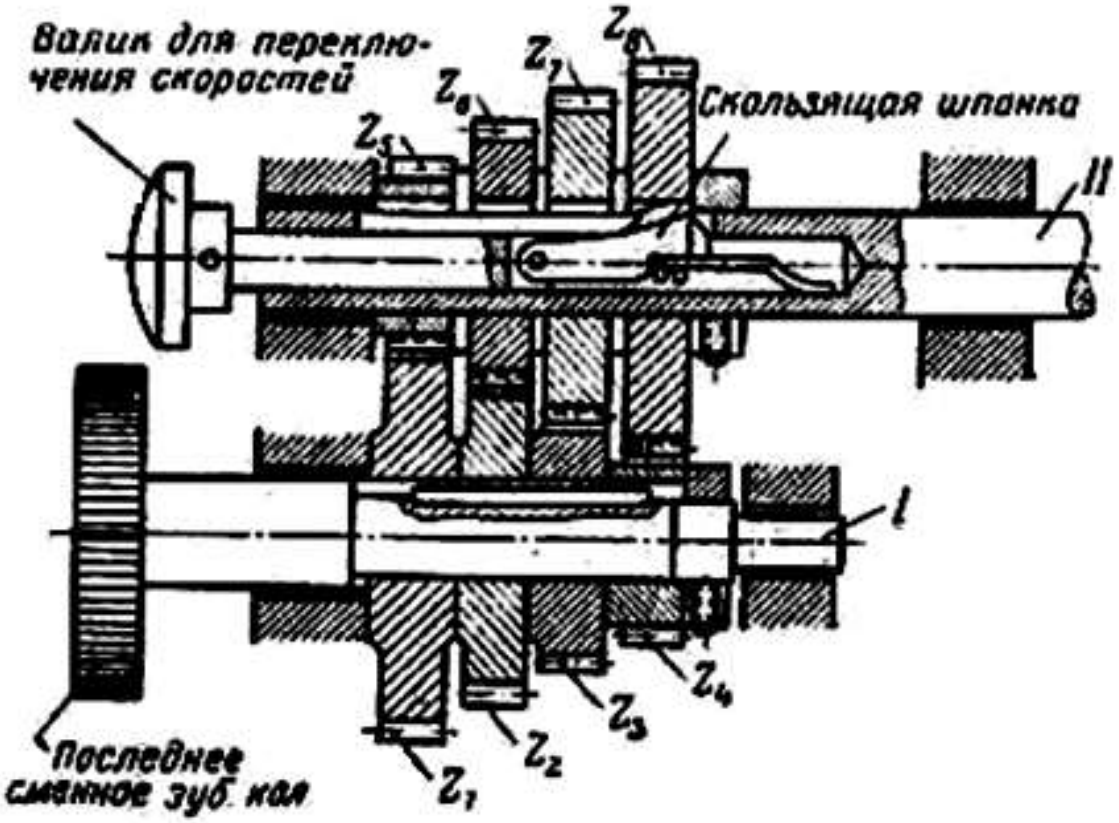


Рис. 26. Механизм переключения скоростей с помощью передвижной шпонки

Задача 6. На рис. 27, *а* дана схема сочетания двух механизмов – механизма с фрикционной муфтой и механизма с кулачковой муфтой. На рис. 27, *б* показан наружный вид этого механизма. Левая рукоятка служит для переключения фрикционной муфты *A*, а правая – для переключения кулачковой муфты *B*. При повороте рукояток влево обе муфты также перемещаются влево.

Числа зубьев колес, указанных на схеме, следующие (табл. 14):

Требуется:

1) определить, через какие колеса идет передача при всех четырех включениях;

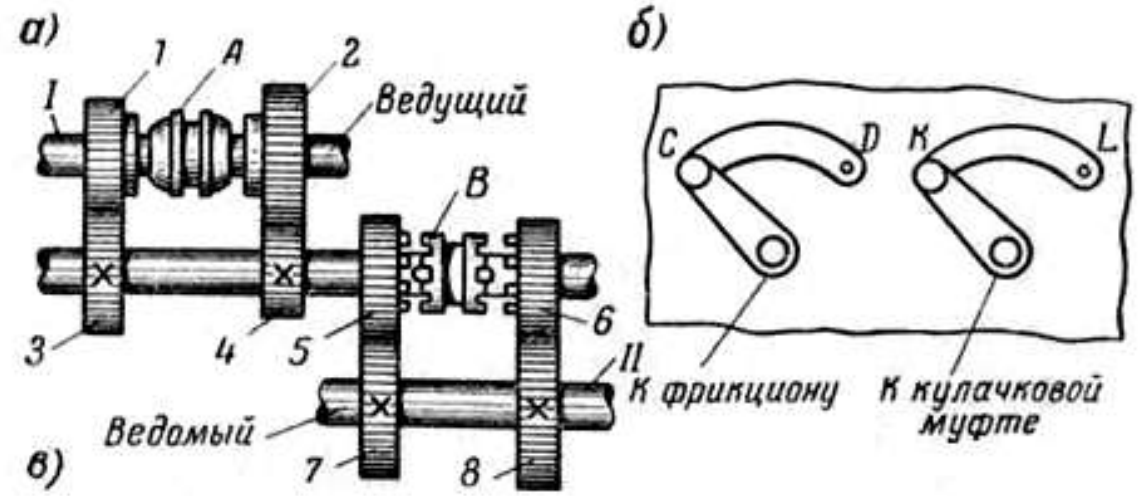
2) подсчитать передаточные числа, получающиеся при всех включениях;

3) определить числа оборотов ведомого валика *II* при числе оборотов валика *I* $n_1 = 200$ об/мин.

Ответы написать в форме трафаретки (рис. 27, *в*).

Таблица 14

№ колеса	1	2	3	4	5	6	7	8
Число зубьев колеса	24	32	24	16	20	25	40	35

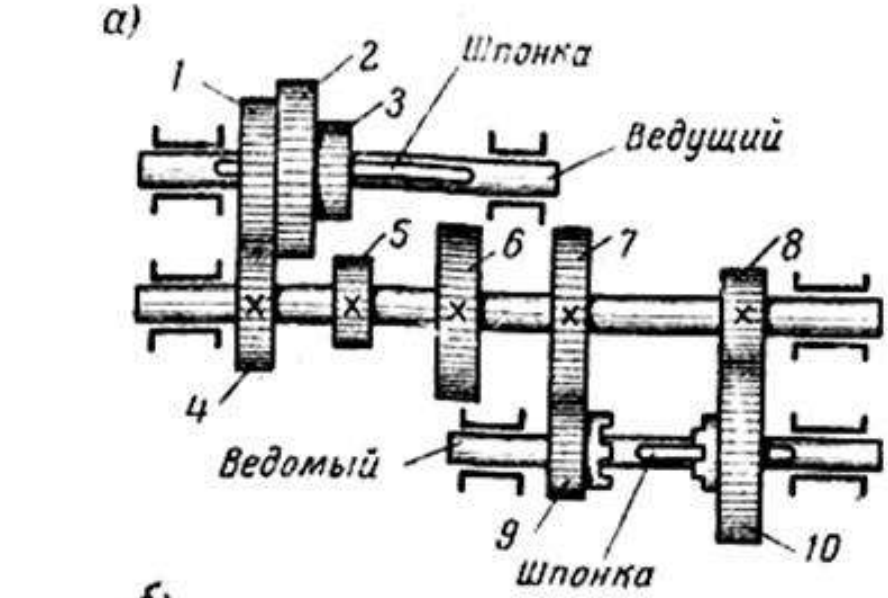


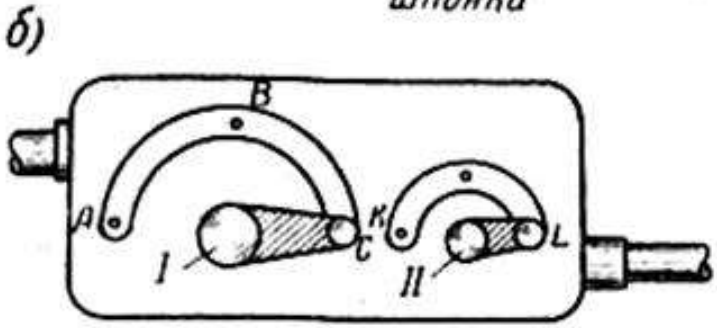
№	Положение рукояток I вариант		Передача идет через зуб. кол.	Передат. числа i	Положение рукояток II вариант		n_{II}
1			1-3-5-7	$\frac{1}{2}$	C	K	50 об/мин
2			найти	найти	C	L	найти
3					D	L	
4					D	K	

Рис. 27. Схема сочетания действия механизмов фрикционной и кулачковой муфты

Примечание. На левой стороне трафаретки положения рукояток показаны графически, а на правой – положения рукояток указаны при помощи буквенных обозначений.

Задача 7. На рис. 28, *а* дана схема коробки подач, а на рис. 66, *б* – ее наружный вид. Рукоятка *I* перемещает по ведущему валику колеса *1, 2, 3*, соединенные вместе. Рукоятка *II* перемещает по ведомому валику колесо 10 и составляющую с ней одно целое половину кулачковой муфты. Направление вращения рукояток и связанные с ними перемещения колес по валикам совпадают.





в)

Номера скоростей	Положение рукояток		Передача идет через зуб. кол.	Положение рукояток	
	I	II		I	II
1			3-6-8-10	C	L

Ответ на 1-й вопрос — Ответ на 3-й вопрос — Ответ на 2-й вопрос — Ответ на 4-й вопрос

Рис. 28. Схема коробки подач токарного станка

Требуется:

1) найти число возможных скоростей ведомого валика;

2) определить, через какие колеса идет передача при всех возможных включениях;
3) составить трафаретку с обозначением графически положений рукояток;
4) составить трафаретку с обозначением положений рукояток буквами по образцу, показанному на рис. 28, *в*.

Задача 8. На рис. 29, *а* дана схема коробки скоростей, а на рис. 29, *б* – наружный вид.

Рукоятка *I* перемещает колесо и по ведущему валику по шпонке. Рукоятка *II* перемещает колеса *5, 6, 7* по промежуточному валику по шпонке. Рукоятка *III* перемещает муфту М, сидящую на шпинделе на шпонке. Направление вращения рукояток и направление перемещения колес по валикам совпадают.

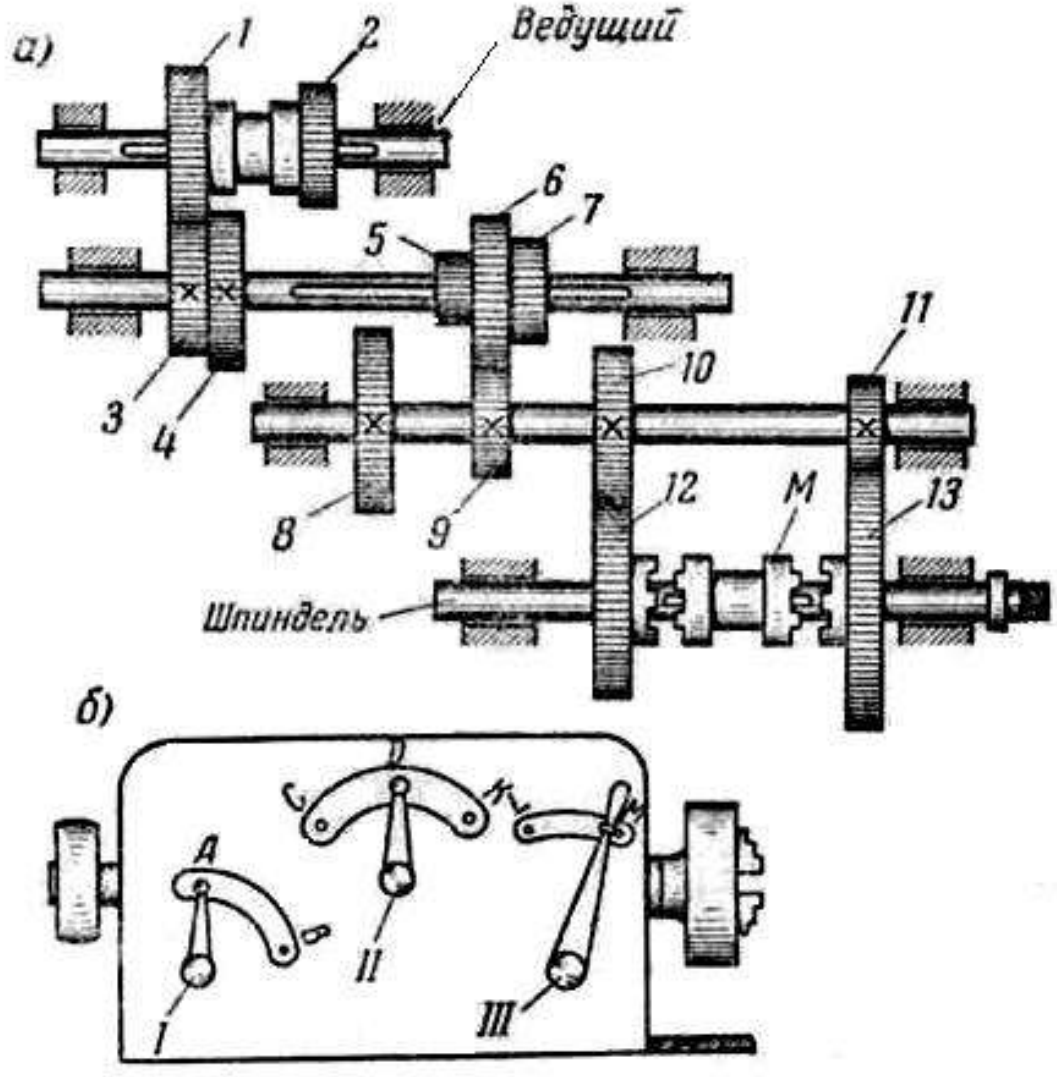


Рис. 29. Схема коробки скоростей токарного станка

Колесо 1	входит	в зацепление	с	колесом	3
2	«	«	«	«	4
5	«	«	«	«	8
6	«	«	«	«	9
7	«	«	«	«	10
Муфта *М*	«	«	с	муфтой колеса	12
«	«	«	«	«	13

Требуется:

1) найти число возможных скоростей шпинделя;
2) составить трафаретку с указанием положений рукояток графически и с буквенными обозначениями;
3) определить, через какие колеса идет передача.

Трафаретку составить по образцу, показанному на рис. 27, *в*.

Задача 9. На рис. 30, *а* дана схема коробки подач, а на рис. 30, *б* – ее наружный вид.

Рукоятка *II* служит для соединения через накидное колесо *2* зубчатого колеса *1* с колесами конуса подач *3, 4, 5, 6, 7, 8, 9* и *10*. Колесо *10* находится в постоянном зацеплении с колесом *11*. Рукоятка перемещает блок колес *16, 17, 18* и муфту *М* по ходовому валику по шпонке. Муфта *М* входит в зацепление с муфтой, соединенной с колесом *15*.Колесо *16* входит в зацепление с колесом *13*, колесо *17*– с колесом *12*, а колесо *18* – с колесом *11*.

Найти, через какие колеса идет передача при всех *32* возможных включениях коробки подач.

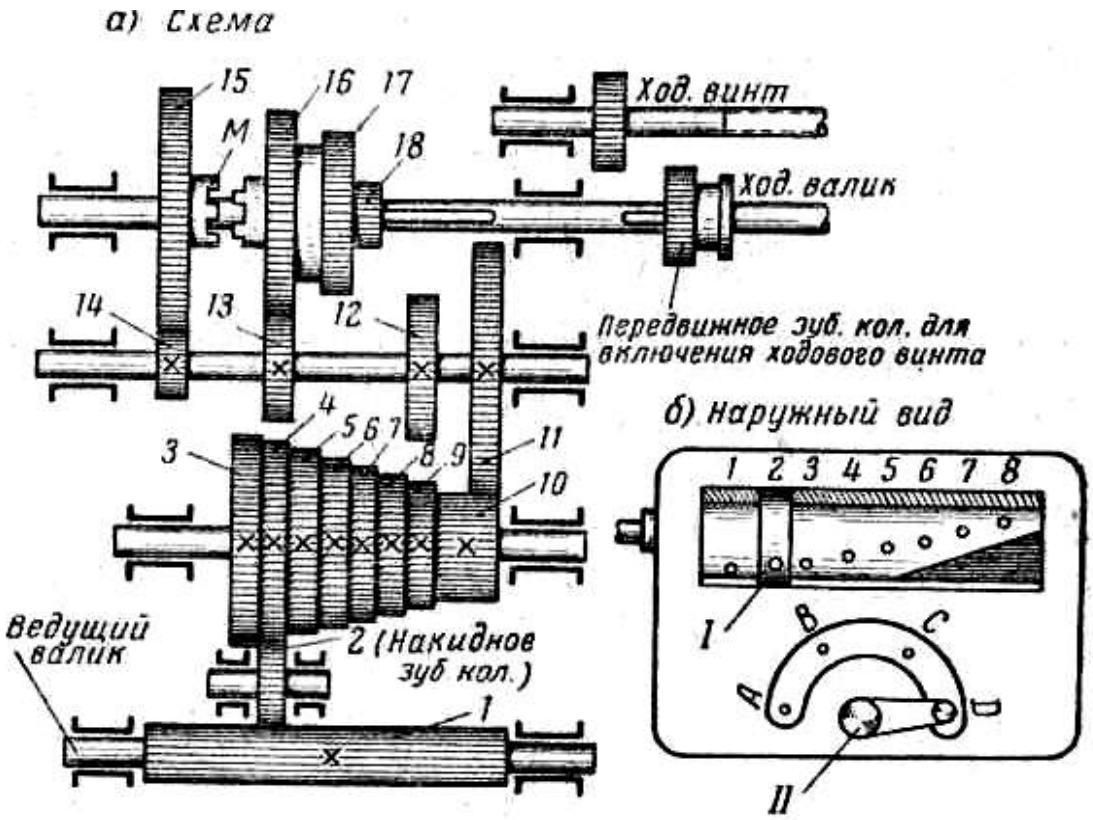
Ответ представить в виде трафаретки, показанной на рис. 27, *в*, заполнив графу: «Передача идет через колеса».

Задача 10. На рис. 31, *а* дана схема коробки скоростей токарного станка, а на рис. 31, *б* – наружный вид этой коробки.

Разобрав схему коробки, найти:

1) число возможных скоростей шпинделя;
2) составить трафаретку, показав графически положение рукояток.

При составлении трафаретки учесть, что направления вращения рукояток и направления перемещений связанных с ними муфт и колес не совпадают.



в)

№ №	Положение рукояток I	Положение рукояток II	Передача идет через зубчатое колесо	№ №	Положение рукояток I	Положение рукояток II	Передача идет через зубчатое колесо
1	1	A	1-2-3-10-11-14-15-M ход. валик	17	1	C	
2	2		и т. д.	18	2		
3	3			19	3		
4	4			20	4		
5	5			21	5		
6	6			22	6		
7	7			23	7		
8	8			24	8		
9	1	B		25	1	D	
10	2			26	2		
11	3			27	3		
12	4			28	4		
13	5			29	5		
14	6			30	6		
15	7			31	7		
16	8			32	8		

Рис. 30. Схема коробки подач и ее наружного вида

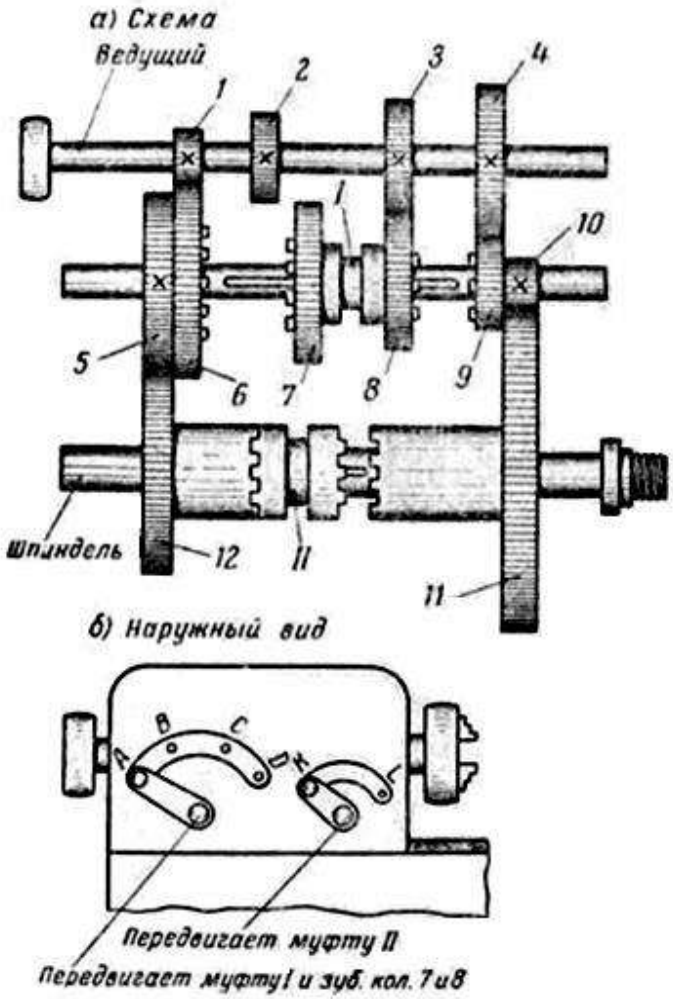


Рис. 31. Схема коробки скоростей и ее наружного вида

Задача 11. Разобрать схему коробки скоростей, показанную на рис. 32, *а*. На рис. 32, *б* дан наружный вид этой коробки

Найти:

1) число возможных скоростей вращения шпинделя;

2) составить трафаретку, показав графически положения рукояток коробки и указав, через какие колеса идет передача при каждом отдельном включении.

Направление перемещения муфт и направление колес совпадает с направлением вращений перемещающих их рукояток.

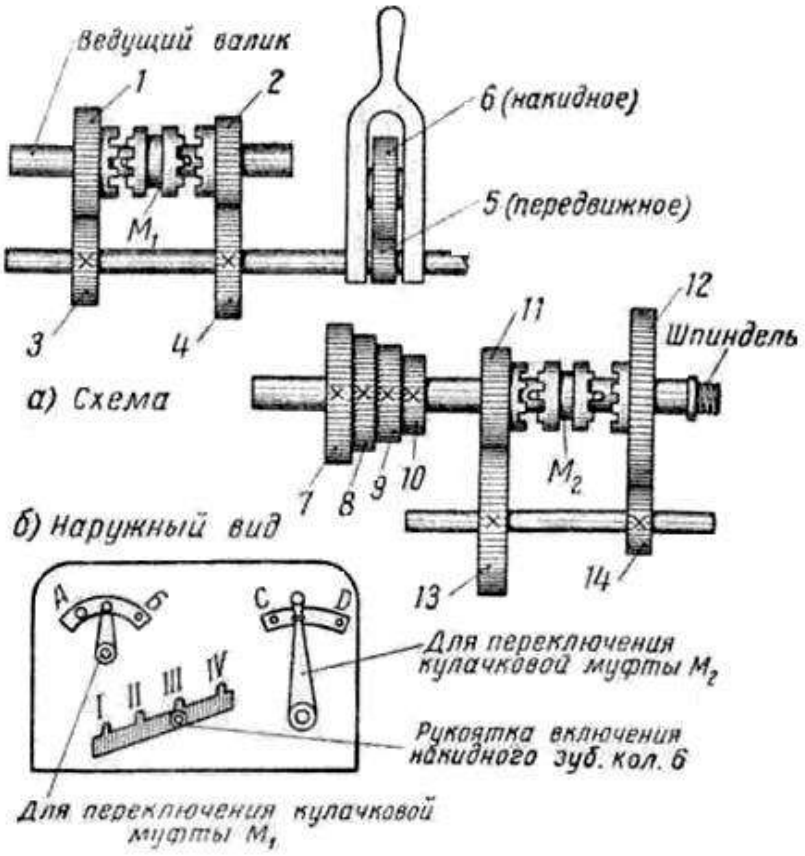


Рис. 32. Схема коробки скоростей с переключением с помощью кулачковой муфты

Задача 12. На рис. 33 дана развернутая кинематическая схема коробки скоростей токарного станка ДИП-200.

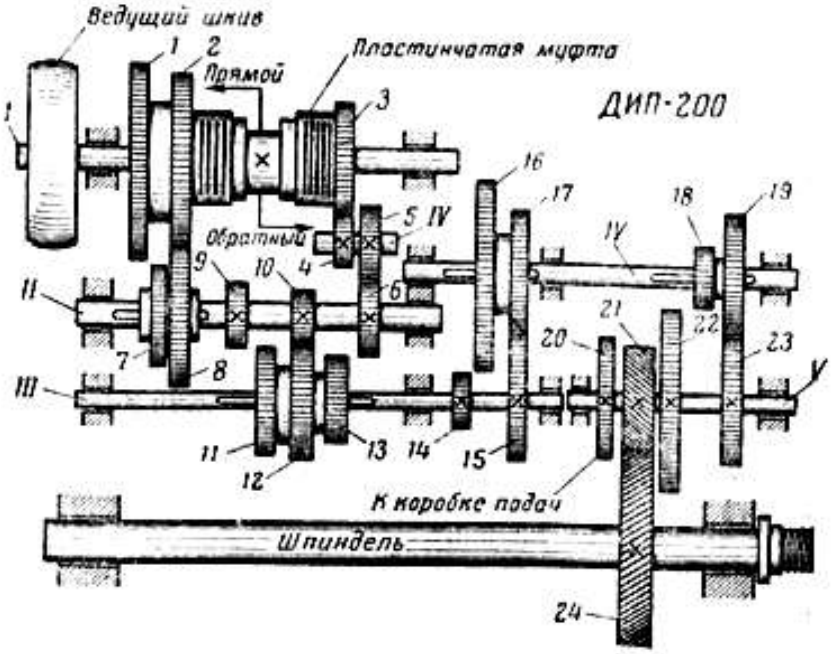


Рис. 33. Кинематическая схема коробки скоростей токарного станка ДИП-200

Числа зубьев колес, показанных на схеме, следующие (табл. 15):

Таблица 15

№ колеса	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12
Число зубьев	28	20	56	51	50	24	36	36	34	39	44	62
№ колеса	21	2 2	13	14	15	16	17	18	19	20	23	24
Число зубьев	32	80	36	20	50	80	50	20	50	50	50	64

На валик *I* посажены две фрикционные пластинчатые муфты, включение которых производится при помощи особого рычага, не показанного на рисунке. При включении левой муфты шпинделю сообщается рабочее вращение, а при включении правой муфты – ускоренное вращение в обратную сторону. При установке рычага в среднее положение муфта выключается, валик *I* вращается вхолостую, вращение шпинделя прекращается.

По валику *II* передвигаются колеса *7* и*8,* по валику *III* – колеса *11*, *12* и *13.*

Это позволяет при прямом вращении шпинделя сообщить валику *III* шесть скоростей.

Передвижные колеса *16* и *17* могут быть соединены с колесами *14* и *15*, а передвижные колеса *18* и *19* – с колесами *22* и *23.*

В данном узле могут иметь место четыре случая передачи вращения от валика *I* к валику *V* через промежуточный валик *IV* при следующих соединениях колес:

1. 14 – 16, 19 – 23
2. 14 – 16, 18 – 22
3. 15 – 17, 19 – 23
4. 15 – 17, 18 –22

Из указанных четырех возможных передач первая (*14 – 16, 19 – 23*) не применяется. Как видно, шпиндель имеет 18 скоростей прямого хода и 9 обратного.

Требуется:

1) определить все возможные случаи сцепления колес;
2) подсчитать передаточные числа для всех 18 случаев передачи вращения шпинделя;
3) объяснить, почему вариант передачи через колеса *14 – 16* и *19 – 23* не применяется.

Задача 13. На рис. 34 схематически показаны четыре (*а, б, в, г*) различных коробки подач. Все положения рукояток – рабочие.

Составить схемы коробок, используя для этого сочетания ранее разобранных механизмов (см. задачи 4 – 6), и зарисовать трафаретки для них.

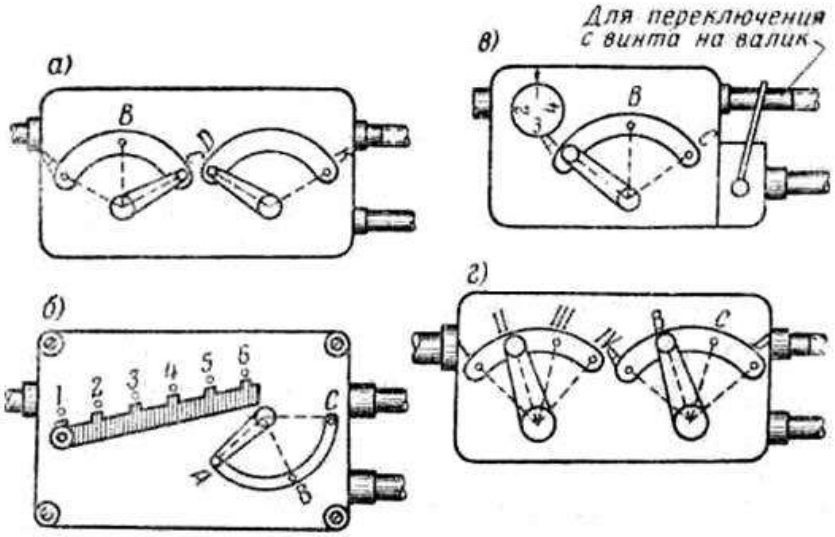


Рис. 34. Схематический чертеж четырех коробок подач различных токарных станков

Задача 14. На рис. 35, *а, б, в* схематически показаны три вида коробки скоростей. Все положения рукояток – рабочие. Составить схемы коробок скоростей, используя для этого сочетания разобранных ранее механизмов (см. задачи 4 – 6) и зарисовать соответствующие трафаретки.

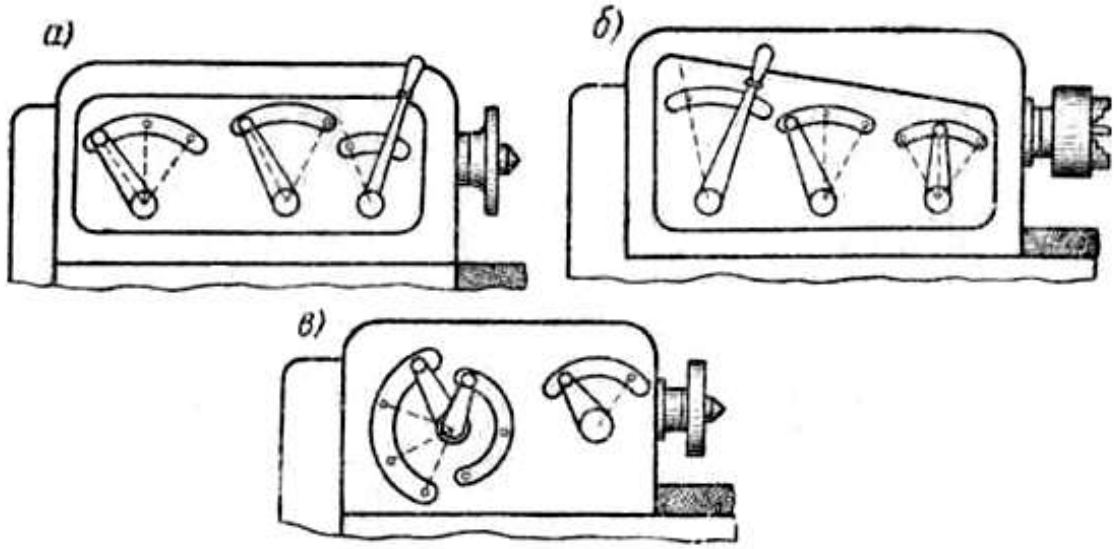


Рис. 35. Схематический чертеж трех коробок подач различных токарных станков

Задача 15. На рис. 36, *а, б,* в показаны три реверсивных механизма различных конструкций.

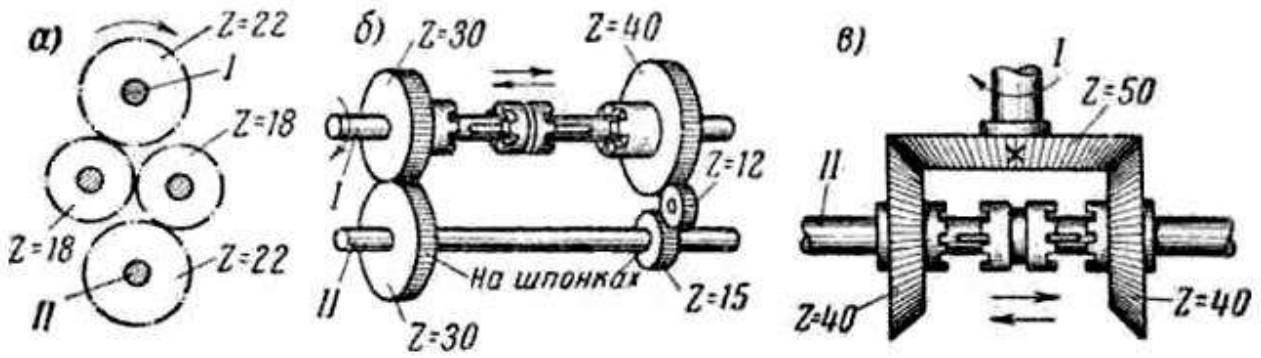


Рис. 36. Схемы трех реверсивных механизмов различных конструкций

Определить:

1) направление вращения ведомого валика *II* при вращении ведущего валика *I* в направлении, указанном стрелками;

2) передаточные числа для всех трех механизмов при прямом и обратном вращении валика *I*;

3) какие колеса необходимо поставить на трензель рис. 36, *б*, чтобы при одном из включений вращение ведомого валика *II* было в два раза быстрее?

Задача 16. На рис. 37, *а* дана кинематическая схема фартука суппорта токарного станка, а его наружный вид на рис. 37, *б*. Ходовой винт и маточная гайка на схеме не показаны.

Продольная автоматическая подача получается следующим образом. Ходовой валик вращает перемещающееся по нему на шпонке коническое колесо $z = 18$, которое, в свою очередь, вращает большое коническое колесо $z = 56$ и сидящее с ним на одном валике колесо $z = 14$. Далее подача идет через колеса: $z = 74$, $z = 18$, $z = 88$ и $z = 12$. Колесо $z = 12$ сцеплено с зубчатой рейкой. Включение и выключение продольной автоматической подачи производится при помощи фрикциона.

Продольная ручная подача осуществляется вращением маховика (через колеса $z = 14$, $z = 88$, $z = 12$ и зубчатую рейку).

Поперечная автоматическая подача осуществляется так: вращение колеса $z = 14$ через колеса $z = 74$ и $z = 20$ передается колесу $z = 18$, связанному шпонкой с винтом поперечной подачи. Поперечный само-

ход выключается передвижением колеса $z = 20$, которое при включенном самоходе соединяет колесо$z = 74$ с колесом $z = 18$.

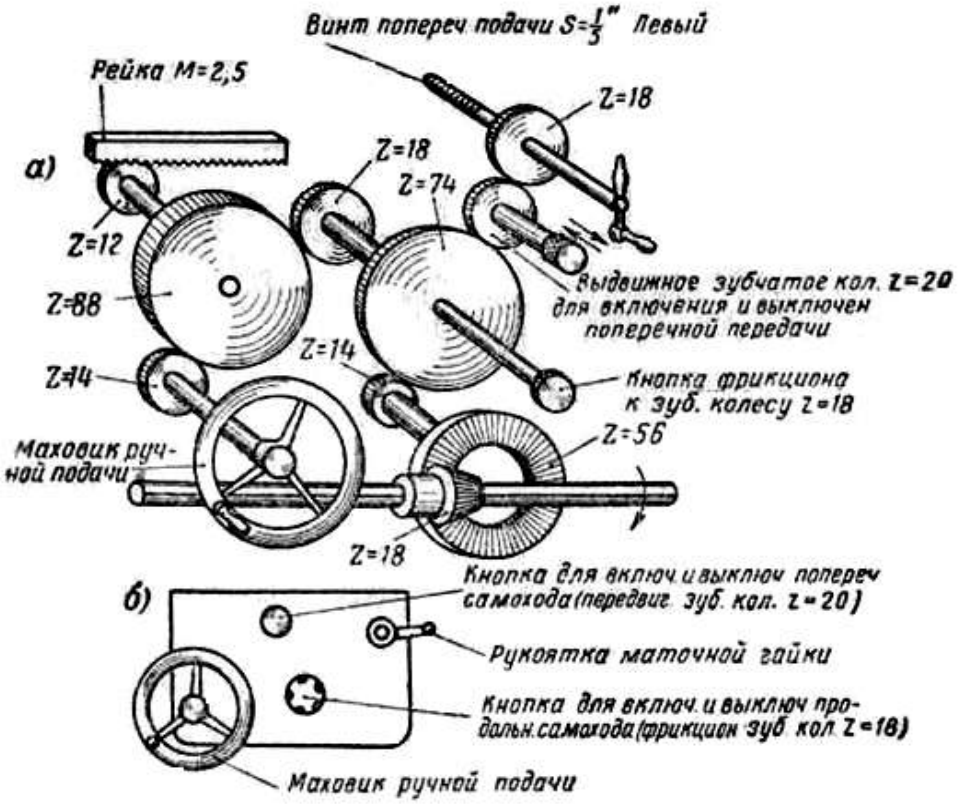


Рис. 37. Кинематическая схема фартука суппорта токарного станка

Определить:

1) в каком направлении будет перемещаться суппорт при включении продольного самохода, если ходовой валик вращается в направлении, указанном стрелкой (см. схему);

2) то же для поперечного суппорта; передаточное число от ходового валика к винту поперечной подачи (от конического колеса $z = 18$ к цилиндрическому колесу $z = 18$);

3) на сколько миллиметров переместятся верхние салазки суппорта за 100 оборотов ходового валика (при включении автоматической подачи).

Задача 17. На рис. 38, *а* дана схема, 38, *б* – наружный вид фартука суппорта с самостоятельными механизмами для осуществления продольной и поперечной автоматических подач.

Определить:

1) в каком направлении будет перемещаться суппорт при включении продольного самохода, если ходовой валик вращается в направ-

лении, указанном стрелкой (см. схему);

2) то же для поперечного суппорта;

3) передаточное число *i* механизма поперечной подачи (от валика к винту);

4) величину подачи (продольной) в миллиметрах на 10 оборотов ходового валика.

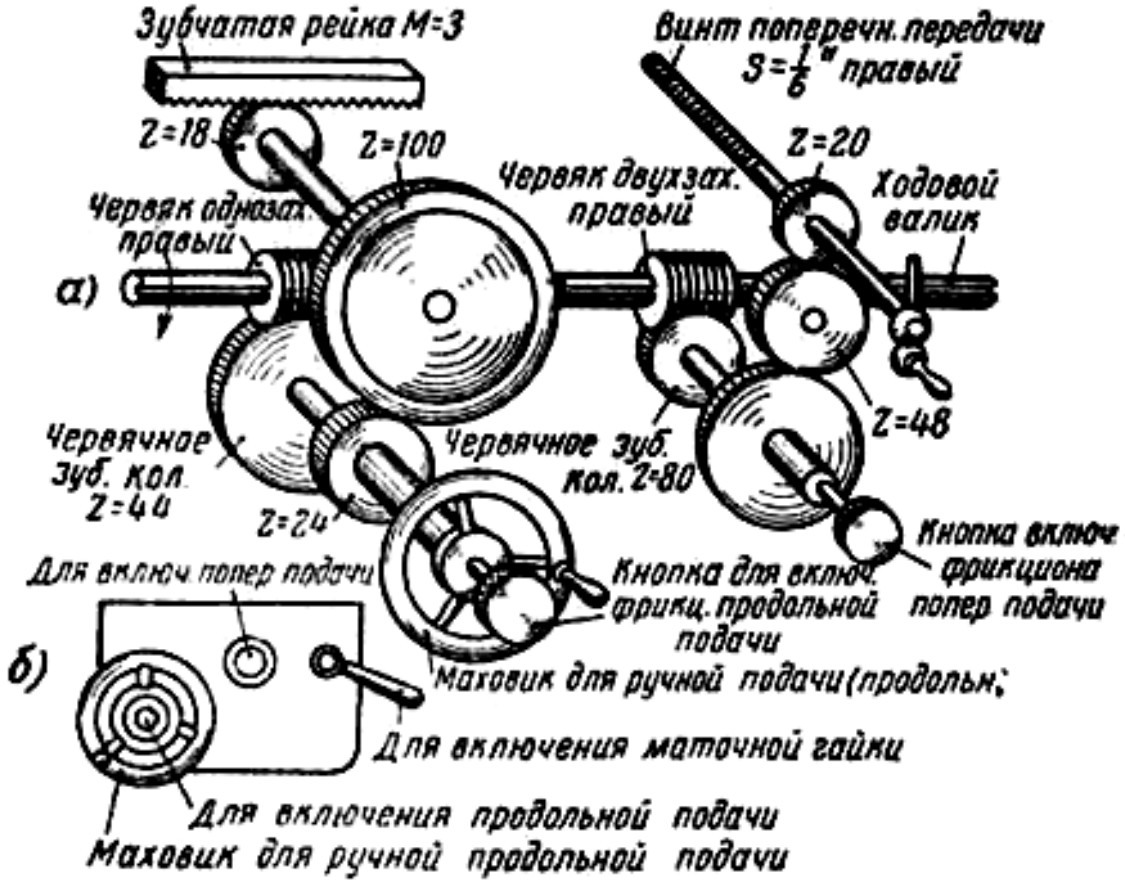


Рис. 38. Фартук суппорта с самостоятельным механизмом для автоматических подач

Задача 18. На рис. 39 показано несколько вариантов, передающих вращение токарным станкам. Условия передачи указаны на рисунке. Так, в варианте *а* требуется определить передаточное число колес коробки скоростей, если вал электродвигателя делает $n = 1000$ об/мин., а шпиндель станка – $n = 16$ об/мин.

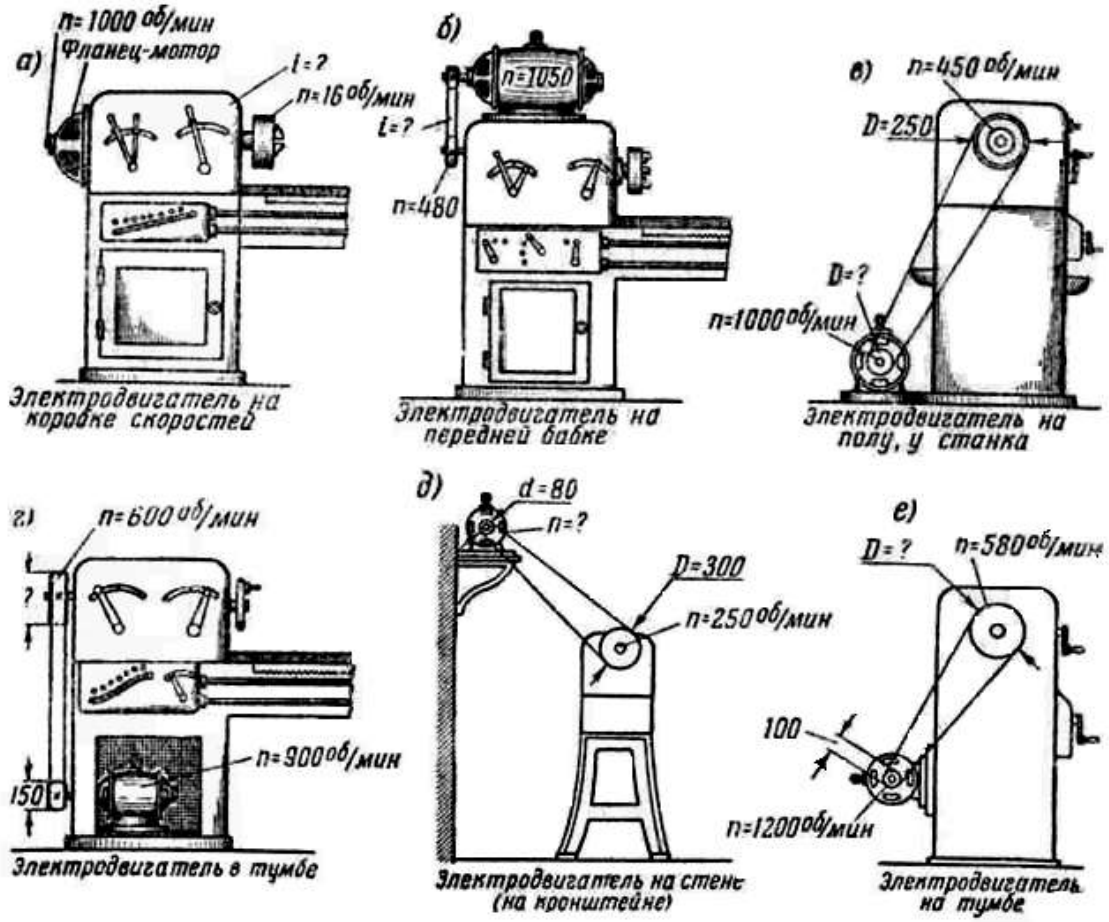


Рис. 39. Места установки электродвигателей

Задача 19. На рис. 40 дана схема привода с бесступенчатым вариатором механического типа системы Светозарова, применяемого на скоростном токарно-винторезном станке модели 1620

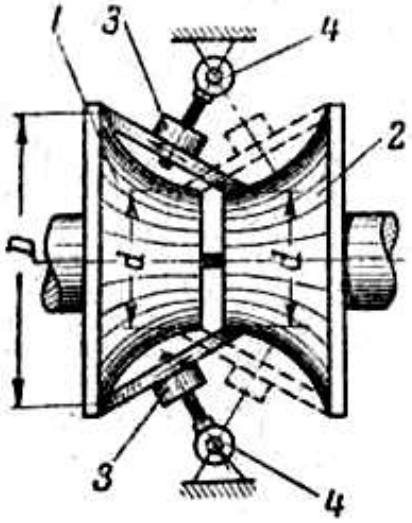


Рис. 40. Схема бесступенчатого вариатора механического типа системы Светозарова

Цифрами 1 и 2 обозначены сферические шкивы. Вращение от ведущего шкива *1* ведомому шкиву *2* передается через конические диски *3*, сидящие на валиках, перемещающихся относительно осей *4*.

Определить:

1) совпадает ли направление вращения шкивов *1* и *2*.
2) какой шкив вращается (в данном положении) с большим числом оборотов;
3) когда число оборотов ведомого шкива *2* будет равно числу оборотов ведущего шкива *1*;
4) влияет ли на передаточные числа между шкивами *1* и *2* диаметры конических дисков.

Задача 20. На рис. 41 показан редуктор привода главного движения скоростного токарно-винторезного станка модели 1616.

От редуктора при помощи клиновидных ремней передача идет через коробку к передней бабке станка: определить, сколько скоростей дает редуктор; подсчитать все возможные числа оборотов валика, передающего вращение через шкив и клиновидные ремни коробке скоростей.

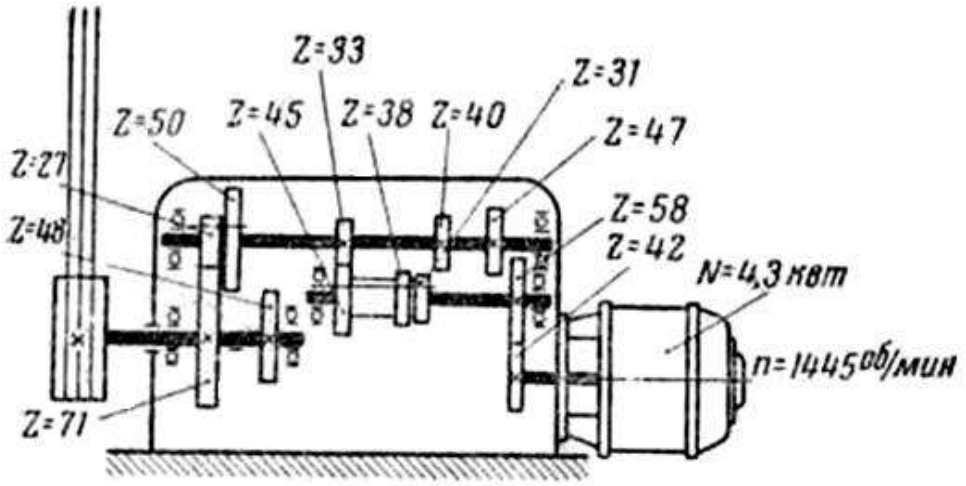


Рис. 41. Редуктор токарно-винторезного станка модели 1616

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

1. На какие типы делятся токарные станки?
2. Какими способами осуществляется вращение шпинделя в обратную сторону?
3. В чем преимущества станка с коробкой скоростей по сравнению со станком со ступенчатым шкивом?
4. Какие марки токарных станков, выпускаемых нашей промышленностью, вы знаете?
5. Из каких основных механизмов состоят коробки скоростей и подач?
6. В чем сходство и разница механизмов кулачковой и фрикционной муфты?
7. Как, не открывая коробки скоростей, узнать рукоятку, включающую фрикционную муфту?
8. Как определить число скоростей шпинделя по числу рабочих включений различных рукояток коробки скоростей?
9. Имеются ли сменные шестерни у станков с коробками подач?
10. Какие разновидности механизмов существуют для изменения направления вращения ходового винта и ходового валика?
11. При помощи каких устройств и механизмов осуществляется автоматическая подача суппорта?
12. При помощи каких механизмов производится включение и выключение автоматических подач?
13. Как устроен механизм, не допускающий одновременного включения продольной подачи от винта и валика?
14. Какой формы получится изделие, если его обтачивать с автоматическими продольной и поперечной подачами?
15. Как устроены приспособления, автоматически выключающие подачу?
16. Как устроены предохранительные муфты, устанавливаемые на ходовом винте и валике?
17. Сколько скоростей прямого и обратного хода имеет станок ДИП 200?
18. В чем особенность устройства и назначения станков револьверного, расточного, карусельного, лобового?
19. В каких случаях применяются токарные автоматы?
20. Какими основными размерами характеризуется токарный станок?
21. Какие максимальные скорости вращения шпинделя достигнуты в настоящее время?
22. Расскажите историю развития токарных станков и роль русских изобретателей в этом вопросе.
23. Какое значение имело изобретение Андреем Нартовым суппорта и как это повлияло на дальнейшее усовершенствование металлообрабатывающих станков?

Оглавление

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙДЕТАЛЕЙ МАШИН НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ 3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. РАСЧЕТ МОДУЛЯ РЕЙКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОЙВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ 5
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ СМЕЩЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНУСА НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ 7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКАМОДЕЛИ 1К62Д НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ..... 16
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. РАСЧЕТ НАСТРОЙКИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ..... 27
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ И ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ ГИТАРЫ СМЕННЫХ КОЛЕС 31
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕЗЬБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА НА ФРЕЗЕРОВАНИЕ РЕЗЬБЫ ДИСКОВОЙ ФРЕЗОЙ..... 34
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. РАСЧЕТ КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА..... 38
ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ 43

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
ректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров
14.09.2022

Шемонаев Т.И

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
По дисциплине ОСНОВЫ ФИЛОСОФИИ

специальность 15.02.16
Технология машиностроения

программа подготовки специалистов среднего звена
на базе среднего общего образования

Екатеринбург
2022

содержание

ВВЕДЕНИЕ 2
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 3
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 4
Подготовка и написание контрольной работы 5
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы 6
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 7
Подготовка к зачёту 7

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов - это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того, самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к семинарам
- подготовка к реферату, написание реферата;

для подготовки к промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как дома, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, защита рефератов, защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:
для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- умения вести дискуссию,
- моделировать типичные жизненные ситуаций.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к семинарским занятиям

Семинарские занятия по дисциплине выступают средством формирования у

студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения общекультурных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На семинарских занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям*:*

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- умения вести дискуссию,
- моделировать типичные жизненные ситуаций.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Подготовка и написание реферата

Реферат - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Реферат является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к реферату

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

Реферат может быть выполнен в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией - это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

Темы рефератов и докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы

Курсовая работа - форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента,

направленные на подготовку к курсовой работе (проекту): *для овладения знаниями*:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы;
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы.
-

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту реферата (доклад с презентацией).

Тест - это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте,
- продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ОГСЭ.02 ИСТОРИЯ РОССИИ

Специальность
15.02.16 Технология машиностроения
программа подготовки специалистов среднего звена

на базе среднего общего образования

Автор: Железникова А.В.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Управление персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Абрамов С.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 01.09.2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ…….……..…..……6

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……10

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….……12

ПОДГОТОВКА К ДОКЛАДУ……16

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ.....20

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……..24

ПОДГОТОВКА ЭССЕ…….25

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ…….....28

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..30

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа– это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;

- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;

- объем задания должен соответствовать уровню студента;

- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям, подготовка к устному опросу, участию в дискуссиях, решению практико-ориентированных задач и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*История России*» обращаю внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и

исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*История России*» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т. ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т. ч. подготовка доклада, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания);
- подготовка к тестированию;
- подготовка эссе;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории

1.История как наука. Сущность, формы, функции исторического знания.

2.Методы и источники изучения истории. Понятие и классификация исторического источника.

3.Концепции исторического процесса.

4.История России - неотъемлемая часть всемирной истории.

5.Историография отечественной истории.

Тема 2. Россия и мир в начале XX века.

1. Каковы били причины, характер, движущие силы, основные этапы и итоги революции 1905-1907 гг.

2. В чем состояла необходимость проведения реформ в России?

3. Расскажите о Февральской буржуазно-демократической революции и Октябрьской революции.

4. Основные мероприятия советской власти.

5. Гражданская война: основные этапы, последствия. Причины побед большевиков.

6. Экономическая и социальная политика в Советской России

Тема 3. Советское государство и мир в 20-30 е годы

1. Чем был вызван экономический и политический кризис в стране в конце 1920 г.

2. Что такое новая экономическая политика?

3. Формирование однопартийной системы и идеологического единообразия в стране.

4. Раскройте сущность индустриализации и коллективизации.

5. Каковы механизмы и роль культурной революции.

6. Формирование культа личности И.В. Сталина

Тема 4. СССР в годы Второй мировой войны

1. В чем состояли причины Второй мировой войны? Великой Отечественной войны?

2. Дайте характеристику основным периодам войны.

3. Расскажите о жизни в тылу.

4. Какова роль партизанского движения и движения Сопротивления.

5. В чем состояли итоги и уроки войны.

6. Роль советского народа в разгроме фашизма.

Тема 6. Основные тенденции развития СССР и мира в 60-80 е годы.

1. Чем характеризовалось политическое развитие страны в 1965-1984 гг.

2. Каковы его итоги?

3. В каком состоянии находилась советская экономика к середине 1960-х гг. В чем причины такого положения?

4. Каковы были основные направления предпринятого властью в 1965 году реформирование промышленности и сельского хозяйства.

5. Каковы результаты социально-экономического развития страны.

6. Расскажите о достижениях в культурной жизни этого периода.

Тема 8. Россия и мир на рубеже веков. Современная Россия. Перспективы развития.

1. Геополитические последствия распада СССР.
2. Как происходил процесс формирования суверенитета Российской Федерации.
3. Складывание новой государственности. Конституция 1993 г.
4. Социально-экономические преобразования. Рыночная модернизация страны.
5. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации.
6. Охарактеризуйте положение России на рубеже XX– XXI.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Исторический факт
Исторический источник
Интерпретация
Этнос
Менталитет
Государство
Цивилизация
Формация
Классы
Прогресс
Регресс
Общественно-экономическая формация
Геополитика
Монополия
Промышленный подъем
Депрессия
Модернизация
Революция
Манифест
Конституционная монархия
Политическая партия
Государственная Дума
Прогрессивный блок
Революционные партии
Антанта
Тройственный союз
Аграрная реформа
Отруб, хутор
Советы
Большевики, меньшевики
Временное правительство
Республика
Двоевластие
Учредительное собрание
Первая Мировая война

Совет народных комиссаров
Красная Армия
Белое движение
Гражданская война
Сепаратный мирный договор
Иностранная интервенция
Мировая революция

Декреты
Военный коммунизм
Продразверстка
Авторитаризм
Тоталитаризм
Коминтерн
Новая экономическая политика
Продналог
Индустриализация
Коллективизация
Культурная революция
«Мюнхенский сговор»
Лига Наций
Коллективная безопасность
Вторая Мировая война
Пакт о ненападении
Государственный Комитет обороны, Ставка Верховного главнокомандования
Эвакуация
Антигитлеровская коалиция
Второй фронт
Коренной перелом
Партизанское движение, подпольное движение
Сопротивление
Фашизм, японский милитаризм
Ленд-лиз
Капитуляция
ООН
НАТО, ОВД
Репрессии
Либерализация политического режима
Десталинизация
Денежная реформа
Мировая социалистическая система
«Оттепель»
ГУЛАГ
Реабилитация
«Холодная война»
Совхоз
Целина
Мелиорация
Спутник
Освоение космоса
Паритет
Правозащитное движение

Диссиденты
Развитой социализм
Герантократия
Разрядка
«Теневая экономика»
Концепция развитого социализма
Разрядка международной напряженности
Стабильность кадров
Реформа хозяйственного механизма
Экстенсивный путь развития
Страны социалистической ориентации
Перестройка
Гласность
«Новое политическое мышление»
Плюрализм
СНГ
Приватизация
Прибыль и рентабельность
Госприемка
«Шоковая терапия»
Ваучер
Распад СССР
Многопартийность
Возрождение парламентаризма
Рыночная экономика
Борьба с экстремизмом и терроризмом
Дефолт
Стабилизация
Финансовый кризис
Содружество Независимых государств
Правовое государство
Гражданское общество
Рыночная экономика
Дефолт
Вертикаль власти
Олигархи
Глобализация
Совет Федерация
Государственная Дума
Совет Европы
ВТО

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный,

поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает досконального освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис -

это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА

Одной из форм текущего контроля является доклад, который представляет собой продукт самостоятельной работы студента.

Доклад - это публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Как правило, в основу доклада ложится анализ литературы по проблеме. Он должен носить характер краткого, но в то же время глубоко аргументированного устного сообщения. В нем студент должен, по возможности, полно осветить различные точки зрения на проблему, выразить собственное мнение, сделать критический анализ теоретического и практического материала.

Подготовка доклада является обязательной для обучающихся, если доклад указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

Обычно доклад сопровождается представлением презентации.

Презентация (от англ. «presentation» - представление) - это набор цветных слайдов на определенную тему, который хранится в файле специального формата с расширением PP.

Целью презентации - донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации, изложенной в докладе, в удобной форме.

Перечень примерных тем докладов с презентацией представлен в рабочей программе дисциплины, он выдается обучающимся заблаговременно вместе с методическими указаниями по подготовке. Темы могут распределяться студентами самостоятельно (по желанию), а также закрепляться преподавателем дисциплины.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления.

Для этого, остановитесь на теме, которая вызывает у Вас больший интерес; определите цель выступления; подумайте, достаточно ли вы знаете по выбранной теме или проблеме и сможете ли найти необходимый материал;

- осуществить сбор материала к выступлению.

Начинайте подготовку к докладу заранее; обращайтесь к справочникам, энциклопедиям, научной литературе по данной проблеме; записывайте необходимую информацию на отдельных листах или тетради;

- организовать работу с литературой.

При подборе литературы по интересующей теме определить конкретную цель поиска: что известно по данной теме? что хотелось бы узнать? для чего нужна эта информация? как ее можно использовать в практической работе?

- во время изучения литературы следует: записывать вопросы, которые возникают по мере ознакомления с источником, а также ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;

- обработать материал.

Учитывайте подготовку и интересы слушателей; излагайте правдивую информацию; все мысли должны быть взаимосвязаны между собой.

При подготовке доклада с презентацией особо необходимо обратить внимание на следующее:

- подготовка доклада начинается с изучения источников, рекомендованных к соответствующему разделу дисциплины, а также специальной литературы для докладчика, список которой можно получить у преподавателя;

- важно также ознакомиться с имеющимися по данной теме монографиями, учебными пособиями, научными информационными статьями, опубликованными в периодической печати.

Относительно небольшой объем текста доклада, лимит времени, отведенного для публичного выступления, обусловливает потребность в тщательном отборе материала, умелом выделении главных положений в содержании доклада, использовании наиболее доказательных фактов и убедительных примеров, исключении повторений и многословия.

Решить эти задачи помогает составление развернутого плана.

План доклада должен содержать следующие главные компоненты: краткое вступление, вопросы и их основные тезисы, заключение, список литературы.

После составления плана можно приступить к написанию текста. Во вступлении важно показать актуальность проблемы, ее практическую значимость. При изложении вопросов темы раскрываются ее основные положения. Материал содержания вопросов полезно располагать в таком порядке: тезис; доказательство тезиса; вывод и т. д.

Тезис - это главное основополагающее утверждение. Он обосновывается путем привлечения необходимых цитат, цифрового материала, ссылок на статьи. При изложении содержания вопросов особое внимание должно быть обращено на раскрытие причинно-следственных связей, логическую последовательность тезисов, а также на формулирование окончательных выводов. Выводы должны быть краткими, точными, достаточно аргументированными всем содержанием доклада.

В процессе подготовки доклада студент может получить консультацию у преподавателя, а в случае необходимости уточнить отдельные положения.

Выступление

При подготовке к докладу перед аудиторией необходимо выбрать способ выступления:

- устное изложение с опорой на конспект (опорой могут также служить заранее подготовленные слайды);
- чтение подготовленного текста.

Чтение заранее написанного текста значительно уменьшает влияние выступления на аудиторию. Запоминание написанного текста заметно сковывает выступающего и привязывает к заранее составленному плану, не давая возможности откликаться на реакцию аудитории.

Короткие фразы легче воспринимаются на слух, чем длинные.

Необходимо избегать сложных предложений, причастных и деепричастных оборотов. Излагая сложный вопрос, нужно постараться передать информацию по частям.

Слова в речи надо произносить четко и понятно, не надо говорить слишком быстро или, наоборот, растягивать слова. Надо произнести четко особенно ударную гласную, что оказывает наибольшее влияние на разборчивость речи.

Пауза в устной речи выполняет ту же роль, что знаки препинания в письменной. После сложных выводов или длинных предложений необходимо сделать паузу, чтобы слушатели могли вдуматься в сказанное или правильно понять сделанные выводы. Если выступающий хочет, чтобы его понимали, то не следует говорить без паузы дольше, чем пять с половиной секунд.

Особое место в выступлении занимает обращение к аудитории. Известно, что обращение к собеседнику по имени создает более доверительный контекст деловой беседы. При публичном выступлении также можно использовать подобные приемы. Так, косвенными обращениями могут служить такие выражения, как «Как Вам известно», «Уверен, что Вас это не оставит равнодушными». Выступающий показывает, что слушатели интересны ему, а это самый простой путь достижения взаимопонимания.

Во время выступления важно постоянно контролировать реакцию слушателей. Внимательность и наблюдательность в сочетании с опытом позволяют оратору уловить настроение публики. Возможно, рассмотрение некоторых вопросов придется сократить или вовсе отказаться от них.

После выступления нужно быть готовым к ответам на возникшие у аудитории вопросы.

Стоит обратить внимание на вербальные и невербальные составляющие общения. Небрежность в жестах недопустима. Жесты могут быть приглашающими, отрицающими, вопросительными, они могут подчеркнуть нюансы выступления.

Презентация

Презентация наглядно сопровождает выступление.

Этапы работы над презентацией могут быть следующими:

- осмыслите тему, выделите вопросы, которые должны быть освещены в рамках данной темы;
- составьте тезисы собранного материала. Подумайте, какая часть информации может быть подкреплена или полностью заменена изображениями, какую информацию можно представить в виде схем;
- подберите иллюстративный материал к презентации: фотографии, рисунки, фрагменты художественных и документальных фильмов, материалы кинохроники, разработайте необходимые схемы;
- подготовленный материал систематизируйте и «упакуйте» в отдельные блоки, которые будут состоять из собственно текста (небольшого по объему), схем, графиков, таблиц и т.д.;
- создайте слайды презентации в соответствии с необходимыми требованиями;
- просмотрите презентацию, оцените ее наглядность, доступность, соответствие языковым нормам.

Требования к оформлению презентации

Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS Power Point.

Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Чаще всего демонстрация презентации проецируется на большом экране, реже – раздается собравшимся как печатный материал.

Количество слайдов должно быть пропорционально содержанию и продолжительности выступления (например, для 5-минутного выступления рекомендуется использовать не более 10 слайдов).

На первом слайде обязательно представляется тема выступления и сведения об авторах.

Следующие слайды можно подготовить, используя две различные стратегии их подготовки:

1-я стратегия: на слайды выносится опорный конспект выступления и ключевые слова с тем, чтобы пользоваться ими как планом для выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- объем текста на слайде – не больше 7 строк;
- маркированный/нумерованный список содержит не более 7 элементов;
- отсутствуют знаки пунктуации в конце строк в маркированных и нумерованных списках;
- значимая информация выделяется с помощью цвета, кегля, эффектов анимации.

Особо внимательно необходимо проверить текст на отсутствие ошибок и опечаток. Основная ошибка при выборе данной стратегии состоит в том, что выступающие заменяют свою речь чтением текста со слайдов.

2-я стратегия: на слайды помещается фактический материал (таблицы, графики, фотографии и пр.), который является уместным и достаточным средством наглядности, помогает в раскрытии стержневой идеи выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- выбранные средства визуализации информации (таблицы, схемы, графики и т. д.) соответствуют содержанию;
- использованы иллюстрации хорошего качества (высокого разрешения), с четким изображением (как правило, никто из присутствующих не заинтересован вчитываться в текст на ваших слайдах и всматриваться в мелкие иллюстрации).

Максимальное количество графической информации на одном слайде – 2 рисунка (фотографии, схемы и т.д.) с текстовыми комментариями (не более 2 строк к каждому). Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.

Обычный слайд, без эффектов анимации, должен демонстрироваться на экране не менее 10 - 15 секунд. За меньшее время аудитория не успеет осознать содержание слайда.

Слайд с анимацией в среднем должен находиться на экране не меньше 40 – 60 секунд (без учета времени на случайно возникшее обсуждение). В связи с этим лучше настроить презентацию не на автоматический показ, а на смену слайдов самим докладчиком.

Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24 пунктов, для информации - не менее 18.

В презентациях не принято ставить переносы в словах.

Наилучшей цветовой гаммой для презентации являются контрастные цвета фона и текста (белый фон – черный текст; темно-синий фон – светло-желтый текст и т. д.).

Лучше не смешивать разные типы шрифтов в одной презентации.

Рекомендуется не злоупотреблять прописными буквами (они читаются хуже).

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными задания понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

Примером практико-ориентированного задания по дисциплине «*История России*» выступает **анализ исторического документа.**

Алгоритм анализа исторического документа:

1. Происхождение текста.

1.1. Кто написал этот текст?

1.2. Когда он был написан?

1.3. К какому виду источников он относится: письмо, дневник, официальный документ и т.п.?

2. Содержание текста.

Каково содержание текста? Сделайте обзор его структуры. Подчеркните наиболее важные слова, персоналии, события. Если вам не известны какие-то слова, поработайте со словарем.

3. Достоверна ли информация в тексте?
3.1. Свидетелем первой или второй очереди является автор текста? (Если автор присутствовал во время события, им описываемого, то он является первоочередным свидетелем).
3.2. Текст первичен или вторичен? (Первичный текст современен событию, вторичный текст берет информацию из различных первичных источников. Первичный текст может быть написан автором второй очереди, то есть созданным много позже самого события).
4. Раскройте значение источника и содержащейся в ней информации.
5. Дайте обобщающую оценку данному источнику.
- Когда, где и почему появился закон (сборник законов)?
- Кто автор законов?
- Чьи интересы защищает закон?
- Охарактеризуйте основные положения закона (ссылки на текст, цитирование).
- Сравните с предыдущими законами.
- Что изменилось после введения закона?
- Ваше отношение к этому законодательному акту (справедливость, необходимость и т.д.).

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответна имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

ПОДГОТОВКА ЭССЕ

Эссе - прозаическое сочинение небольшого объема и свободной композиции на частную тему, трактуемую субъективно и обычно неполно. (Словарь Ожегова)

Жанр эссе предполагает свободу творчества: позволяет автору в свободной форме излагать мысли, выражать свою точку зрения, субъективно оценивать, оригинально освещать материал; это размышление по поводу когда-то нами услышанного, прочитанного или пережитого, часто это разговор вслух, выражение эмоций и образность.

Уникальность этого жанра в том, что оно может быть написано на любую тему и в любом стиле. На первом плане эссе − личность автора, его мысли, чувства, отношение к миру. Однако необходимо найти оригинальную идею (даже на традиционном материале), нестандартный взгляд на какую-либо проблему. Для грамотного, интересного эссе необходимо соблюдение некоторых правил и рекомендаций.

Особенности эссе:

- - наличие конкретной темы или вопроса;
- - личностный характер восприятия проблемы и её осмысления;
- - небольшой объём;
- - свободная композиция;
- - непринуждённость повествования;
- - внутреннее смысловое единство;
- - афористичность, эмоциональность речи.

Эссе должно иметь следующую структуру:

1. Вступление (введение) определяет тему эссе и содержит определения основных встречающихся понятий.

2. Содержание (основная часть) - аргументированное изложение основных тезисов. Основная часть строится на основе аналитической работы, в том числе - на основе анализа фактов. Наиболее важные обществоведческие понятия, входящие в эссе, систематизируются, иллюстрируются примерами. Суждения, приведенные в эссе, должны быть доказательны.

3. Заключение - это окончательные выводы по теме, то, к чему пришел автор в результате рассуждений. Заключение суммирует основные идеи. Заключение может быть представлено в виде суммы суждений, которые оставляют поле для дальнейшей дискуссии.

Требования, предъявляемые к эссе:

1. Объем эссе не должен превышать 1–2 страниц.

2. Эссе должно восприниматься как единое целое, идея должна быть ясной и понятной.

3. Необходимо писать коротко и ясно. Эссе не должно содержать ничего лишнего, должно включать только ту информацию, которая необходима для раскрытия вашей позиции, идеи.

4. Эссе должно иметь грамотное композиционное построение, быть логичным, четким по структуре.

5. Эссе должно показывать, что его автор знает и осмысленно использует теоретические понятия, термины, обобщения, мировоззренческие идеи.

6. Эссе должно содержать убедительную аргументацию для доказательства заявленной по проблеме позиции. Структура любого доказательства включает по меньшей мере три составляющие: тезис, аргументы, вывод или оценочные суждения.

- Тезис — это сужение, которое надо доказать.
- Аргументы — это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса.
- Вывод — это мнение, основанное на анализе фактов.
- Оценочные суждения — это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах.

Приветствуется использование:

- Эпиграфа, который должен согласовываться с темой эссе (проблемой, заключенной в афоризме); дополнять, углублять лейтмотив (основную мысль), логику рассуждения вашего эссе. Пословиц, поговорок, афоризмов других авторов, также подкрепляющих вашу точку¬ зрения, мнение, логику рассуждения.
- Мнений других мыслителей, ученых, общественных и политических деятелей.
- Риторические вопросы.
- Непринужденность изложения.

Подготовка и работа над написанием эссе:

- изучите теоретический материал;
- уясните особенности заявленной темы эссе;
- продумайте, в чем может заключаться актуальность заявленной темы;
- выделите ключевой тезис и определите свою позицию по отношению к нему;
- определите, какие теоретические понятия, научные теории, термины помогут вам раскрыть суть тезиса и собственной позиции;
- составьте тезисный план, сформулируйте возникшие у вас мысли и идеи;
- для каждого аргумента подберите примеры, факты, ситуации из жизни, личного опыта, литературных произведений;
- распределите подобранные аргументы в последовательности;
- придумайте вступление к рассуждению;

- изложите свою точку зрения в той последовательности, которую вы наметили.
- сформулируйте общий вывод работы.

При написании эссе:

- напишите эссе в черновом варианте, придерживаясь оптимальной структуры;
- проанализируйте содержание написанного;
- проверьте стиль и грамотность, композиционное построение эссе, логичность и последовательность изложенного;
- внесите необходимые изменения и напишите окончательный вариант.

Требования к оформлению:

- Титульный лист.
- Текст эссе.
- Формат листов-А4. Шрифт- Times New Roman, размер-14,расстояние между строк- интерлиньяж полуторный, абзацный отступ-1,25см., поля-30мм(слева), 20мм (снизу),20мм (сверху), 20мм (справа). Страницы нумеруются снизу по центру. Титульный лист считается, но не нумеруется.

Критерии оценивания эссе:

1. Самостоятельное проведение анализа проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария
2. Четкость и лаконичность изложения сути проблемы
3. Материал излагается логически последовательно
4. Аргументированность собственной позиции
5. Наличие выводов
6. Владение навыками письменной речи

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

- ***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе.

- ***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).

7. Использование дополнительного материала.

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание.

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу. Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*История России*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*История России*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Д.А.Упоров

Методические указания по самостоятельной работе студентов по дисциплине

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ/ АДАПТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

15.02.16 Технология машиностроения

программа подготовки специалистов среднего звена

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Эксплуатация горного оборудования	Горно-механический
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Симисинов Д.И.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 01.12.2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Содержание

Практическая работа № 1. Измерение информации. Представление и кодирование информации ... 3
Практическая работа № 2. Решение задач алгоритмической структуры ... 4
Практическая работа № 3. Представление информации в различных системах счисления ... 5
Практическая работа №4. Логические основы работы компьютера ... 7
Практическая работа № 5. Работа с окнами и папками ... 8
Практическая работа № 6. Форматирование текстовых документов в WordPad ... 10
Практическая работа №7. Создание изображений в Paint ... 11
Практическая работа №8. Работа в программе Калькулятор ... 13
Практическая работа № 9. Работа с буфером обмена ... 14
Практическая работа №10. Работа со стандартными приложениями Windows ... 15
Практическая работа № 11. Поиск папок и файлов в ОС Windows ... 16
Практическая работа №12. Создание архива данных. Извлечение данных из архива. Атрибуты файла и его объем ... 17
Практическая работа №13. Работа с антивирусными программами ... 19
Практическая работа №14. Поиск информации в сети Интернет ... 20
Практическая работа №15. Текстовый процессор WORD. Форматирование простого текста ... 21
Практическая работа № 16. Форматирование со вставкой символов ... 24
Практическая работа №17. Работа со списками ... 25
Практическая работа №18. Построение и форматирование таблиц ... 26
Практическая работа №19. Вычисление в таблицах. Построение диаграмм ... 29
Практическая работа №20. работа с графическими объектами. Объекты SmartArt ... 30
Практическая работа №21. Работа с графическими объектами ... 33
Практическая работа № 22. Работа с редактором формул ... 34
Практическая работа №23. Работа с документом, с учетом различных элементов форматирования ... 35
Практическая работа №24. Форматирование с использованием стилей ... 36
Практическая работа №25. Создание оглавления документа, вставка сноски в документ ... 38
Задания для контроля умений текстовый процессор Word ... 39
Практическая работа № 26. MS Excel. Ввод, редактирование и оформление данных на листе ... 43
Практическая работа № 27. Оформление листов ... 45
Практическая работа №28. Ввод и копирование простейших формул. Оформление таблицы ... 46
Практическая работа №29. Расчеты с использованием абсолютного адреса ... 47
Практическая работа №30. Работа с формулами даты и времени ... 48
Практическая работа №31. Проведение операций расчёта посредством использования одной функции ... 49
Практическая работа №32. Проведение операций расчёта посредством использования нескольких функций ... 51
Практическая работа № 33. Проведение сортировки данных по одному ключу ... 53
Практическая работа № 34. Вставка диаграмм и работа с данными диаграммы ... 56
Практическая работа № 36. Построение графиков функций ... 59
Задания для контроля умений табличный процессор Excel ... 60
Практическая работа № 37. Знакомство со структурой окна MS PowerPoint. Вставка таблиц, рисунков, фигур SmartArt и диаграмм в шаблон презентации ... 63
Практическая работа № 38. Создание управляющей кнопки в Power Point ... 64
Практическая работа № 39. Создание интерактивной презентации ... 66
Практическая работа №40. Создание визитной карточки в Microsoft Publisher ... 67
Практическая работа №41. Создание открытки и календаря в Microsoft Publisher ... 68
Практическая работа №42. Создание буклета в Microsoft Publisher ... 69
Практическая работа №43. СУБД ACCESS. Создание таблиц ... 70
Практическая работа №44. СУБД ACCESS. Фильтрация, сортировка данных ... 71
Практическая работа №45. СУБД ACCESS. Связывание таблиц ... 73

Практическая работа №46. СУБД ACCESS. Формирование запросов 74
Практическая работа №47. СУБД ACCESS. Создание запросов на выборку и запросов с параметрами 77
Задания для контроля умений Access 78
Зачетное занятие 79
Заключение 81

Практическая работа № 1. Измерение информации. Представление и кодирование информации

Цель: изучить и закрепить основные понятия теоретической информации

1 Кбайт (килобайт) = **1024** байта =
1024 Кбайт =
1024 Мбайт =
1024 Гбайт =
1024 Тбайт

1 Мбайт (мегабайт)

1 Гбайт (гигабайт)
1 Тбайт (терабайт)

1 Пбайт (петабайт)

Пример 1. Вычислите, сколько килобайтов содержится в 4096 битах.
Решение: 4096:8=512 байтов. 512:1024=0,5 килобайта
Пример 2. Вычислить, сколько байтов содержится в одно мегабайте.
Решение: 1*1024*1024=1048576 байт. Ответ 1048576 байт.
Пример 3. Вычислите сколько килобайтов содержится в 30720 битах Решение: 30720:8= 3840 байт, 3840:1024=3,75 килобайт **Пример 4.** Одна тетрадь содержит 262144 символов, сколько это в мегабайтах?
Решение: 1 символ=1байт, значит, тетрадь содержит 262144 байтов.
Решение: 262144:1024=256 килобайт; 256:1024=0,25 мегабайта. Ответ: 0,25 мегабайта.
Пример 5. Можно ли поместить файл размером 0,35 гигабайт на носитель, на котором свободно

365000 килобайт? Решение: 0,35*1024=358,4 мегабайта; 358,4*1024=367001,6 килобайта Это число больше данного, значит, файл не поместится.

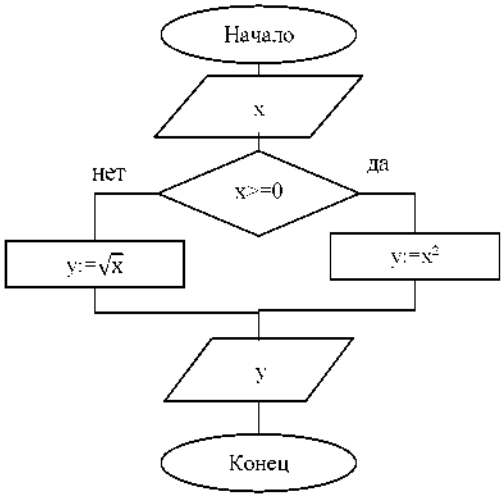
<table>
<tr><th>1 вариант</th><th>2 вариант</th></tr>
<tr><td>Задание 1.
Определите, сколько байтов в слове «класс»
Определите, сколько битов в слове «тетрадь»</td><td>Задание 1
Определите, сколько битов в слове «учебник»
Определите, сколько байтов в слове «урок»</td></tr>
<tr><td>Задание 2. Расставьте единицы измерения в порядке возрастания.
А) бит;
Б) мегабайт;
В) килобайт;
Г) гигабайт;
Д) байт.</td><td>Задание 2. Расставьте единицы измерения в порядке убывания.
А) бит;
Б) мегабайт;
В) байт;
Г) килобайт;
Д)гигабайт.</td></tr>
<tr><td>Задание 3. Переведите 1024 бит в килобайты</td><td>Задание 3. Переведите 2048 бит в килобайты</td></tr>
<tr><td>Задание 4. Расположите в порядке убывания следующие варианты.
А)17 байт;
Б)128 бит;
В)0,5 килобайта;
Г)256 бит.</td><td>Задание 4. Расположите в порядке возрастания следующие варианты.
А)256 байт;
Б)0,5 килобайта;
В)512 бит;
Г)16 байт.</td></tr>
<tr><td>Задание 5. Выразите количество информации в различных единицах, заполняя таблицу:
<table>
<tr><th>Бит</th><th>Байт</th><th>Килобайт</th></tr>
<tr><td>24576</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>2048</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>2^{13}</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>2^{11}</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>$4(2^2)$</td></tr>
</table></td><td>Задание 5. Выразите количество информации в различных единицах, заполняя таблицу:
<table>
<tr><th>Бит</th><th>Байт</th><th>Килобайт</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>1</td></tr>
<tr><td></td><td>1 536</td><td></td></tr>
<tr><td>16 384</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>2 560</td><td></td></tr>
<tr><td>2^{15}</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>2^3</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Задание. Каждый символ в Unicode закодирован двухбайтным словом. Оцените информационный объем следующего предложения в этой кодировке: «Без труда не вытащишь рыбку из пруда»

Практическая работа № 2. Решение задач алгоритмической структуры Цель: Научится решать задачи алгоритмической структуры.

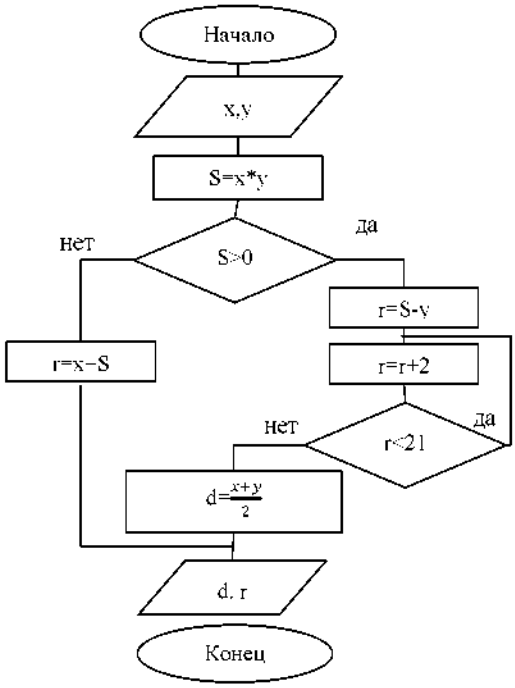
Задание 1. Вычислить значение функции

$$y = \begin{cases} \sqrt{x}, x \geq 0 \\ x^2, x < 0 \end{cases}$$

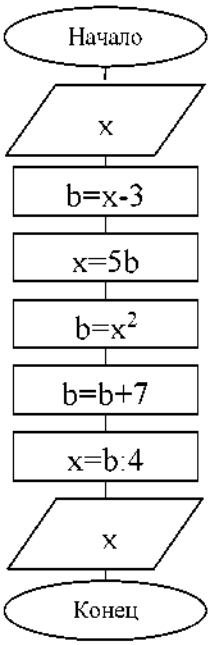


x	4	1	-5	-3	0
y					

Задание 2. Вводятся числа x=-1 и y=-2. Определите, какие значения d и r будут выведены.

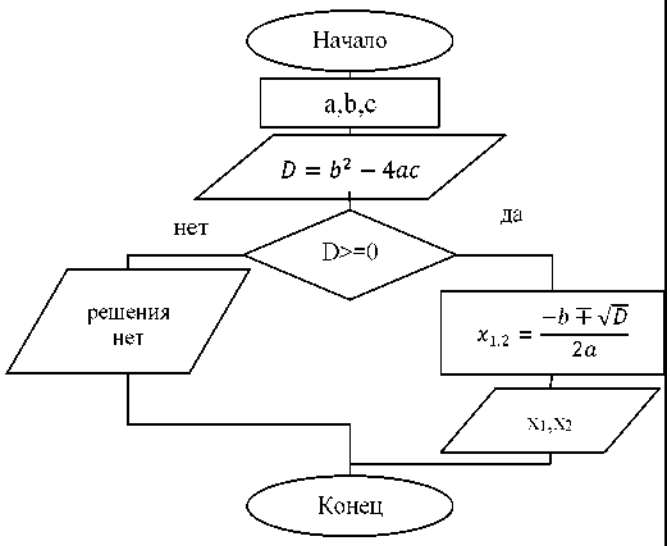


Задание 3. Определите, какое число должно быть введено, чтобы в результате работы алгоритма по представленной блок схеме выводилось число 58?



Задание 4. Используя блок-схему найти корни уравнения $ax^2 + bx + c = 0$ (a≠0), если

a	b	c	X_1	X_2
1	2	-3		
1	4	5		
3	-8	3		



Практическая работа № 3. Представление информации в различных системах счисления

Цель: сформировать умения пользоваться правилами выполнения арифметических операций в двоичной системе счисления **Римская**

непозиционная система счисления:

I (1), V (5), X (10), L (50), C (100), D (500), M (1000).

Если меньшая цифра стоит слева от большей, то она вычитается, если справа - прибавляется. Например, 1998: M CM XC VIII = 1000 + (1000 - 100) + (100 - 10) + 5 + 1 + 1 + 1.

Позиционные системы счисления.

В позиционных системах счисления количественное значение **цифры зависит от ее позиции в числе.**

Цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A (10)	B (11)	C (12)	D (13)	E (14)	F (15)
X_8 (триады)	0	1	10	11	100	101	110	111								
X16 (тетрады)	0	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

Перевод в десятичную систему счисления

11101 (2)=1 - 2^4+ 1-2^1+ 1-2^2+0-2^1+1-2^0 = 16+8+4+0+1= 450(10)

223,2(8)=2-8^2+ 2-8^1+ 3-8^0+ 2-8^{-1} = 128+16+3+0,25 = 147,25(10)

38B,4(16)= 3-16^2+ 8-16^1+ 11(B)-16^0+ 4-16^{-1} = 768+128+11+0,25 = 907,25(10)

Перевод целых чисел из десятичной системы счисления в систему счисления с другим основанием выполняется методом деления целого десятичного числа на основание новой системы счисления.

Пример 1. Перевести число 13 из десятичной системы счисления в двоичную систему:

13 13(10) ^ 1101(2).

12 6 | 2 16

3 |_2_

0 _2_ 1

1

Пример 2. Перевести число 13 из десятичной системы счисления в восьмеричную систему:

13

|_8_ 13(10) ^ 15(8).

8 1

5

-*

◄ ----------

Пример 3. Перевести число 638 из десятичной системы счисления в шестнадцатеричную систему:

63 8 Q6_

48 39 | 16 638(10) ^ 27E(16).

Остатки записываются в шестнадцатеричном виде (14 E).

158 32 **2**

144 ~*T*

14

Пример 4. Перевести число 67532,107(8) в двоичную систему счисления.

Заменим каждую цифру трехзначной двоичной триадой (по три цифры):

6	7	5	3	2,	1	0
110	111	101	011	010,	001	000

78

..... 111

Ответ: 67532,107(8)^110 111 101 011 010, 001 000 111(2).

1

0011

Пример 5. Перевести число 35B,451E(16) в двоичную систему счисления.
Решение. Заменим каждую шестнадцатеричную цифру двоичной тетрадой (по четыре цифры):

5	B,	4	5	1	E16
0101	1011	0100	0101	0001	1110

Ответ: 35B,451E(16)^1 101 011 011, 010 001 010 001 111(2).

Задания для самостоятельного выполнения:

1. Какие числа записаны римскими цифрами:

MCMXCIX =	MCMXCVI=
CMLXXXVIII =	MMMDXLII
MCXLVII=	MMXVII=

2. Запишите год, месяц и число своего рождения с помощью римских цифр.

3. Заполните таблицу, в каждой строке которой одно и то же число должно быть записано в системах счисления с основанием 2, 8, 10 и 16.

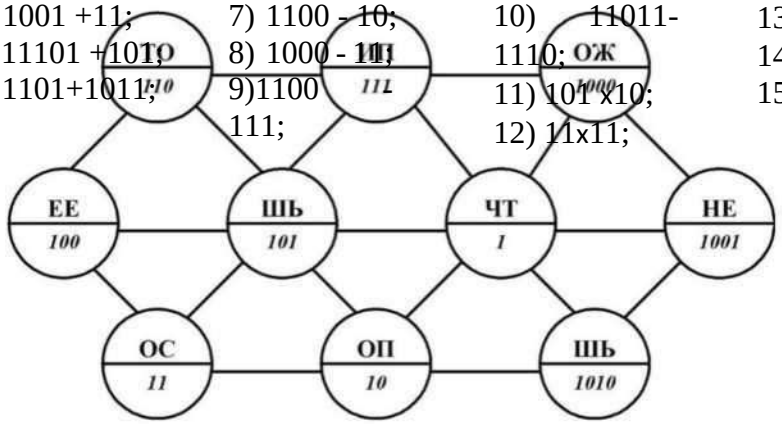
Основание 2	Основание 8	Основание 10	Основание 16
101010			
	127		
		121	
			2B

4. Г.Х. Андерсену в 2017 году исполнилось D9 лет. За время своей жизни его произведения были переведены на 1A языков. Разность чисел C8 и 1A дает число сказок, которые написал Андерсен. Сколько сказок создал писатель?

5. Дана геометрическая фигура, в углы которой помещены круги с двоичными числами. Определите зашифрованное изречение, которое получите, собирая двоичные числа и переведя их десятичные

Задание. Выполнить арифметические действия над двоичными числами:

1) 10111+10 0;
2) 100010+ 101;
з)1011+1100;
4) 1001 +11;
5) 11101 +101;
6) 1101+1011;
7) 1100 - 10;
8) 1000 - 11;
9)1100 111;
10) 11011-1110;
11) 101 x10;
12) 11x11;
13) 110x11;
14) 101x111;
15) 1100/100;



Арифметические операции в двоичной системе счисления.

+	**0**	**1**
0	0	1
1	10	

-	**0**	**1**
0	0	11
1	0	

X	**0**	**1**
0		
1	0	0 0 1

Практическая работа №4. Логические основы работы компьютера

Логическое высказывание - это любое **повествовательное** предложение, в отношении которого можно **однозначно** сказать, истинно оно или ложно.

Предложение	*Характеристика с точки зрения алгебры логики*
В городе N проживает 15 тыс. человек	Не высказывание
После дождя всегда тепло	Ложное логическое высказывание
После вторника будет выходной	Не является логическим высказыванием

Общее высказывание начинается (или можно начать) со слов: все, всякий, каждый, ни один. **Частное** высказывание начинается (или можно начать) со слов: некоторые, большинство и т. п.

Во всех других случаях высказывание является **единичным**.

Задачи для самостоятельного решения

№ 1. Какие из предложений являются высказываниями? Определите их истинность. Определите тип высказывания: общее, частное или единичное.

1. Все солдаты храбрые
2. Некоторые ученики двоечники
3. Все ананасы приятны на вкус
4. Некоторые мои друзья собирают марки
5. Все лекарства неприятны на вкус
6. А — первая буква в алфавите
7. Некоторые медведи — бурые
8. Тигр — хищное животное
9. У некоторых змей нет ядовитых зубов
10. Все металлы проводят тепло

A	**B**	-A инверсия	AVB дизъюнкция	A&B конъюнкция	A^B импликация	A~B эквиваленция
0	0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1

Пример. Какое из приведенных имен удовлетворяет логическому условию:

- (последняя буква гласная ^ первая буква согласная) & вторая буква согласная

1) ИРИНА 2) АРТЕМ 3) СТЕПАН 4) МАРИЯ

Имя	**X1: последняя буква гласная**	**X2: первая буква согласная**	**X3: вторая буква согласная**	**X1^X2**	**-(X1^X2)**	**-(X1^X2)&X3**
Ирина	1	0	1	0	1	1
Артём	0	0	1	1	0	0
Степан	0	1	1	1	0	0
Мария	1	1	0	1	0	0

№ 2. а) Какое из приведенных названий животных удовлетворяет логическому условию

-(есть мягкий знак & (вторая буква гласная ^ пятая буква согласная))

1) МЕДВЕДЬ 2) ВЫХУХОЛЬ 3) МУРАВЬЕД 4) ОБЕЗЬЯНА

б) Какое из приведенных имен удовлетворяет логическому условию

-(первая буква гласная ^ последняя буква гласная) & вторая буква согласная

1) ИРИНА 2) ОЛЕГ 3) СТЕПАН 4) ИЛОНА

в) Какое из приведенных имен удовлетворяет логическому условию:

(первая буква согласная ^ вторая буква согласная) & (предпоследняя буква гласная ^ последняя буква гласная)

1) КРИСТИНА 2) МАКСИМ 3) СТЕПАН 4) МАРИЯ

Практическая работа № 5. Работа с окнами и папками Цель: закрепить элементы окна, научиться выполнять действия с окнами: восстанавливать, разворачивать на полный экран, сворачивать, переключаться между окнами, выполнять действия с объектами на Рабочем столе различными способами.

Задание 1. Расположите значки «Рабочего стола» в правой части экрана в виде буквы «М» (установите курсор мыши на значок, нажмите левую кнопку мыши и не отпуская ее, перетащите пиктограмму на нужное место).

Задание 2. Работа с окнами

1. Запустите программу WordPad: Пуск^-Все программы^-Стандартные^-WordPad. Измените, размер окна, так чтобы оно занимало 1/3 экрана.
2. Запустите программу Paint: Пуск^-Все программы^Стандартные^-Paint. Измените, размер окна приложения, так чтобы оно занимало 1/2 часть экрана.
3. Запустите программу Калькулятор: Пуск ^ Все программы ^ Стандартные ^ Калькулятор. **На Панели задач** появятся соответственно три кнопки, а на экране три окна программ WordPad, Paint, Калькулятор.
4. Нажмите правую клавишу мыши в свободном месте на **Панели задач**, появится **Контекстное меню** с возможными вариантами расположения окон на экране. Расположите окна Каскадом, Стопкой, Рядом.
5. Сверните все окна прикладных программ (Контекстное меню Панели задач Показать Рабочий стол).
6. Воспользуйтесь кнопками на Панели задач для открытия окон прикладных программ в произвольном порядке.
7. Закройте окна всех прикладных программ.

Создание ярлыков

На рабочем столе можно создать ярлык к программе, документу или устройству, что обеспечит быстрый доступ к наиболее часто используемым файлам или устройствам.

Ярлык - это ссылка на объект, но не сам документ или программа!!!

Самый простой - через **Контекстное меню.** Создадим ярлык для программы MS Word

1. Нажимаете кнопку Пуск - Все программы (Открывается список установленных на вашем компьютере программ) - Microsoft Office - Microsoft Office Word.
2. Наведя курсор на Microsoft Office Word, нажимаете правую кнопку мыши и вызовете контекстное меню (Отправить - Рабочий стол (создать ярлык)).
3. Удалите созданные вами ярлыки (Щелкните правой клавишей мыши по ярлыку и в списке команд контекстного меню выберите Удалить).

Задание 3. Настройка быстрого запуска программ Нажмите кнопку **Пуск-Все программы-Стандартные**, найдите программу Калькулятор, щелкните ее правой кнопкой мыши, а затем выберите команду Закрепить в меню «Пуск». Значок программы появится в верхней части меню «Пуск». Закрепите в меню «Пуск» программы Paint и Блокнот. Удалить из

списка аналогичным образом.

Расположить на **Панели задач** следующие значки программ (Архиватор, Microsoft Office PowerPoint, Калькулятор, Microsoft Office Excel, Microsoft Office Access^а быстрого доступа:

Записки

Инструмент Записки в операционной системе Windows7 - электронный аналог обычных самоклеящихся стикеров, на которых пишутся заметки, напоминания и т. д.

Вызовите меню «Пуск^Все программы ^-Выберите пункт^-Стандартные - Записки». Перед Вами появится жёлтый стикер с мигающим курсором. Теперь Вы можете написать саму заметку, например, «Освоить ПК» или «Не забыть купить хлеб».

Для того, чтобы добавить еще одну записку, щелкните по плюсику в левом верхнем углу уже созданной записки. Если записка Вам больше не нужна, удалите ее, просто щелкнув по крестику в правом верхнем углу записки.

Задание 4. Создать папку по маршруту Документы/<Название группы>.

1. В папке с именем своей группы создать следующие папки: Документы, Факсы, Задания, Письма (контекстное меню Создать - Папку).
2. Войти в папку Документы, создать текстовый документ с именем Докладная записка (Контекстное меню Создать - Текстовый документ) ввести в него текст: «Уважаемые родители Иванова В.И! Довожу до Вашего сведения, что Ваш сын Иванов Василий отсутствовал на занятиях в течение трех дней». Закройте приложение.
3. Войти в папку Задания и создать текстовый документ с именем Домашнее задание набрать текст: «Сохранить - позволяет при первом сохранении файла задать его имя, расширение и местоположение». Закройте приложение.
4. Войти в папку Факсы и создать текстовый документ с именем «Договор», введите в него текст «Подтверждаю договор №12-1845 от 5.02.2015 г.» Закройте приложение.
5. Войти в папку Письма и создать в нем документ «Приглашение» следующего содержания: «Приглашаем Вас принять участие в выставке товаров Народного Потребления которая, состоится 12 февраля в 14.00, по адресу г. Волгоград ул. Мира 14.»
6. В папке с именем группы создать папку с именем «Архив» и скопировать в нее все созданные текстовые документы (текстовые файлы):
   - открыть окно папки «Задания»;
   - выделить значок документа «Домашнее задание», вызвать контекстное меню Копировать;
   - открыть окно папки «Архив» вызвать контекстное меню «Вставить»;
   - выполнить копирование для остальных созданных Вами документов.
7. Переименовать в папке «Архив» документы: Докладная записка, Домашнее задание, Договор и Приглашение в Копия 1, Копия 2, Копия 3, Копия 4, соответственно.
8. Предъявить работу преподавателю. Удалите все созданные файлы и папки.

Задание 5. В своей папке создайте папку Проводник. Создайте подкаталоги согласно схеме.

1. Скопируйте папку Акты в папку Диплом. Переместите папку Свидетельства в папку Бланки.
2. Переименуйте папку Отчеты в папку Заявка.
3. В папке Бланки создайте Ярлыки для любых 2 программ.
4. В папке Письма создайте текстовый документ с именем Налоговая инспекция/txt
5. В папке Накладная создайте документ Microsoft Office Word с именем Канцелярские товары.
6. Скопируйте файл Налоговая инспекция.Ш в папку Проводник.
7. Файл Канцелярские товары. doc переместите в папку Бланки.

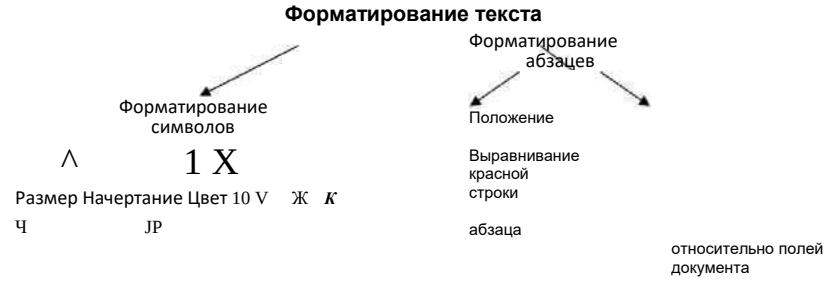
Задание 6. Создайте предложенную структуру папок и файлов

D: \ФИО\СПОРТ\ХОККЕЙ\РоссияШ D:\ФИО\СПОРТ\ХОККЕЙ\Германия.txt
D:\ФИО\СПОРТ\ФУТБОЛ\Бразилия.txt D: \ФИО\ОТДЫХ\ЛЕТ О\каникулы. txt D: \ФИОЮТДЫХ\ЗИМА\лыжный_поход. txt

Предъявить работу преподавателю. Удалите все созданные файлы и папки.

Практическая работа № 6. Форматирование текстовых документов в WordPad.

Цель: научиться форматировать символы и абзацы, сравнить возможности программы Блокнот и WordPad.



Задание 1. Запустите программу **Блокнот**

1. Наберите следующий текст: _____

Утро было свежее, но прекрасное. Золотые облака громоздились на горах, как новый ряд воздушных гор; перед воротами расстилалась широкая площадь; за нею базар кипел народом, потому что было воскресенье.

М. Ю. Лермонтов

2. Выберите команду **Формат - Перенос по словам**.
3. Разбейте текст на 2 абзаца (по числу предложений в конце предложения нажать кнопку Enter). Примените шрифт Comic Sans MS, размер 12 пт.

Задание 2. Запустите программу **WordPad**.

1. Наберите тот же текст. Измените шрифт: Tahoma, размер 12 пт (Формат- Шрифт)
2. Разбейте текст на 3 абзаца (по числу предложений в конце предложения нажать кнопку Enter).
3. Измените шрифт заголовка на Comic Sans MS, размер 14 пт, цвет синий, выравнивание — по центру.
4. Для второго абзаца примените следующее форматирование: размер шрифта — 12 пт., начертание — полужирный, подчеркнутый, выравнивание — по ширине, отступ первой строки слева 2 см.
5. «М. Ю. Лермонтов» выровняйте по правому краю, измените начертание — курсив, цвет — зеленый.

Утро было свежее, но прекрасное.

Золотые облака громоздились на горах, как новый ряд воздушных гор; перед воротами расстилалась широкая площадь; за нею базар кипел народом, потому что было воскресенье.

М. Ю. Лермонтов

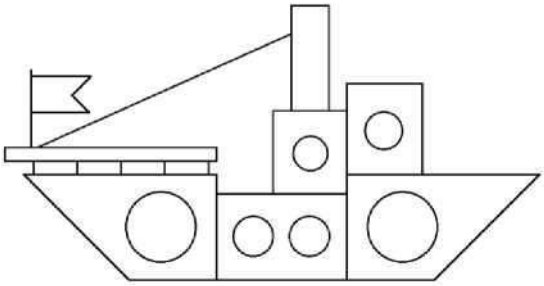
Задание 3. Распахните окно программы WordPad на весь экран и создайте в нем новый документ.

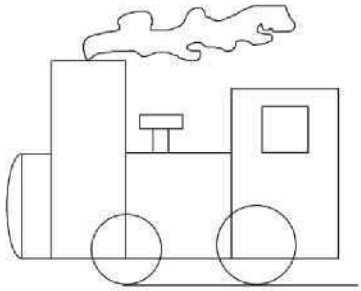
1. С помощью команд меню ВИД выведите на экран: 0*Линейку;* 0*Строку состояния.*
2. Введите следующий текст: _____

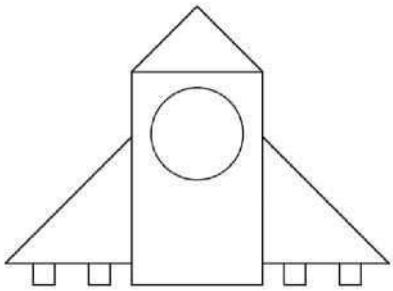
Стандартные программы Windows: Блокнот, Текстовый редактор WordPad, Калькулятор, Графический редактор Paint и др.

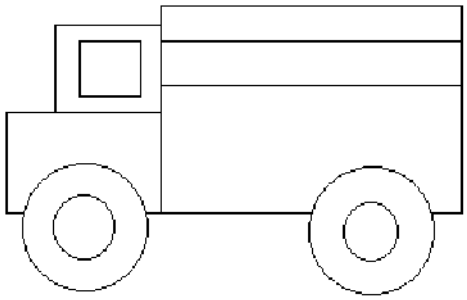
3. Текст первой строки оформите полужирным шрифтом, выравнивание по центру.
4. Список программ разбейте на строки. Отформатируйте текст:
   - Блокнот и Калькулятор - Times New Roman, 18, курсив, по левому краю
   - Текстовый редактор WordPad Arial, 16, курсив, по левому краю
   - Графический редактор Paint - Calibri, 14, подчеркнутый, по правому краю.
5. В последнем абзаце с помощью линейки установите отступ первой строки 4 см.
6. Для списка программ установите маркеры, используя пиктограмму **Начать список**.
7. Окрасьте текст каждой строки разным цветом.

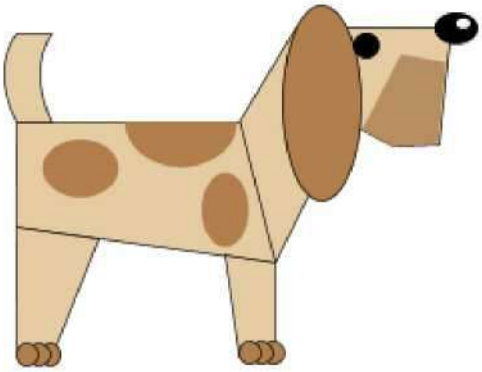
Практическая работа №7. Создание изображений в Paint Цель:
научиться использовать графические примитивы при создании изображений.
Задание 1. Изобразите графические объекты и раскрасьте их на свое усмотрение.

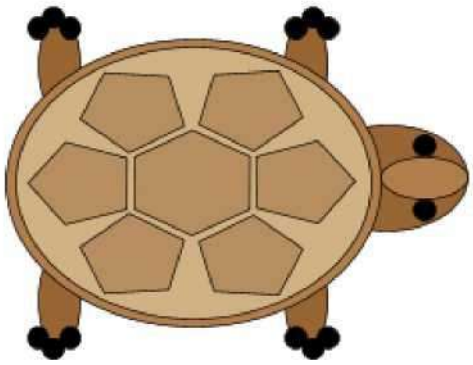


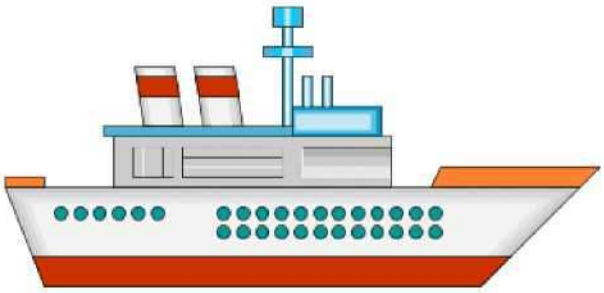




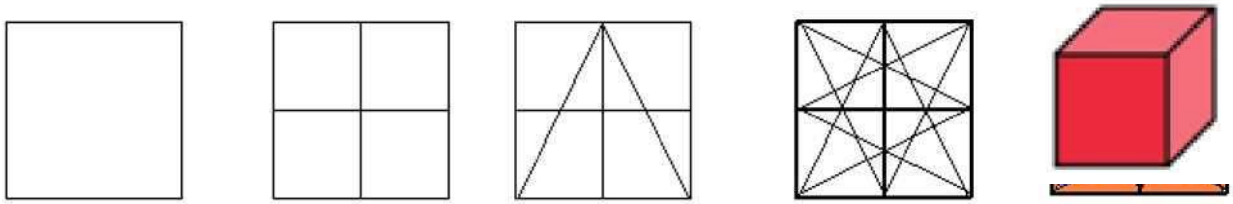






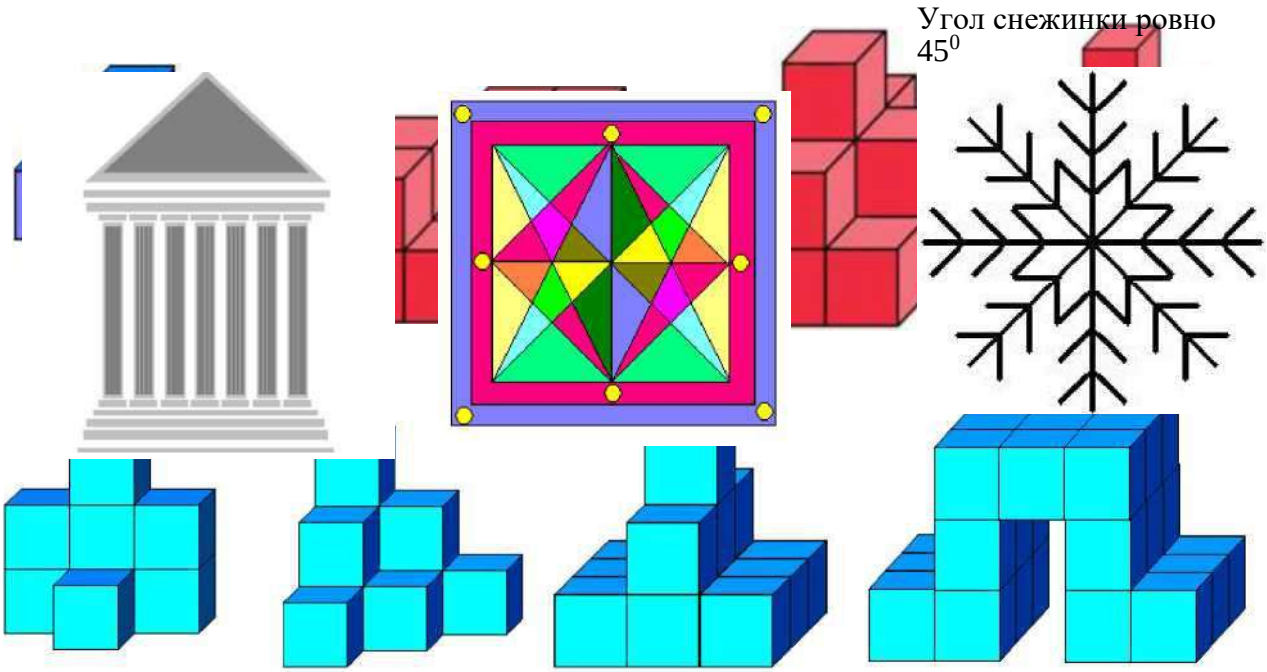


Задание 2. Нарисуйте симметричный орнамент и раскрасьте его по законам центральной симметрии. Алгоритм выполнения работы представлен на рисунке:



Задание 3. Нарисуйте квадрат и постройте пирамидки

1. Инструментом Прямоугольник +SHIFT нарисуйте квадрат размером сторон 2 *2 см.
2. Выделите квадрат прямоугольным выделением с прозрачной областью, скопируйте и вставьте его.
3. Инструментом Линия+Shift из трех углов квадрата провести линии под углом 45°. Лишние линии убрать Ластиком.
4. Инструментом Заливка окрасить грани краской одного тона, но разных оттенков.



Задание 4. Создайте следующие графические объекты

Практическая работа №8. Работа в программе

Калькулятор Цель: научиться использовать Калькулятор для различных вычислений.

Обычный режим позволяет вычислять 4 основные арифметические действия, а также вычислять корень числа, обратное число, проценты, а так же использовать буферную память.

Для вычисления корня V числа в Windows XP используется кнопка Sqrt

Для работы с памятью используются 4 кнопки:

M+ — прибавить значение, отображенное на индикаторе, к содержимому памяти;

MC — очистить память; *MR* — вывести на экран содержимое памяти;

MS — занести в память содержимое индикатора.

Пример 1. Вычислить значение выражения л/8 + 7/8 — 57-1,01 + 1/-у7 -=

1. Вычислим корень из числа 8. Для этого введем число 8 и нажмем на кнопку Щ] или Sqrt.
2. Занесем результат в память. Для этого после появления результата нажмем на кнопку |M+
3. Вычислим значение дроби 7/—. Для этого введем число 7, затем нажмем на кнопку а после этого число 8. Нажав на кнопку =] получим значение дроби. Добавим значение в память M+.
4. Вычислим значение произведения 57-1,01. Так как произведение стоит со знаком минус, то после получения результаты нажмем на кнопку +/-|. Добавим получившееся значение в память.
5. Вычислим корень из 7. После нахождения значения корня нажмем на кнопку 1/x. Получившееся значение добавим в память. Для вывода итогового значения нажмем на кнопку MR. (-53,488608402244582675182106015346)

*з***адание 1. Вычислить значения выражения:**

345+8-4-257	-28,125+35+1/8=	$5^{0,5^2-14}$ ^—+17 =
$14^2 - 7^3 - 15000 /5^3$	(2л/8 + 3V5 - 7л/2)(л/72 - 5 л/20 - 2л/2) =	л/57*2^5 -42*7 + 22
2^2д/2л/2л/2	$\sqrt[3]{26}$ 3 +33 8 7	^ 847 ^ /847 ,6 +. + л 6 + J = V V 27 V V 27
1 5 *1*— л/15 , - + 0,5- v37 -- ------ 10-2,5-3 V 7 27	^3-V 5-V13 + V48	лЯэ + 89 - 0,025 5 * 6 V19

Задание 2. Вычислите в различных системах счисления. *Вид-Программист*

Hex **(Шестнадцатеричное),** *Dec* **(Десятичное),** *Oct* **(Восьмеричное),** *Bin* **(Двоичное).**

Результат вычислений скопируйте в файл **РасчетыЛх!**

1. Переведите двоичные числа в восьмеричную систему счисления:
   а)1010001001011; в)101100110П11; д)110001000100;
2. Переведите двоичные числа в шестнадцатеричную систему счисления:
   а)1010001001011; в)10П00П01Ш; д)110001000100;

4. Переведите восьмеричные и шестнадцатеричные числа в двоичную систему счисления: а)26б8;
в)12708; д)10238;

Задание 3. Выполнить арифметические операции, результаты допишите в файл **РасчетыЛх!**

Сложить числа	Выполнить вычитание	У множение	Деление.
10001111102+1011000101	11000010102-100000112	11001102* 1100102	1110100002:100002
10010002+11011010012	11010000012-100000102	17748* 2348	43438:318
1101100102+10000111112	1100101100112-100101012	10616* 26816.	А3В16 : 1В16

Задание 4. С помощью Калькулятора самостоятельно осуществите следующие преобразования (Вид - Преобразование единиц):

15 миль - в километры
100 недель - в часы
4 карата - в граммы
1 американскую пинту - в литры
1 британский галлон - в литры
20 лошадиных сил - в киловатты

Практическая работа № 9. Работа с буфером обмена

Цель: отработать умение использовать Буфер Обмена при работе с одним документом.

Буфер обмена - это область оперативной памяти, которая служит для временного хранения данных.

При этом процесс переноса или копирования данных из одной программы в другую состоит в следующем:

1. Выделяются данные для копирования или переноса. Эти данные копируются или вырезаются в Буфер обмена, с помощью команд меню Правка - Копировать или Вырезать.
2. Выбирается программа, в которую необходимо поместить данные.
3. Устанавливается курсор в том месте, в котором необходимо поместить данные. Это очень важный пункт, про который обычно студенты забывают.
4. Данные вставляются из Буфера обмена, с помощью команды Правка - Вставить.

Практическое задание

1. В своей папке создайте папку Новые документы.
2. Запустите программу Блокнот. Наберите в Блокноте текст "Результаты вычислений".
3. Запустите программу Калькулятор.

Произведите следующее вычисление 1)sin45, 2)cos60, 3) 44^2, 33^3; 15^4; 25^3, 4) 81-45,34+19,6+21,75=,

4. Скопируйте полученные результаты в Буфер Обмена, выполнив команды Правка - Копировать.
5. Вставьте результаты из Буфера Обмена.
6. Сохраните документ в папке Новые документы под именем Вычисления.
7. Закройте программу Калькулятор.
8. Запустите программу Microsoft Word. Наберите в Word следующий текст стихотворения:

   РАСУЛ ГАМЗАТОВ Я ВЛЮБЛЕН
   В СТО ДЕВУШЕК
   Я в сотню девушек влюблен,
   Они везде, повсюду,
   Они и явь, они и сон,
   Я век их помнить буду.

9. Сохраните текст в папке Новые документы под именем Гамзатов.
10. Скопируйте текст в Буфер Обмена. Вставьте скопированную часть текста в программу Блокнот.
11. Закройте программу Блокнот сохранив с именем Стихи.
12. Запустите программу графический редактор Раш!Нарисуйте букет цветов.
13. Вставьте созданный вами рисунок в документ Microsoft Word. Выполните повторное сохранение текста.
14. Вставьте символ для этого зайдите Все программы-Стандатные-Служебные-Таблица символов. Выберите шрифт Wingdings. Найдите и выберите символ человечка ©.
15. Переключитесь в Microsoft Word. Вставьте символ смеющегося человечка в начале текста. Выполните сохранение текста.
16. Покажите результат работы преподавателю.

Практическая работа №10. Работа со стандартными приложениями Windows

Цель: закрепить умение работать с Буфером обмена, переключаться между окнами.

Задание 1. Создайте в своей рабочей папке с номером группы папку с именем Итоговая Работа.

1. Запустите программы **Калькулятор, Блокнот**, Текстовый редактор **WordPad**, Графический редактор **Paint**.
1. Активизируйте окно программы **Блокнот**. Для автоматического указания времени и даты создания записей в документе программы **Блокнот** введите в начало документа команду **.LOG** в первую позицию первой строки. Сохраните документ в папке Итоговая Работа под именем *Блок.Ш.* Закройте окно программы **Блокнот**.
2. Откройте документ *Блок.Ш.* Что изменилось в содержании документа *Блок.Ш*?
3. Установите текущее время и дату с помощью команды меню окна программы **Блокнот ПРАВКА-Дата и время**.
4. Введите следующий текст: Вычисление суммы 123+456=
5. Выделите выражение 123+456 и скопируйте его в буфер обмена.
6. Активизируйте окно программы **Калькулятор**. С помощью меню **ВИД** установить режим **Обычный** и введите команду **ПРАВКА - Вставить**. Введите знак «=», щелкнув мышью по соответствующей кнопке **Калькулятора**. Полученный результат скопируйте в буфер обмена, используя меню **Правка**.
7. Запустите окно программы **Блокнот**, вставьте результат вычисления, находящийся в буфере обмена, в документ *Блок. txt.*
8. Закройте окно программы **Блокнот**, сохранив документ.
9. Еще раз откройте файл *Блок.Ш.* После новой даты введите 372*783= и вычислите результат с помощью **Калькулятора**. Закройте документ *Блок.Ш* с сохранением.

Задание 2.

1. Разверните окно программы **WordPad**.
2. Выполните с помощью **Обычного Калькулятора** следующие вычисления и оформите файл **WordPad** (Используйте копирование результатов из **Калькулятора** и обратно через буфер обмена):

Нахождение частного:	425/25; 1/10; 1/4; 1/5 =
Извлечение корня:	V225 , V1728) =
Вычисление процентов (33,3% от 750):	750*33,3% =
Возведение в степень:	17^2,5^3,2^{10}, 10^4 =
Среднее арифметическое	(31550 + 2163 + 154 +3)/4=

4. Сохраните результаты работы в своей папке Итоговая Работа с именем *Вычисления.*

Задание 3.

1. Активизируйте окно программы **Paint** с помощью комбинации клавиш Alt+Tab и разверните окно на весь экран.

2. Нарисуйте небольшой осенний листок. Используя применение команд меню **РИСУНОК^Отразить /Повернуть, Растянуть/Наклонить и Обратить цвета,** скопируйте свой листок несколько раз в разных ракурсах. Получится осенний листопад. Сохраните файл Листопад.bmp в своей папке.

Задание 4.

1. Создайте в **WordPad** новый документ. Введите заголовок: **Стандартные программы Windows:**Используя комбинацию клавиш Alt+PrintScreen сделать скриншот активной программы. Вызвать контекстное меню и **Вставить** изображение в свой файл, сделать надпись **Текстовый редактор WordPad**.
2. Аналогично создать скрины и подписи для всех стандартных программ**: Блокнот Калькулятор, Г рафический редактор Paint.**
3. Сохраните в своей папке под именем *Окна.* Выйдите из программы, сохранив результаты работы.

Практическая работа № 11. Поиск папок и файлов в ОС Windows.

Цель: изучение принципов архивации файлов, функций и режимов работы наиболее распространенных архиваторов, приобретение практических навыков работы по созданию архивных файлов и извлечению файлов из архивов.

два

Если известна только часть имени документа, то для поиска можно использовать подстановочных знака:

? — замена любого количества символов,

— замена одного символа.

Задание 1

1. **Найдите все *текстовые документы Microsoft Word на* рабочем диске. Рассортируйте их по размеру (Вид-Таблица, Сортировка - Размер). Запишите в тетрадь название самого большого по размеру файла и его вес.**
2. **Найдите на диске С:ф:)все *текстовые документы,* имена которых начинаются на букву «Д».**
3. **На диске С:ф:)найдите все *текстовые файлы,* начинающиеся на букву «а» (латинскую), имеющие в названии букву «L», и заканчивающиеся на «tion».**
4. **Найдите на диске С:ф:)все *графические файлы Точечный рисунок,* в названии которых третьей является буква «е» (русская).**
5. **На диске С:ф:)найдите все *графические файлы Рисунок JPEG,* имена которых состоят из 8 символов и третья буква «е» (латинская).**

Задание 2

1. **Сколько** *текстовых файлов* **было создано за последнюю неделю? Рассортируйте их по имени.**
2. **Сколько** *графических файлов* **было создано в период с марта по июнь?**
3. **На диске С:ф:)найдите все** *текстовые файлы,* **в названии которых есть буквы «а» и «д», измененные за последний месяц.**
4. **Найдите на диске С:ф:)все** *графические файлы* ***Точечный рисунок,*** **размер которых не превышает 30 Кб.**
5. **Найдите на диске С:ф:)все** *графические файлы* ***Рисунок JPEG,*** **размер которых превышает 1Мб.**
6. **Запишите в тетрадь все способы упорядочивания папок и файлов.**

Задание №3.

1. **В своей папке создайте папку Архивы. В ней создайте папки Изображения и Документы.**
2. **Найдите и скопируйте в папку Изображения рисунки с расширениями **.jpg , *.bmp* и **.gif***
3. **Сравните размеры файлов **.bmp, *.gif*** *M* ****.jpg***. **и запишите данные в таблицу.**

4. В папку Документы поместите файлы **.doc* (не менее 3) и запишите их исходные размеры в таблицу. Сравните размеры графических и текстовых файлов.

	Документы			Графические файлы		
	Документ!. doc	Документ2Лос	Документ3^ос	Листопадоря	Листопад^!	Листопад.Ьшр
Размер файла						

Практическая работа №12. Создание архива данных. Извлечение данных из архива. Атрибуты файла и его объем

Задание №1. Архивация файлов в формате Rar

1. Запустите **WinRar или 7Zip (Пуск - Все программы).** В появившемся диалоговом окне выберите папку, в которой будет создан архив: **(Архивы/Изображения).** Установите курсор на имя графического файла Листопад.bmp Выполните команду **Добавить (+)**.
2. Введите имя архива в поле **Архив -** Листопад**.rar** и убедитесь, что в поле **Формат архива** установлен тип **Rar**.
3. Установите в поле **Режим изменения**: *добавить и заменить.*
4. В раскрывающемся списке **Уровень сжатия:** выберите пункт **Нормальный.** Запустите процесс архивации кнопкой **ОК**.
5. Сравните размер исходного файла с размером архивного файла. Данные запишите в таблицу №1.
6. Для извлечения файлов из архива создайте папку **Извлеченные** внутри папки **Изображения**. Выделите архив Листопад**.rar**, выполните команду **Извлечь.** В появившемся диалоговом окне **Извлечь** в поле **Распаковать в:** выберите папку-приемник - **Архивы/Изображения/Извлеченные.**
7. Создайте самораспаковывающийся **Rar**-архив. Для этого установите курсор на имя файла Листопад.Ьтр, выполните команду **Добавить (+).**
8. Введите имя архива в поле **Архив -** Листопад**.exe** и убедитесь, что в поле **Формат архива** установлен тип **exe**.
9. Установите в поле **Режим изменения**: *добавить с заменой файлов.*
10. Установите флажок **Создать SFX-архив**.
11. В раскрывающемся списке **Уровень сжатия:** выберите пункт **Обычный.** Запустите процесс архивации кнопкой **ОК**.
12. **Сохранить КАК** Листопад.Ьтр с новым расширением - jpg, gif. Аналогичным образом создайте архивы для файлов Листопад^^ Листопад.jpeg.
13. Создайте Документ1.бое, Документ2.бое, Документ3.бое. и заархивируйте их. Сравнительные характеристики исходных файлов и их архивов занести в таблицу№1.

Задание №2. Архивация файлов в формате Zip

1. Запустите **WinRar или 7Zip.** Проделайте архивирование тех же файлов в формате **Zip.**
2. Сравнительные характеристики исходных файлов и их архивов занести в таблицу_1.
3. Создайте самораспаковывающийся **Zip** - архивы, включающие в себя текстовые и графические файлы.

	Размер исходных файлов	Архиваторы	
		WinRar	**WinRZip**
Текстовые файлы: 1. Документ1.бое			
2. Документ2.бое			
3. Документ3.бое			
Графические файлы: 1. Листопад. jpg			
2. Листопад.gif			
3. Листопад.Ьтр			

Проверочная работа по Windows. 1 вариант.

1. В папке «Документы» создать папку с Вашей фамилией.
2. В этой папке создать 3 следующие папки Рисунки, Документы, Общая.
3. В папке Документы создать Текстовый документ с именем Voprosi.txt содержимое, которого должно быть следующее:
   * Перечислите основные элементы окна приложения.
   * Поясните отличие команд ВЫРЕЗАТЬ и КОПИРОВАТЬ.
   * Расчеты произвести в калькуляторе. $\frac{VT3 + 89 \bullet 0{,}025}{\frac{5}{6}\ \frac{1}{VT9}}$ Ответ=
   * В чем заключается назначение папки КОРЗИНА?
4. Создать новый Тестовый документ с именем Otveti.txt, в который скопировать содержимое документа Voprosi.txt и дать ответы на них. Файл с ответами сохранить в папке Общая.
5. В папке Рисунки создать рисунок с именем Risunok.bmp следующего содержания

С новым годом дорогие друзья!

6. Скопировать файл в папку с названием Общая и переименовать Snegovik.bmp.
7. Создать архив папки Общая. Предъявить работу преподавателю.

Проверочная работа по Windows. 2 вариант.

1. На рабочем диске C: или D: создать папку с Вашей фамилией.
2. В этой папке создать Текстовый документ следующего содержания:
   * Что представляет собой РАБОЧИЙ СТОЛ?
   * Как можно создать ярлык на РАБОЧЕМ СТОЛЕ?
   * Расчеты произвести в калькуляторе. $\frac{3}{8}$ V26 - 3 ^33 + $\frac{У47}{7}$ Ответ=
   * Чем отличается команда СОХРАНИТЬ от команды СОХРАНИТЬ КАК?

   Сохранить документ с именем Bloknot.txt
3. В папке с Вашей фамилией создать папку с именем Ответы и скопировать туда файл Bloknot.txt.
4. Ввести ответы на вопросы и переименовать файл в Zachet.txt.
5. В папке Ответы создать папку Картинки.
6. В папке Картинки создать рисунок с именем Risunok.bmp следующего содержания:

Счастливого нового года!

7. Скопировать файл Risunok.bmp. в папку Ответы.
8. Удалить файл с именем Bloknot.txt. Создать архив папки Ответы.
9. Предъявить работу преподавателю.

Практическая работа №13. Работа с антивирусными программами

Цель: научиться производить настройки антивирусной программы, проверять различные объекты на наличие вируса.

1. Откройте антивирусную программу командой ***Пуск — Все*** *программы.* *
2. Внимательно изучите интерфейс программы.
3. Просмотрите информацию о текущих базах, выбрав слева раздел ***ОБНОВЛЕНИЕ***. Ответьте на вопросы:
   - Дата последнего обновления.
   - Срок действия лицензии
   - Статус баз
   - Режим запуска
4. Выберите раздел ***ЗАЩИТА*** и ответьте, какие компоненты входят в комплексную защиту компьютер?
5. Выберите раздел слева ***ПРОВЕРКА*** и просмотрите:

- Какие объекты проверяет Антивирус Касперского?
- Может ли пользователь задавать, какие объекты следует проверять, а какие нет? Как это сделать?

6. Откройте окно ***НАСТРОЙКА***, нажав на кнопку ***Настройка,*** и подготовьте ответы на следующие вопросы:

- Проверяются ли на наличие вирусов файлы, находящиеся в архивах? Где это задано?
- Какие действия может выполнять Антивирус Касперского с инфицированными и подозрительными объектами?

7. Используйте ***СПРАВКУ,*** найдите информацию о защите сетевых атак и скопируйте найденную информацию в текстовый документ.
8. Сохраните документ в своей папке (название папки Ваша фамилия) под именем ***Справка***.
9. Выполните проверку своей папки на наличие вирусов.
10. Импортируйте отчет в текстовый файл под именем ***Отчет*** в свою папку, нажав на кнопку ***Сохранить как***.
11. Проведите проверку всех локальных дисков компьютера на наличие вируса.
12. Используя раздел ***Справки,*** ответьте на следующие вопросы:
    - Отличие *полной проверки* от *быстрой проверки*
    - Понятие *вирусной атаки*
    - Назначение *доверенного процесса*
    - Понятие *карантина*
    - С какой целью объекты помещаются на карантин?
    - Понятие *подозрительного объекта*

Контрольные вопросы:

1. Что такое компьютерный вирус?

2. еречислите виды компьютерных вирусов. Ответ оформите в виде таблицы:

Признак классификации	*Виды компьютерных вирусов*

1. Какие могут быть признаки заражения компьютерным вирусом?

2. Виды антивирусных программ. Ответ оформите в виде таблицы:

Вид антивирусной программы	*Алгоритм действия*	*Достоинства*	*Недостатки*

1. Укажите действия для проверки диска C:(^)\ на наличие вирусов?
2. Какая информация отображается в отчёте о проведенной проверке?

Практическая работа №14. Поиск информации в сети Интернет

Задание 1.Найти указанную информацию и скопировать в новый документ.

1. Зайти на сайт htlp:www.gismeteo.ru и узнать **погоду** на ближайшие трое суток в вашем населенном пункте.
2. Зайти на сайт телеканала РТР http://www.rutv.ru и найти **телепрограмму на текущий** день.
3. Зайти на сайт **Лаборатории Касперского** http:/www.kaspcrsky.ru/ и найти **описания** вредоносных программ (их классификацию).
4. Зайти на сайт **Российских железных** дорог http://www.rgd ru и найти информацию о **расписании** и **наличии** билетов на завтрашний день на поезда, идущие по маршруту Волгоград 1- Москва.
5. Зайти на сайт газеты **«Из рук в руки»** вашего населённого пункта и найти информацию обо всех **продаваемых** автомобилях **Ford Focus 2009 года выпуска**.
6. Зайти на сервер Волгоградского института бизнеса http://www.volbi.ru и узнать об **условиях приёма** на вашу специальность.

Задание 2.

1. Зайти на сайт любого **компьютерного салона** вашего населенного пункта (найти с помощью поиска) и **скачать** их **прайс-лист,** сохранив его в своей папке.
2. Зайти в свой почтовый **ящик** и **отправить** скачанный прайс-лист на электронный ящик вашего преподавателя.
3. Найти информацию об **операционной системе Linux** и сохранить её в виде **файла** в формате **.doc** (используя буфер обмена) в своей папке.
4. Найти информацию о курсах валют на сегодня (евро и доллар).
5. Найти приведённую ниже информацию о **вашем городе**: Дата создания, площадь, население, телефон приемной Администрации города, темп инфляции, прожиточный минимум.

Задание 3. Найдите в сети Интернет ответы на поставленные вопросы и заполните таблицу.

№	Вопрос	Ответ	Адрес страницы
1.	Какой международный символ означает данная картинка? ^4^ В честь какого ученого назван данный символ?		
2.	Какой драгоценный металл получают из вторичной переработки материнских плат и процессоров?		
3.	Фамилия разработчика программы Power Point.		
4.	В каком году был официально делегирован российский домен .ru		
5.	К ак называлась шифровальная механическая машина, применявшаяся для кодировки радиосообщений во время второй мировой войны в Германии. Найдите ее название и изображение.		
6.	Эта компания была основана 1 января 1939 года двумя друзьями для производства тестирующего и измеряющего оборудования. Ныне это крупная американская компания - поставщик офисного оборудования и программного обеспечения. Вставьте её логотип и имена основателей		
7.	Компьютерные тест, термин которого появился в 2000 году, и предназначен для определения пользователя системы.		
8.	Основоположник римской стенографии изобрел графический символ сокращенного латинского союза et, который используется в математической логике. Записать символ и его автора		
9.	Этот символ ставили средневековые врачи в конце рецепта для пациентов, а теперь его используют в IT.		

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

СГ. 04 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Направление подготовки
15.02.16 Технология машиностроения

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Иностранных языков и деловой коммуникации	горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой	Председатель
(подпись)	*(подпись)*
Юсупова Л. Г.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 8.09.2022	Протокол № 1 от 12.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2022

Методические указания дисциплины согласованы с выпускающей кафедрой эксплуатации горного оборудования

Заведующий кафедрой _____ Симисинов Д.И.

подпись

СОДЕРЖАНИЕ

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям……... 3
1.1 Повторение материала практических занятий……..... 3
1.2 Чтение и перевод учебных текстов……. 42
1.3 Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций) ..……..... 60
1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения) ……. 73
1.5 Подготовка к контрольной работе 73

II. Другие виды самостоятельной работы……. 73
2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания:
2.1.1 Подготовка к ролевой игре……. 73
2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию ……. 74
2.1.3 Подготовка к опросу …… 75
2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного……. 75
2.3 Подготовка доклада…….. 94
2.4 Подготовка к тесту……..... 95
2.5 Подготовка к экзамену…….. 99

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям

1. Повторение материала практических занятий

Практические занятия направлены на развитие умений иноязычного говорения в рамках заданных РПД тем: бытовая сфера общения (Я и моя семья); учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование); социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир); профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность).

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My family

My name is Vladimir Petrov. I am … years old. I was born in 19… in Nizhniy Tagil. I went to school when I was 7. In 20… I finished school number 10 in Ekaterinburg. This year I entered the Ural State Mining University. In five years I shall graduate from this University.

I live in the center of Ekaterinburg. I work at the Ministry of Foreign Trade. I'm an engineer & I am also a student. Many engineers in our Ministry learn foreign languages.

My family is not large. I have a wife & two children. My wife's name is Ann & children's names are Nick & Natalie.

My wife is an economist. My wife is a young woman. She is twenty – nine years old. She works at the Ministry of Foreign Trade, too. She goes to the office every day. My wife doesn't learn English. She already knows English very well. She reads many English books, magazines & newspapers. My wife is also a student. She learns German. She likes languages very much & is going to learn French next year.

My daughter is a girl of ten. She goes to school. She has a lot of subjects at school. She also learns English. She also helps her mother at home.

My son is a little boy. He was born five years ago. I take him to the kindergarten every morning.

My parents are not old. My father is 53. He is an engineer. He graduated from The Ural Polytechnical Institute. He works at a big plant. My mother is 51. She is a teacher. She teaches Russian at school. She graduated from the Leningrad Teachers' Training University.

My sister's name is Katya. She works at an office. Besides she studies at an Evening Department. She is married. Her husband is a doctor. He works at a hospital. They have a little son. He is only six months old.

My elder brother, Boris by name, does not stay with us. He lives in Gorky in a large two-roomed flat. He is a designer. He has also a family of his own. He has a wife & two children: a boy & a girl. Their son is already a pupil. My brother & his family often come to see us. We also visit them sometimes.

I also have a grandfather & a grandmother. They are pensioners. My grandmother looks after the house & does the cooking. We usually take our children to the country in summer to stay with their grandparents. They love their grandchildren very much.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My student's life

I'm a student of The Ural State Mining University. I have been a student only one month. I can't speak English very well yet. I am just a beginner. I live in a hostel. It is rather a long way from the University. In fact, it takes me about an hour to get to the University. But it gives me no trouble at all, as I like to get up early. I don't need an alarm-clock to wake me up. I am an early - riser.

Though the hostel is far from the University it is very comfortable & has all modern conveniences.

As a rule I get up at 6.30, do morning exercises & have shower. I don't have a bath in the morning; I have a bath before I go to bed.

For breakfast I have a boiled egg & a cup of coffee in order not to waste the time. At about 7.30 I am quite ready to go. It is about 5 minutes walk from the hostel to the stop. I usually take the 7.40. bus. I walk to the stop as I have plenty of time to catch my bus.

I come to the University 5 minutes before the lesson begins. So I can have a chat with my friends. The majority of my group mates are from Ekaterinburg the others either come from different towns of our country. We usually have a lot of things to talk about.

We don't go out to the lunch. There is a good canteen at the University. It is on the ground floor. But I should say that you have to stand in a queue to have lunch.

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

Ekaterinburg – an Industrial Centre

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the

territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world's largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o'clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don't like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul's Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It's the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent's Park. The last one is the home of London Zoo.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My speciality is Geology

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth's surface and on its surface.

2. Petrology which studies the rocks of the Earth.

3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.

4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.

5. Historic Geology which treats of the Earth's history.

6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.

7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

Практические занятия направлены также на формирование грамматического навыка по темам: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have, о*борот *there+be,* имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №1:

Таблица №1

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9

Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435
Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*	102-104	6-8
Оборот *there+be*	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

Повторите материал практических занятий!

Порядок слов в английском предложении

В русском языке, благодаря наличию падёжных окончаний, мы можем переставлять члены предложения, не меняя основного смысла высказывания. Например, предложения Студенты изучают эти планы и Эти планы изучают студенты совпадают по своему основному смыслу. Подлежащее в обоих случаях - студенты, хотя в первом предложении это слово стоит на первом месте, а во втором предложении - на последнем.

По-английски такие перестановки невозможны. Возьмём предложение The students study these plans Студенты изучают эти планы. Если подлежащее и дополнение поменяются местами, то получится бессмыслица: These plans study the students Эти планы изучают студентов. Произошло это потому, что слово plans, попав на первое место, стало подлежащим.

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

I	**II**	**III Дополнение**			**IV Обстоятельство**
Подлежащее	**Сказуемое**	**Косвенное без предлога**	**Прямое**	**Косвенное с предлогом**	
We Мы	study изучаем		math математику		
He Он	gives дает	us нам	lessons уроки		in this room. в этой комнате
She Она	reads читает		her notes свои заметки	to Peter Петру	every day. каждый день

Вопросительное предложение

Общее правило построения вопросов в английском языке таково: Все вопросы (кроме специальных вопросов к подлежащему предложения) строятся путем инверсии. Инверсией называется нарушение обычного порядка слов в английском предложении, когда сказуемое следует за подлежащим.

В тех случаях, когда сказуемое предложения образовано без вспомогательных глаголов (в Present и Past Indefinite) используется вспомогательный глагол to do в требуемой форме - do/does/did.

Общие вопросы

Общий вопрос задается с целью получить подтверждение или отрицание высказанной в вопросе мысли. На общий вопрос обычно дается краткий ответ: "да" или "нет".

Для построения общего вопроса вспомогательный или модальный глагол, входящий в состав сказуемого, ставится в начале предложения перед подлежащим.

а) Примеры сказуемого с одним вспомогательным глаголом: Is he speaking to the teacher? - Он говорит с учителем?

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.

Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?

Примеры с модальными глаголами:

She can drive a car. – Она умеет водить машину.

Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot)

Когда в составе сказуемого нет вспомогательного глагола (т.е. когда сказуемое выражено глаголом в Present или Past Indefinite), то перед подлежащим ставятся соответственно формы do / does или did; смысловой же глагол ставится в форме инфинитива без to (словарная форма) после подлежащего.

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.

Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?

Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

Ответы на общие вопросы

Общий вопрос требует краткого ответа "да" или "нет", которые в английском языке образуются следующим образом:

а) Положительный состоит из слова Yes за которым (после запятой) идет подлежащее, выраженное личным местоимением в им. падеже (никогда не используется существительное) и тот вспомогательный или модальный глагол, который использовался в вопросе (вспомогательный глагол согласуется с местоимением ответа);

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not

Например: Are you a student? - Ты студент?

Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.

Do you know him? – Ты знаешь его?

Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don’t. – Нет (не знаю).

Специальные вопросы

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.

Специальные вопросы могут начинаться словами:

who? – кто? whom? – кого? whose? - чей? what? – что? какой? which? – который?

when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?

how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго? сколько времени?

how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

Вопрос к прямому дополнению:

What are you reading? Что ты читаешь?
What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

Вопрос к обстоятельству

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.
When will he come back? – Когда он вернется?
What did he do it for? Зачем он это сделал?
Where are you from?

Вопрос к определению

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?
Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

Вопрос к сказуемому

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: ”Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?”, например:

What does he do? Что он делает?

Специальные вопросы к подлежащему

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)
what - что (для неодушевленных существительных)
The teacher read an interesting story to the students yesterday.
Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):

Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

Альтернативные вопросы

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or: Is he reading or is he writing?

Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

Разделительные вопросы

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводится на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:
You speak French, don't you? You are looking for something, aren't you? Pete works at a plant, doesn't he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:
It is not very warm today, is it? John doesn't live in London, does he?

Безличные предложения

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Ранее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это. It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

Местоимение. The Pronoun.
Классификации местоимений.

1	**personal**	личные
2	**possessive**	притяжательные
3	**demonstrative**	указательные
4	**indefinite and negative**	неопределенные и отрицательные
5	**quantifiers**	количественные

6	**reflexive**	возвратные
7	**reciprocal**	взаимные
8	**relative**	относительные
9	**defining**	определительные
10	**interrogative**	вопросительные

I. Личные (personal) местоимения

Общий падеж		**Объектный падеж**	
I	я	**me**	мне, меня
he	он	**him**	его, ему
she	она	**her**	ей, о ней
it	оно, это	**it**	ей, ему, этому
we	мы	**us**	нам, нас
they	они	**them**	им, их
you	ты, вы	**you**	тебе, вам

Внимание! He (он) и **she (она)** в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).

he	**she**	**it**
a boy – мальчик **a man –** мужчина **brother –** брат **father –** отец **Nick –** Николай **Mr Grey –** мистер Грей	**a girl –** девочка **a woman –** женщина **sister – с**естра **motherч–** мама **Kate –** Катя **Mrs Grey –** миссис Грей	**a cat –** кот **a wall –** стена **rain –** дождь **love –** любовь **a hand –** рука **an apple -** яблоко

Англичане говорят <u>It's me</u>, а не It's I (это я).

II. Притяжательные (possessive) местоимения

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке **две формы - основную** (после этой формы обязательно требуется существительное).
Whose pen is it? - *Чья это ручка?* - **It's my pen**. - *Это моя ручка*.
И **абсолютную** (существует самостоятельно, без существительного) - **It's mine.** - *Это моя.*

Личное местоимение	**Основная форма**	**Абсолютная форма**
I – я **he –** он **she –** она **it – оно,** это **we –** мы **you –** ты, вы **they -** они	**my (toy) -** моя (игрушка) **his (toy) -** его (игрушка) **her (toy) -** ее (игрушка) **its (toy) -** его (не о человеке) **our (toy) -** наша (игрушка) **your (toy) -** ваша, твоя (игрушка) **their (toy) -** их (игрушка)	**his -** его **hers -** ее **its -** его (этого) **ours -** наша **yours -** ваша, твоя **theirs -** их

III. Указательные (demonstrative) местоимения

this (это, эта, этот) **– these** (эти) **that** (то, та, тот) **- those** (те)

IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения

Местоимения some, any, every, и их производные

• Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:
I have/l have got three apples. *У меня есть 3 яблока,*

• Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/1 have got apples.** *У меня есть несколько яблок (некоторое количество).*

Производные от неопределенных местоимений

Слово **"think"** обозначает **"вещь"** (не обязательно материальная).
Слово **"body"** обозначает **"тело".** Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

Thing используется для неодушевленных (что-то):

some		**something –** *что-то, что-нибудь*
any		**anything -** *что-то, что-нибудь*
	thing	
no		**nothing -** *ничего, ничто*
every		**everything -** *все*

Body/one - для одушевленных (кто-то):

some		**somebody/someone –** *кто-то, кто-нибудь*
any		**anybody/anyone -** *кто-то, кто-нибудь*
	body/one	
no		**nobody / no one -** *никого, никто*
every		**everybody /everyone –** *все, каждый*

Местоимение **some** и основа **body** должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо **somebody** – *кто-то*, получится **some body** - *какое-то тело*, **Something/somebody/someone** - в утвердительных предложениях, **anything/anybody/anyone** - в отрицательных и вопросительных предложениях**, nothing/nobody/no one** – в отрицательных. **Anything/anybody/anyone** - также используются в утвердительных предложениях, но в значении *что угодно/кто угодно*

somewhere - *где-нибудь, куда-нибудь*	**anywhere -** *где угодно*
nowhere - *нигде*	**everywhere -** *везде*

V. Количественные (quantifiers) местоимения

Many и much - оба слова обозначают **" много"**, С **исчисляемыми** существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово **many**, а с **неисчисляемыми** - слово **much**.

many girls - *много девочек*	**much snow -** *много снега*
many boys - *много мальчиков*	**much money -** *много денег*
many books - *много книжек*	**much time -** *много времени*

How many? } **сколько?** **How much?**

How many girls? - *Сколько девочек?*
How much sugar? - *Сколько сахара?*
How much sugar? - *Сколько сахара?*

a lot of... - много - используется и с исчисляемыми, и с неисчисляемыми существительными
a lot без (of) используется и без существительного.

girls – много девочек
a lot of
sugar - много сахара

Сравните: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.*
He writes **a lot.** *Он много пишет.*

В утвердительных предложениях используйте **a lot of.**
В отрицательных и в вопросительных **many/much,**

Сравните:

(+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*.
(-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?*

Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":**

Do you ski **much**? *Вы много (часто) катаетесь на лыжах?* No, not much (= not often).Нет, не часто.

Few, little, a few, a little

С неисчисляемыми существительными используйте слово little (мало), а с исчисляемыми - few (мало).

few books - мало книг **few girls -** мало девочек **few boys -** мало мальчиков	**little time -** мало времени **little money -** мало денег **little snow -** мало снега
little **few** } **мало (т.е. надо еще)**	**a little** **a few** } **немного (т.е. пока хватает)**

VI. Возвратные (reflexive) местоимения

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением **- self** в единственном числе и **- selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

Личное местоимение	**Возвратное местоимение**	**Пример**	**Перевод**
I	myself	I did it myself.	Я сделал это сам
he	himself	He did it himself.	Он сделал это сам.
she	herself	She did it herself.	Она сделала это сама
you	yourself	You did it yourself.	Вы сделали это сами.
they	themselves	They did it themselves.	Они сделали это сами.
we	ourselves	We did it ourselves.	Мы сделали это сами.

VII. Взаимные (reciprocal) местоимения

Each other - друг друга (относится к двум лицам или предметам).
One another - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).
They spoke to <u>each other</u> rather friendly. *Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.*
They always help <u>one another</u>. *Они всегда помогают друг другу.*

VIII. Относительные (relative) местоимения

Who (whom), whose, which, that

who	**Именительный падеж <u>who</u> (подлежащее)** **The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister.** *Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.*
	Объектный падеж <u>whom</u> (дополнение) **The man <u>whom</u> I love the best is your brother.** *Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.*
which	**Для неодушевленных предметов и животных** **The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.*
whose	**Для одушевленных существительных**

	This is the man <u>whose</u> book we read yesterday. *Это человек, книгу которого мы читали вчера.*
	Для неодушевленных существительных **We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.*
that	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.*
	Для неодушевленных существительных **This is the film <u>that</u> we saw yesterday.** *Это фильм, который мы видели вчера.*

IX. Определительные (defining) местоимения

all

Употребление	Примеры	Перевод
определяет неисчисляемые существительные	He spent **all his** time fishing on the lake**.**	Он провел все свое время, ловя рыбу на озере.
определяет исчисляемые существительные	**All the** boys like football. **(the после all!)**	Все мальчишки любят футбол.
all = everything	I know **all/everything.**	Я знаю всё.
all = everybody	**All** were hungry. **Everybody** was hungry.	Все были голодны. Все были голодны.
we all = ail of us **you all = all of you** **they all = ail of them**	We **all** love you very much = **All** of us love you very much.	Мы все тебя очень любим

both

Употребление	Примеры	Перевод
определяет существительные	**Both (the/my) friends like football.**	Оба моих друга любят футбол
допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both	**Both these/the men are Russian.**	Оба (эти) мужчины - русские.
употребляется вместо существительного	**He gave me two apples.** **Both were sweet.**	Он дал мне два яблока. Оба были сладкими.
they both = both of them you both = both of you we both = both of us	**They both (both of them) came to visit us.**	Они оба пришли навестить нас.
в устойчивой конструкции **both...and.**	**Both mother father were at home**	И мама, и папа были дома.
в отрицательных предложениях **вместо both** используется **neither**	**Both of them know English.** **Neither of them know English.**	Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского.

either/neither

	Употребление	Примеры	Перевод
either	любой из двух (артикль не ставится)	**I've got 2 cakes.** **Take either cake.**	У меня 2 пирожных. Возьми любое.
	каждый, оба, и тот, и другой	**There are windows on either side of the house.**	С обеих сторон дома есть окна.
	заменяет существительное (глагол в ед. числе)	**Either of dogs is always hungry.**	Любая из собак вечно голодная.
neither	отрицательное местоимение-	**Neither of examples is correct.**	Ни один из примеров не верен.

	определение (ни тот, ни другой)		
	в констр. neither.. .nor (ни.. .ни)	**I like neither tea, nor coffee.**	Я не люблю ни чай, ни кофе.

other, another, the other, the others (другой, другие)

	Употребление	**Примеры**	**Перевод**
the other	другой (второй), другой из двух	**You've got 2 balls: one and the other.**	У тебя 2 мяча: один и другой.
another	другой из многих, еще один	**Take another ball.**	Возьми другой мяч. (Любой, но не этот.)
other	другие (любые), не последние	**Take other 2 balls.**	Возьми другие 2 мяча. (Из многих.)
the others	другие (определенные)	**There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.**	Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие.

X. Вопросительные (interrogative) местоимения

what	что	**What's this?**	Что это?
which	который	**Which of them?**	Который из них?
who	кто, кого	**Who was that?**	Кто это был?
whom	кого	**Whom did you meet?**	Кого ты встретил?
whose	чей	**Whose book is it?**	Чья это книга?

Имя существительное. The Noun

Категории	Существительное в русском языке	Существительное в английском языке
Число	**Изменяется**	**Изменяется**
Падеж	**Изменяется**	**Не изменяется**

The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

Способ образования	Примеры	Перевод
после глухих согласных	**a book - books** **a cup - cups**	**книга - книги** **чашка - чашки**
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	**имя - имена** **девочка - девочки**
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -y: 1) гласная +y	**a toy - toys** **a boy - boys**	игрушка - игрушки мальчик - мальчики
2) согласная **+** y	**a family - families** **a story - stories**	**семья - семьи** **история - истории**
слово заканчивается на	**a leaf - leaves**	лист - листья

-file	**a shelf - shelves**	полка - полки

Особые случаи образования множественного числа

Ед. число	**Мн. число**	**Перевод**
man	men	мужчина - мужчины
woman	women	женщина - женщины
foot	feet	нога (стопа) - ноги (стопы)
child	children	ребенок - дети
goose	geese	гусь - гуси
mouse	mice	мышь - мыши
ox	oxen	**бык - быки**
tooth	teeth	**зуб - зубы**

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):

This table is bigger that that one - Этот стол больше, чем тот (стол).

These table are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

Со словами one/ones **может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.**	
What apple do you want? **Какое ты хочешь яблоко?** **The red one. Красное.**	**What apples do you want?** **Какие яблоки ты хочешь?** **The red ones. Красные.**

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски.	This girl speaks English well.
Р. п. Это собака той девочки.	It’s a dog of that girl.
Д. п. Я дал яблоко той девочке. .	I gave an apple to that girl.
В. п. Я вижу маленькую девочку. .	1 can see a little girl.
Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой.	1 like to play with this girl.
П. п. Я часто думаю об этой девочке.	1 often think about this girl.

Притяжательный падеж. The Possessive Case

Образование притяжательного падежа

	Образование	**Примеры**	**Перевод**
существительные в единственном числе	**’s**	**bird’s house** **child’s ball**	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений}	**’s**	**children’s bail** **women’s rights**	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	**’**	**girls’ toy** **birds’ house**	игрушка девочек домик птичек

Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,

my mother's book - мамина книга,

this girl's bail - мячик девочки,

the bird's house - домик птички

Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:

the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,

Артикль. The Article

1. Неопределенный a/an (используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот a dog –собака a boy – мальчик a girl -девочка
a teacher - учитель

2. Определенный the (может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот the houses –дома the water -вода the weather –погода
the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т, д. Слово "an hour" (час) начинается с согласной буквы "h", но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю "a" также добавляется n = an

Упоминая объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при вторичном с упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга -книги)
- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

Использование неопределенного артикля a

один из множества (любой)	This is a cat.
первое упоминание в тексте	I see a bird.
при упоминании профессии	My brother is a pilot.
в восклицательных предложениях	What a good girl! What a surprise! Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a weak.
в определенных конструкциях there is a... I have a… he has a... I see a... this is a... that is a… It is a... Iama… he/she is a…	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist

в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter.., in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. We are living in a day.

Использование определенного артикля the

если речь идет о конкретном лице или предмете	The pen is on the table.
при повторном упоминании того же самого объекта	I see a cat. The cat is black.
если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света	the sun, the moon, the Earth
со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный)	The only man I love the main road to the left, to the right It was the right answer. the final test
с порядковыми числительными	the first, the tenth
с прилагательными в превосходной степени	the kindest, the most interesting the best
с музыкальными инструментами и танцами	to play the piano, to dance the tango
с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры)	The Britons keep their traditions.
с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов	the Hermitage the Tretyakov Gallery the Avrora the Seasame Street
с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of	the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard

Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний

in the middle, in the corner in the morning, In the evening, in the afternoon what’s the use? to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market the fact is (was) that... where is the…? in the country, to the country	The table is in the middle of the room. I never drink coffee in the evening. What's the use of going there so late? Do you like going to the theatre? He works at the shop. The fact is that I have no money at all. Where is the doctor? We always spend summer in the country.

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

Случаи, когда артикль не употребляется

если, перед существительным стоит притяжательное местоимение	a pen - my pen a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike the doll - sister's doll
если перед существительным стоит, количественное числительное	5 balls, 7 bananas, 2 cats
если перед существительным стоит отрицание “no”	She has no children. I see no birds.
перед именами	Mike, Kate, Jim, etc
с названиями дней недели	Sunday, Monday, etc.
с названиями месяцев	May, December, etc.
с названиями времен года	in spring, in winter
с названиями цветов	white, etc. I like green
с названиями спортивных игр	football, chess, etc.
с названиями блюд, напитков	tea, coffee, soup, etc,
с названиями праздников	Easter, Christmas, etc.
с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the	English, etc. I learn English, the English language
с названиями стран	Russia, France, etc HO: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netheriands, the Ukraine, the Congo
с названиями городов	Moscow, Paris, etc.
с названиями улиц, площадей	Trafalgar Square
с названиями парков	St James’ Park, Hyde Park
с названиями мостов	Tower Bridge
с названиями одиночных гор	Kilimanjaro
с названиями озер	Loch Ness
с названиями континентов	Asia, Australia, etc.
с названиями одиночных островов	Cyprus
если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное местоимение	what animals can swim? I know what thing you have lost!

ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

По своей структуре глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать
to order - приказывать
to read - читать
to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:
to unpack - распаковывать
to dismiss - увольнять, отпускать
to realize - представлять себе
to shorten - укорачивать (ся)
to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)
to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):
to broadcast (broad + cast) - передавать по радио
to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:
to carry out - выполнять
to sit down - садиться

По значению глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.
Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

Все формы глагола в английском языке делятся на личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения): As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

Глаголы в изъявительном наклонении выражают реальное действие, передают факты:
His son goes to school. Его сын учится в школе.
She has written an interesting article. Она написала интересную статью.
A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

Глаголы в повелительном наклонении выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:
"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.
Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

Глаголы в сослагательном наклонении выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

Глаголы в действительном залоге выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

Глаголы в страдательном залоге выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. **Глаголы совершенного вида** обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:
Он прочитал эту статью с интересом.

Глаголы несовершенного вида обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Am I?
I am	I'm	I am not	I'm not	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Is he?
He is	He's	He is not	He isn't	Is she?
She is	She's	She is not	She isn't	Is it?
It is	It's	It is not	It isn't	Are we?

We are You are They are	We're You're They're	We are not You are not They are not	We aren't You aren't They aren't	Are you? Are they?

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.
Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.
Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.
Yes, they are. No, they aren't.

WAS/WERE

Bob is eighty. He's old and weak.
Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.
Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.
В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they. В вопросахwas/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I was	I was not	I wasn’t	Was I?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
He was	He was not	He wasn’t	Was he?
She was	She was not	She wasn’t	Was she?
It was	It was not	It wasn’t	Was it?
We were	We were not	We weren’t	Were we?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
They were	They were not	They weren’t	Were they?

ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there’s. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn’t …/There aren’t … Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.
Yes, there is. No, there isn't.
Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например:
There is a house in the picture.
It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)
There are three books on the desk.
They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

Конструкция There was/There were

This is a modern town today.
There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.
This is the same town fifty years ago.
There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
There was	There was not	There wasn't	Was there?
There were	There were not	There weren't	Were there?

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

Глагол Have got

A bird has got a beak, a tail and wings.
Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.
What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.
She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.

б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.

в) в следующих высказываниях: I've got a headache. I've got a temperature. I've got a cough, I've got a toothache, I've got a cold, I've got a problem.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая	Полная форма	Краткая форма	Have I (got)?
I have (got)	форма	I have not (got)	I haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	I've (got)	You have not	You haven't (got)	Has he (got)?
He has (got)	You've (got)	(got)	He hasn't (got)	Has she (got)?
She has (got)	He's (got)	He has not (got)	She hasn't (got)	Has it (got)?
It has (got)	She's (got)	She has not (got)	It hasn't (got)	Have we (got)?
We have (got)	It's (got)	It has not (got)	We haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	We've (got)	We have not (got)	You haven't (got)	Have they (got)?
They have (got)	You've (got)			

	They've (got)	You have not (got) They have not (got)	They haven't (got)	

Had

Grandpa, did you have a TV when you were five?
No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child?

Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I had	I did not have	I didn't have	Did I have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
He had	He did not have	He didn't have	Did he have?
She had	She did not have	She didn't have	Did she have?
It had	It did not have	It didn't have	Did it have?
We had	We did not have	We didn't have	Did we have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
They had	They did not have	They didn't have	Did they have?

Имя прилагательное. The Adjective

Категории	**Прилагательное в русском языке**	**Прилагательное в английском языке**
Число	изменяется	не изменяется
Род	изменяется	не изменяется
Падеж	изменяется	не изменяется

Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

К **простым** именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе **ни приставок, ни суффиксов: small** - *маленький*, **long** - *длинный*, **white** - *белый*.

К **производным** именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

Суффиксальное образование имен прилагательных

Суффикс	**Пример**	**Перевод**
- ful	use**ful** doubt**ful**	**полезный** **сомневающийся**
- less	help**less** use**less**	**беспомощный** **бесполезный**
- ous	fam**ous** danger**ous**	**известный** **опасный**
- al	form**al** centr**al**	**формальный** **центральный**
- able	eat**able**	**съедобный**

	cap**able**	**способный**

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	**un**cooked **un**imaginable	**невареный** **невообразимый**
in -	**in**capable **in**human	**неспособный** **негуманный**
il -	**il**legal **il**liberal	**нелегальный** **необразованный**
im -	**im**possible **im**practical	**невозможный** **непрактичный**
dis -	**dis**honest **dis**agreeble	**бесчестный** **неприятный**
ir -	**ir**regular **ir**responsible	**неправильный** **безответственный**
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый, **snow-white –** белоснежный.		

Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing

- ed	**- ing**
Описывают чувства и состояния	**Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства**
interested – интересующийся, заинтересованный	**interesting -** интересный
bored - скучающий	**boring -** скучный
surprised - удивленный	**surprising -** удивительный

Степени сравнения прилагательных

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения.**

Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:

- положительная степень сравнения **(Positive Degree);**

- сравнительная степень сравнения **(Comparative Degree);**

- превосходная степень сравнения **(Superlative Degree).**

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

1. -er. -est

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления **к форме прилагательного в положительной степени** суффикса **- er.** Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке - добавляем “е” (большой - больше, холодный - холоднее).

Превосходная степень образуется путем прибавления суффикса **- est. Артикль the обязателен!!!**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
cold - холодный	cold**er -** холоднее	the cold**est -** самый холодный
big - большой	bigg**er -** больше	the bigg**est -** самый большой
kind - добрый	kind**er -** добрее	the kind**est -** самый добрый

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble:**

Положительная степень	**Сравнительная степень**	**Превосходная степень**
clever — умный	clever**er - умнее**	**the** clever**est - самый умный**
easy - простой	eas**ier - проще**	**the** easi**est - самый простой**
able - способный	abl**er - способнее**	**the** abl**est - самый способный**
busy - занятой	bus**ier - более занятой**	**the** busi**est - самый занятой**

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов **– er и – est** соблюдаются следующие **правила орфографии:**

Если прилагательное заканчивается на немое **“e” ,** то при прибавлении **– er и – est немое “e” опускается:**

larg**e – larger - the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – braver – the** brav**est /** смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается **на согласную с предшествующим кратким гласным звуком,** то в сравнительной и превосходной степени **конечная согласная буква удваивается:**

big – big**ger – big**g**est /** большой – больше – самый большой

hot – hot**ter – hot**t**est /** горячий – горячее – самый горячий

thin – thinn**er –** thinn**est /** тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное **заканчивается на “y” с предшествующей согласной,** то в сравнительной и превосходной степени **“y” переходит в “i”:**

busy – bus**ier – busiest / занятой – более занятой – самый занятой**

easy – eas**ier – easiest / простой – проще – самый простой**

2. more, the most

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а **превосходную** – при помощи слова **most**.

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

Положительная степень	**Сравнительная степень**	**Превосходная степень**
beautiful - красивый	**more beautiful -** красивее	**the most beautiful -** самый красивый
interesting – интересный	**more interesting -** интереснее	**the most interesting -** самый интересный
important - важный	**more important -** важнее	**the most important -** самый важный

Особые формы

Положительная степень	**Сравнительная степень**	**Превосходная степень**
good - хороший	**better -** лучше	**the best -** самый лучший
bad - плохой	**worse -** хуже	**the worst -** самый плохой
little - маленький	**less -** меньше	**the least -** самый маленький, меньше всего
much/many - много	**more -** больше	**the most -** больше всего
far - далекий/далеко	**farther/further -** дальше	**the farthest/furthest -** самый дальний
old - старый	**older/elder -** старше	**the oldest/eldest -** самый старый

3. less. the least

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful – красивый **interesting -** интересный **important -** важный	**less beautiful -** менее красивый **less interesting –** менее интересный **less important -** менее важный	**the least beautiful –** самый некрасивый **the least interesting –** самый неинтересный **the least important –** самый неважный

Другие средства сравнения двух предметов или лиц

Конструкция	Комментарий	Примеры
As…as (такой же, так же)	**Для сравнения двух объектов одинакового качества**	He is **as** a strong **as** a lion Он такой же сильный, как лев. She is **as** clever **as** an owl**.** Она такая же умная, как сова.
Not so…as (не такой, как)	**в отрицательных предложениях**	He is **not so** strong **as** a lion. Он не такой сильный, как лев**.** She is **not so** clever **as** an owl. Она не такая умная, как сова.
The…the (с двумя сравнительными степенями)	**показывает зависимость одного действия от другого**	**The more** we are together **the happier** we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся. **The more** I learn this rule **the less** I understand it. Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю.

Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением **«гораздо, значительно»:**

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table **is more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as** fast **as** him **(as he can).** *Я могу бегать так же быстро, как он.*

Числительное. The numeral

Перед **сотнями, тысячами, миллионами** обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

126 – one hundred twenty six

1139 – one thousand one hundred and thirty nine

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

НО: окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом **“of”:**

hundreds <u>of</u> children – сотни детей

thousands <u>of</u> birds- тысячи птиц

millions <u>of</u> insects – миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:
20+1=21 (twenty + one = **twenty one**)
60+7=67 (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

Как читать даты

1043	ten forty-three
1956	nineteen fifty-six
1601	sixteen o one
2003	two thousand three
В 2003 году	in two thousand three
1 сентября	the first of September
23 февраля	the twenty-third of February

ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых
2/3 -two thirds - две третьих
3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая
1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина
1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five
0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre
две третьих метра
0.05 ton - nought point nought five of a ton
ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons
14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:

224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

Образование видовременных форм глагола в активном залоге

Present Simple употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)

3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.

4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

Present Continuous употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.

2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)

3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)

4. действии, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)

2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],
Например: I don't know his name.

3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.

4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

Present perfect употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)

2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)

3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

Present perfect continuous употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.
Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

Past simple употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом.
They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.
Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn't use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

Past continuous употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

Past perfect употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,

They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом, She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.

(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

Future simple употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

Be going to употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,

Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time.

This time next week, we'll be cruising round the islands.

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*

No. Why?

I need to make some photocopies.

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock.*

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Практическая работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: модальные глаголы и их эквиваленты, образование видовременных форм глагола в пассивном залоге, основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь, неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий, основные сведения о сослагательном наклонении.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице:

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Модальные глаголы и их эквиваленты	295	47
Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге	236	71, 115
Основные сведения о согласовании времён	323-328	269
Прямая и косвенная речь	324	268
Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий	311-322	132, 162, 173, 192, 193
Основные сведения о сослагательном наклонении	329	224

Модальные глаголы

Глаголы	**Значение**	**Примеры**
CAN	физическая или умственная возможность/умение	I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать.
	возможность	You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play football in the street. – На улице нельзя играть в футбол.
	вероятность	They can arrive any time. – Они могут приехать в любой мом
	удивление	Can he have said that? – Неужели он это сказал?
	сомнение, недоверчивость	She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала.
	разрешение	Can we go home? — Нам можно пойти домой?
	вежливая просьба	Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час?
MAY	разрешение	May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу?
	предположение	She may not come. – Она, возможно, не придет.
	возможность	In the museum you may see many interesting things. – В музее можете увидеть много интересных вещей.

	упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)**	You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать.
MUST	обязательство, необходимость	He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги.
	вероятность (сильная степень)	He must be sick. — Он, должно быть, заболел.
	запрет	Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должн кормить животных в зоопарке.
SHOULD OUGHT TO	моральное долженствование	You ought to be polite. – Вы должны быть любезными.
	совет	You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу.
	упрек, запрет	You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт.
SHALL	указ, обязанность	These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила буд действовать при любых обстоятельствах.
	угроза	You shall suffer. — Ты будешь страдать.
	просьба об указании	Shall I open the window? – Мне открыть окно?
WILL	готовность, нежелание/отказ	The door won't open. — Дверь не открывается.
	вежливая просьба	Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной?
WOULD	готовность, нежелание/отказ	He would not answer this question. – Он не будет отвечать на вопрос.
	вежливая просьба	Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти с мной.
	повторяющееся/привычное действие	We would talk for hours. – Мы беседовали часами.
NEED	необходимость	Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать?
NEEDN'T	отсутствие необходимости	She needn't go there. — Ей не нужно туда идти.
DARE	Посметь	How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить?

Модальные единицы эквивалентного типа		
to be able (to) = can	Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент	She **was able** to change the situation then. тогда была в состоянии (могла) измени ситуацию).
to be allowed (to) = may	Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения	My sister **is allowed to** play outdoors. (М сестре разрешается играть на улице).
to have (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах	They **will have to** set up in business soon. вскоре придется открыть свое дело).
to be (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д.	We **are to** send Nick about his business. (должны (= планируем) выпроводить Н

Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться

to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)

This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)

Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)

Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.

My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.

to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.

to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:
Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

Косвенный пассив (The Indirect Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.
б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить
to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять
to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить
to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать
to teach учить to tell сказать и др.
Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.
Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)
A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:
John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.
The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):
He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать
to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать
to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.
Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам.
The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

Употребление Страдательного залога

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия (70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:
He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:
The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:
The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:
The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)
The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:
The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:
The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:
He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

Перевод глаголов в форме Passive

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:
I am invited to a party.
Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):
Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.
Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):
The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.
I was told that you’re ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):

They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:
The experiments were made last year.
1) Опыты были проведены в прошлом году.
2) Опыты проводились в прошлом году.
3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:

It is said… Говорят… It was said… Говорили…
It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…
It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

Правило 1: Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

Правило 2: Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

Переход из одного времени в другое	Примеры	
Present Simple » Past Simple	He **can speak** French – Он говорит по-французски.	Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски.
Present Continuous » Past Continuous	They **are listening** to him – Они слушают его	I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его.
Present Perfect » Past Perfect	Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему.	Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему.
Past Simple » Past Perfect	I **invited** her – Я пригласил ее.	Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я пригласил ее.
Past Continuous » Past Perfect Continuous	She **was crying** – Она плакала	John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала.

Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous	It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час.	He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь.
Future Simple » Future in the Past	She **will show** us the map – Она покажет нам карту.	I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту.

Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

Перевод прямой речи в косвенную в английском языке

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

3. Согласовываем время

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

4. Меняем некоторые слова

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент

времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

He asked, "Do you like this cafe?" Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.

Давайте рассмотрим еще один пример:

She said, "Will he call back?" Она сказала: «Он перезвонит?»

She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.

Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

She said, "When will you come?". Она сказала: «Когда ты придешь?»

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

She said when I would come. Она сказала, когда я приду.

He asked, "Where does she work?" Он спросил: «Где она работает?»

He asked where she worked. Он спросил, где она работает.

Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

Формы инфинитива

	Active Voice	Passive Voice
Simple	to write	to be written
Continuous	to be writing	
Perfect	to have written	to have been written
Perfect Continuous	to have been writing	

Глаголы, после которых используется инфинитив:

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать
to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать

to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть
Например:
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

Значение разных форм инфинитива в таблице

Формы инфинитива	**Чему я рад?**	
Simple	I am glad **to speak** to you.	Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами).
Continuous	I am glad **to be speaking** to you.	Рад, что сейчас разговариваю с вами.
Perfect	I am glad **to have spoken** to you.	Рад, что поговорил с вами.
Perfect Continuous	I am glad **to have been speaking** to you.	Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами.
Simple Passive	I am (always) glad **to be told** the news.	Всегда рад, когда мне рассказывают новости.
Perfect Passive	I am glad **to have been told** the news.	Рад, что мне рассказали новости.

Причастие. Participle

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

Формы причастия

		Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Participle I (Present Participle)	Simple	**writing**	**being written**
	Perfect	**having written**	**having been written**
Participle II (Past Participle)			**written**

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

Как переводить разные формы причастия на русский язык

Формы причастия	причастием	деепричастием
reading	читающий	читая
having read		прочитав

being read	читаемый	будучи читаемым
having been read		будучи прочитанным
read	прочитанный	
building	строящий	строя
having built		построив
being built	строящийся	будучи строящимся
having been built		будучи построенным
built	построенный	

Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

Формы герундия

	Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Simple	**writing**	**being written**
Perfect	**having written**	**having been written**

Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в "?"и "-"),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

Герундий после глаголов с предлогами

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),
keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

to be + прилагательное / причастие + герундий

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),

be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).
I'm tired of waiting. — *Я устал ждать.*

Основные сведения о сослагательном наклонении

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

Type 0 Conditionals: They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

Type 1 Conditionals: They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

Type 2 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

Type 3 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

	If-clause (hypothesis)	Main clause (result)	Use
Type 0 general truth	if + present simple	present simple	something which is always true
	If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice.		
Type 1 real present	if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous	future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive	real - likely to happen in the present or future
	If he doesn't pay the fine, he will go to prison. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 unreal present	if + past simple or past continuous	would/could/might + bare infinitive	imaginary situation contrary to facts in the present; also used to give advice
	If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice)		
Type 3 unreal past	if + past perfect or past perfect continuous	would/could/might + have + past participle	imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism
	If she had studied harder, she would have passed the test. If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished.		

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.

b) I'll give Tim his book if I see him.

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)

b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)

c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)

d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)

e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus. (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

e.g. If Rick was/were here, we could have a party.

We use If I were you ... when we want to give advice.

e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)

b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)

c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)

2. Чтение и перевод учебных текстов (по 2 текста на тему)

№1

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

appear - v появляться; казаться; *ant* **disappear** - исчезать

bed - *n* пласт, слой, подстилающие породы; *syn* **layer, seam; bedded** - *a* пластовый

call for - v требовать; *syn* **demand, require**

carry out - v проводить *(исследование, эксперимент);* выполнять *(план);* завершать; *syn* **conduct, make**

colliery - каменноугольная шахта

concentration (dressing) plant - обогатительная фабрика, обогатительная установка

department - *n* отделение, факультет, кафедра; *syn* **faculty**

direct - v руководить; направлять; управлять; *a* прямой, точный; **directly** - *adv* прямо, непосредственно

education - *n* образование; просвещение; **get an education** получать образование

establish - v основывать, создавать, учреждать; *syn* **found, set up**

ferrous metals - чёрные металлы **(non-ferrous metals** цветные металлы)

iron - *n* железо; **pig iron** чугун; **cast iron** чугун, чугунная отливка

open-cast mines - открытые разработки

ore - *n* руда; **iron ore** - железная руда; **ore mining** – разработка рудных месторождений

process - v обрабатывать; *syn* **work, treat; processing** - n обработка; разделение минералов

rapid - *a* быстрый

research - *n* научное исследование

technique - *n* техника, способ, метод, технический прием; **mining technique** - горная техника, методы ведения горных работ

train - v обучать, готовить *(к чему-л.);***training -** обучение; подготовка
to be in need of - нуждаться в
to take part in - участвовать в

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 1: The First Mining School in Russia

The Moscow Mining Academy was established in 1918. The main task of the Academy was to train mining engineers and technicians, to popularize technological achievements among miners, to work on important problems of mining and metallurgical engineering arid to direct scientific research.

There were three departments in the Academy: mining, geological prospecting and metallurgy. The Moscow Mining Academy introduced a new course in coal mining mechanization which provided the basis for the development of mining engineering. The two scientists A.M. Terpigorev and M.M. Protodyakonov wrote the first textbook on machinery for mining bedded deposits.

Much credit for the establishment of the Moscow Mining Academy and the development of co-operation among outstanding scientists and educators is due to Academician I.M. Gubkin, a prominent geologist and oil expert.

In 1925 the Moscow Mining Academy was one of the best-known educational institutions in Russia. It had well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of Russian and foreign scientific books and journals.

The Academy established close contacts with the coal and ore mining industries. The scientists carried out scientific research and worked on important mining problems.

The rapid growth of the mining industry called for the training of more highly-qualified specialists and the establishment of new educational institutions.

New collieries and open-cast mines, concentration plants, metallurgical works and metal-working factories for processing non-ferrous and ferrous metals appeared in the country. The people took an active part in the construction of new industrial enterprises.

The Academy alone could not cope with the problem of training specialists. In 1930 the Moscow Mining Academy was transformed into six independent institutes. Among the new colleges which grew out of the Academy's departments were the Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting. Later, the scientific research Institute of Mining appeared near Moscow.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. There were four departments in the Academy.
2. The Academy introduced a new course in coal mining mechanization.
3. In 1925 the Academy had only several well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of books.
4. The Academy established close contacts with the coal industry.
5. In 1930 the Academy was transformed into six independent institutes.
6. The Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting were among the new colleges which grew out of the Academy's departments.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What was the main task of the Academy?
2. What new course did the Academy introduce?
3. Were there three or four departments at the Academy?
4. What industries did the Academy establish contacts with?
5. Who wrote the first textbook on machinery' for mining bedded deposits?
6. Why was the Academy transformed into six independent institutes?

7. Why was the Academy transformed?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) обогатительная фабрика
б) подготовка горных инженеров
в) разведка нефти
г) обработка цветных металлов
д) техническое образование
е) новый (учебный) курс по
ж) принимать активное участие
з) проводить исследования
и) направлять научную деятельность
к) горное оборудование
л) пластовые месторождения

№2

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

change - v изменяться, менять(ся); *syn.* **transform, alter;** *n* изменение, перемена; превращение

determine - v определить, устанавливать

engineering - *n* техника; технология; машиностроение**;** *syn.* **technics, technology, technique; machinery**

composition - *n* структура, состав

connect - v соединяться; *syn* **combine, link**

enterprise - *n* предприятие; предприимчивость

deal (dealt) v **(with)** - иметь дело с; рассматривать

environment - *n* окружающая обстановка**,** среда

demand - *n* спрос

field - *n* область, сфера деятельности; поле, участок, месторождение; бассейн; *syn* **basin, branch**

design - *n* проект; план, чертеж; конструкция; v проектировать, планировать; конструировать

graduate - v окончить (высшее учебное заведение), *амер.* окончить любое учебное заведение; *n* лицо, окончившее высшее учебное заведение; **undergraduate (student)** - студент последнего курса; **postgraduate (student)** - аспирант; **graduation paper** - дипломная работа

hardware - *n* аппаратура, (аппаратное) оборудование, аппаратные средства; техническое обеспечение

hydraulic - *a* гидравлический, гидротехнический

introduction - *n* введение, вступление

management - *n* управление, заведование; *syn.* **administration; direction**

offer - *v* предлагать *(помощь, работу);* предоставлять; *n* предложение

property - *n* свойство

protection - *n* защита, охрана

range - *n* область, сфера; предел; диапазон; радиус действия; ряд; серия

recreation - *n* отдых, восстановление сил; развлечение

reveal - v показывать, обнаруживать

rock - *n* горная порода

shape - *n* форма

software - *n* программное обеспечение; программные средства

skill - *n* мастерство; умение; **skilled** - *a* квалифицированный; опытный; умелый

survey - *n* съемка, маркшейдерская съемка; v производить маркшейдерскую или топографическую съемку, производить изыскания; *n* **surveying** съемка, маркшейдерские работы

value - *n* ценность, стоимость; величина; v ценить, оценивать; **valuable** *a* ценный
workshop - *n* мастерская, цех; семинар

to be of importance - иметь значение

to give an opportunity of - дать возможность

to meet the requirements - удовлетворять требованиям (потребности)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 2: Mining and Geological Higher Education in Russia

In Russia young people get mining education at special institutes which train geologists and mining engineers for coal and ore mining. The total number of students of an institute includes full-time students, part-time students and postgraduate students.

Russian higher educational establishments offer different specializations for the students. Thus, at the geological institutes, the students specialize in geology, the science which deals with different problems connected with the Earth, its history, the study of rocks, their physical and chemical properties. One of the main tasks of geology is to prospect, discover and study the deposits of useful minerals.

Geology is both a theoretical and an applied science. Mining geology is of great importance to the mining engineer. As a rule, mining geology includes economic geology.

The outstanding Russian geologist V.A. Obruchev says that geology is the science of the Earth which reveals to us how the Earth took shape, its composition and its changes. Geology helps prospect for ores, coal, oil, salt and other useful minerals.

Higher mining schools (universities, academies, institutes and colleges) develop a wide range of courses and programmes that meet the requirements of the society .They offer courses in mining technology, machinery and transport, hydraulic engineering, electrical engineering, industrial electronics, automation, surveying, geodesy, information technology, etc.

The main trend in the development of higher mining education is the introduction of courses in environmental protection, management (environmental human resources), economics and management of mining enterprises, marketing studies, computer-aided design (CAD) and others.

Computer science is also of great importance. The course aims at providing students with understanding how software and hardware technology helps solving problems.

Laboratory work is an important part in training specialists. Experiments in laboratories and workshops will help students to develop their practical skills. They have a short period of field work to gain working experience.

The students go through practical training at mines, plants and other industrial enterprises.. They become familiar with all stages of production and every job from worker to engineer. Here they get practical knowledge and experience necessary for their diploma (graduation) papers.

A lot of students belong to students' scientific groups. They take part in the research projects which their departments usually conduct. Postgraduates carry out research in different fields of science and engineering.

Sport centres give the students opportunities to play different sports such as tennis, football, basketball, volleyball, swimming, ' skiing, water polo, boxing, wrestling and others.

Students graduate from mining and geological higher schools as mining engineers, mining mechanical engineers, ecologists, mining electrical engineers, geologists, economists and managers for mining industry.

1. Переведите следующие сочетания слов.

а) широкий круг проблем

б) денные месторождения полезных ископаемых

в) горный инженер-механик

г) вести научно-исследовательскую работу

д) принимать форму
е) техническое и программное обеспечение
ж) студенты (последнего курса)
з) дипломная работа
и) физические и химические свойства
к) месторождение полезных ископаемых

1. оканчивать институт
2. поступать в университет
3. получать образование
4. готовить геологов и горних инженеров
5. высшие горные учебные заведения
6. приобретать опыт
7. студенческие научные общества
8. заниматься различными видами спорта

№3

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accurate - *a* точный, правильный; **accuracy** - *n* точность

archive - *n* архив

attend - v посещать *(лекции, практические занятия, собрания)*

comprehensive - *a* всесторонний, исчерпывающий

concern - v касаться, относиться; иметь отношение к чему-л.; *n* дело, отношение; важность; **concerning** *prep* относительно, касательно

consider - v рассматривать; считать; **considerable** - значительный, важный; **consideration** - *n* рассмотрение; обсуждение

draw (drew, **drawn**) - v *зд,* чертить, рисовать; **draw the conclusion** делать вывод; *syn* **come to the conclusion**

employ - v применять, использовать; предоставлять *(работу); syn* **use, utilize, apply; employment** - *n* служба; занятие; применение, использование

familiarize - v знакомить; осваивать

fundamental - *n pl* основы *(наук)*

levelling - *n* нивелирование, сглаживание *(различий);* выравнивание

number - *n* число, количество, большое количество; *(порядковый)* номер, ряд

observe - v наблюдать, следить *(за чём-л.),* соблюдать *(правило, обычаи)*

obtain - v получать; достигать; добывать; *syn* **get, receive**

present - v преподносить, дарить; подавать, представлять; **presentation** - *n* изложение; предъявление

proximity - *n* близость, соседство; **in proximity to** поблизости, вблизи от *(чего-л.)*

require - v требовать; *syn* **call for; demand; meet the requirements** удовлетворять требованиям

traversing - *n* горизонтальная съемка

to keep in close touch with - поддерживать связь с

to touch upon (on) затрагивать, касаться вкратце *(вопроса)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 3: Mining Education in Great Britain

In Great Britain the students get mining education at special colleges and at mining departments of universities.

For example, the Mining Department at the University of Nottingham ranks as one of the foremost teaching and research mining schools in Great Britain. The students come to the University from all parts of the country and from abroad. The close proximity of Nottingham to

mines extracting coal and different metals makes it possible for the University to keep in close touch with new achievements in mining.

The aim of training at the University is to give the student an understanding of applied science based on lectures, tutorial system, laboratory work and design classes. The laboratory work trains the student in accurate recording of observations, drawing of logical conclusions and presentation of scientific reports. Besides, it gives the student an understanding of experimental methods and familiarizes him (or her) with the characteristics of engineering materials, equipment and machines.

At Nottingham there are two types of laboratories, general and Specialized. General laboratories deal with the fundamentals of engineering science and specialized ones1 study the more specialized problems in different branches of engineering.

During the final two years of his course the student gets a comprehensive training in surveying. Practical work both in the field and in drawing classes forms an important part of this course. Besides, the students have practical work in survey camps during two weeks. The equipment available for carrying out traversing, levelling, tacheometric and astronomical surveying is of the latest design.

The practical and laboratory work throughout the three or four years of study forms a very important part of the course, so the students obtain the required standard in their laboratory course work before they graduate.

British educational system is fee-paying. The annual fee includes registration, tuition, examination, graduation and, in the case of full-time students, membership of the Union of Students.

Students from all over the world (nearly 100 countries) study at the University of Nottingham. For many years the University has had a thriving community of international students.

The University pays much attention to learning foreign languages. For individual study there is a 16-place self-access tape library with a tape archive of 3,000 tapes in 30 languages. There are also 16 video work stations where the students play back video tapes or watch TV broadcasts in a variety of languages.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. In Great Britain the students can get mining education only at special colleges.
2. The training at universities is based on tutorial system.
3. The laboratory work familiarizes the student with modern equipment.
4. There are three types of laboratories at the University of Nottingham.
5. When the students study surveying, they have practical work both in the field and in drawing classes.
6. The students from abroad don't study at Nottingham.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Where can one get mining education in Great Britain?
2. Is the Mining Department at the University of Nottingham one of the foremost research mining schools in Great Britain?
3. What makes it possible for the University to keep in close touch with the, achievements in mining?
4. What are the students supposed to do in the laboratories?
5. Will the students have practical work in survey camps or in the laboratories?
6. What do the students use surveying equipment for?
7. What can you say about studying foreign languages at the University?

№4

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advance - *n* прогресс, успех; продвижение вперед; v делать успехи, развиваться, продвигаться вперед; **advanced courses** курсы по расширенной программе

authority - *n* администрация; начальство

differ - v (from) отличаться (от); **difference** *n* различие; разница; **different** *a* различный; *syn* **various**

excavate - v добывать *(уголь);* вырабатывать полезное ископаемое открытым способом; вынимать *(грунт);* **excavation** - *n* открытая разработка карьером; разрез, карьер; **surface excavation** открытая разработка; *syn* **open-cast (opencast)**

experience - *n* жизненный опыт; опыт работы; стаж

found - v основывать**; *syn* establish, set up; foundation** - *n* основание; учреждение; основа; **lay the foundation** положить начало чему-л , заложить основу чего-л.

manage - v управлять, заведовать, справляться, уметь обращаться; **management** - *n* управление, заведование; правление, дирекция; **management studies** - наука об управлении

mean (meant) - *v* значить, иметь значение, подразумевать; намереваться, иметь в виду; **means** - *n, pl* средства, **meaning** - *n* значение, **by means of** посредством (чего-л)

metalliferous – *a* содержащий металл, рудоносный

preliminary - *a* предварительный**; preliminary course** подготовительные курсы

realize - v представлять, себе; понимать *(во всех деталях); **syn** understand*

recognize - *v* признавать; узнавать

work out -v разрабатывать *(план);* решать задачу

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 4: Mining Education in Great Britain (continued)

At present in Great Britain there are a number of universities and colleges which give instruction in mechanical engineering, mining, metallurgy, etc. These institutions provide full-time and part-time education. It should be noted that technical colleges confer diplomas' on college graduates.

A university graduate leaves with the degree of Bachelor of Arts or Bachelor of Science, which is an academic qualification awarded by universities.

For example, the University in Cardiff has become one of the largest in Wales. It is one of the four colleges which together with the Welsh National School of Medicine form the University of Wales. There is the Mining Engineering Department in the University of Wales. The Department deals with the whole range of extractive industries such as coal and metalliferous mining, quarrying and oil technology.

After graduating from the college a student can be recommended for entry to the university by a college authority and he can apply for admission to the university.

At the Mining Department students may take several courses such as geology, mining engineering, mine surveying, quarrying, management studies and others. It has become a tradition that the courses are based on an intensive tutorial system. It means that students are allotted to members of the teaching staff for individual tuition separately in mining, in quarrying and in mine surveying. The system is founded on that of the older universities of Great Britain.

At the Department of Mining Engineering of the Newcastle University mining has now become a technically advanced profession. The Department of Mining Engineering trains industrially experienced engineers through various advanced courses in rock mechanics and surface excavation. For many years the Mining Engineering Department at Newcastle has recognized the need for highly-qualified engineers and realized that the courses in rock mechanics and surface excavation are of great importance for mining engineers.

At the University a student studies for three or four years. The organization of the academic year is based on a three-term system which usually runs from about the beginning of October to the middle of December, from the middle of January to the end of March and from the middle of April to the end of June or the beginning of July.

Students course is designed on a modular basis. Modules are self-contained 'units' of study, which are taught and assessed independently of each other. When a student passes a module, he (she) gains a credit. All modules carry a number of credits. At the end of the term, the number of credits a student gets, determines the award he (she) receives. Each module is continuously assessed by coursework and/or end-of-term examinations.

Admission to the British universities is by examination and selection. The minimum age for admission to the four-year course is normally 18 years. Departments usually interview all the candidates. The aim of the interview is to select better candidates.

Just over half of all university students live in colleges, halls of residence, or other accommodation provided by their university, another third lives in lodgings or privately rented accommodation; and the rest live at home.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. At present there are about a hundred technical institutions in Great Britain.
2. It should be noted that British colleges confer degrees.
3. As a rule a college authority recommends the graduates for entry to the university.
4. At the Mining Engineering Department of the University of Wales the students study only metalliferous mining.
5. At the Mining Engineering Department the courses are based on an intensive tutorial system.
6. The Mining Engineering Department at the Newcastle University has recognized the importance of teaching rock mechanics and surface excavation (open-cast mining).

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Are there many technical institutions in Great Britain?
2. What is the difference between colleges and universities?
3. Is the Mining Engineering Department the only one in the University of Wales?
4. Does the Mining Engineering Department deal only with metalliferous mining?
5. Can a student enter the university after he has graduated from the college?
6. What courses are of special importance for mining engineers?
7. What do you know about the organization of the academic year at British universities?
8. When do the students take their examinations?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) курсы по расширенной программе
б) рудоносные отложения
в) средства производства
г) горный факультет
д) открытые горные работы
е) опытный инженер
ж) администрация колледжа
з) поощрять студентов
и) отвечать требованиям университета
к) наука об управлении

1. зависеть от условий
2. значить, означать
3. признать необходимость (чего-л.)
4. ежегодная производительность (шахты)
5. начальник шахты
6. добывающая промышленность
7. представлять особую важность
8. механика горных пород

9. единственный карьер
10. основывать факультет (школу, систему и т.д.)

№5

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный
adjacent - *a* смежный, примыкающий
ash - *n* зола
belt - *n* пояс; лента; ремень
body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты
common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**
cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)
dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**
dust - *n* пыль
dyke – *n* дайка
extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*
fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines -** *n pl* мелочь; мелкий уголь
flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
fragmentary - *a* обломочный, пластический
glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 5: Igneous Rocks

Igneous rocks have crystallized from solidified magma.

Igneous rocks can be classified in a number of ways and one of (hem is based on mode of occurrence. They occur either as intrusive (below the surface) bodies or as extrusive masses solidified at the Earth's surface. The terms "intrusive" and "extrusive" refer to the place where rocks solidified.

The grain size of igneous rocks depends on their occurrence. The intrusive rocks generally cool more slowly than the extrusive rocks and crystallize to a larger grain size. The coarser-grained intrusive rocks with grain size of more than 0.5 mm called plutonic or abyssal are referred to as intrusive igneous rocks because they are intruded into older pre-existing rocks. Extrusive or volcanic rocks have even finer grains, less than 0.05 mm and are glassy.

Exposed igneous rocks are most numerous in mountain zones for two reasons. First, the mountain belts have been zones of major deformation. Second, uplifts in mountain belts have permitted plutonic masses to be formed.

The largest bodies of igneous rocks are called batholiths. Batholiths cooled very slowly. This slow cooling permitted large mineral grains to form. It is not surprising that batholiths are

composed mainly of granitic rocks with large crystals called plutons. As is known, granites and diorites belong to the group of intrusive or plutonic rocks formed by solidification of igneous mass under the Earth's crust. Granites sometimes form smaller masses called stocks, when the occurrence has an irregular shape but smaller dimensions than the batholiths.

Laccoliths and sills, which are very similar, are intruded between sedimentary rocks. Sills are thin and they may be horizontal, inclined or vertical. Laccoliths are thicker bodies and in some cases they form mountains.

Dykes are also intrusive bodies. They range in thickness from a few inches to several thousand feet. Dykes are generally much longer than they are wide. Most dykes occupy cracks and have straight parallel walls. These bodies cool much more rapidly and are commonly fine-grained. For example, granite may occur in dykes that cut older rocks.

Pegmatites (quartz, orthoclase and mica) also belong to the group of plutonic or intrusive rocks. They occur in numerous veins which usually cut through other plutonites, most often granite, or adjacent rocks.

Extrusive igneous rocks have been formed from lava flows which come from fissures to the surface and form fields of volcanic rocks such as rhyolite, andesite, basalt, as well as volcanic ashes and dust, tuff, etc. As a rule, these rocks of volcanic origin cool rapidly and are fine-grained. It is interesting to note that basalt is the most abundant of all lavatypes. It is the principal rock type of the ocean floor.

Igneous rocks are rich in minerals that are important economically or have great scientific value. Igneous rocks and their veins are rich in iron, gold, zinc, nickel and other ferrous metals.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Igneous rocks have been formed by sedimentation.
2. Intrusive rocks have been formed by the cooling of rocks of the Earth's crust.
3. Extrusive rocks have been formed the same way.
4. The grain size of igneous rocks depends on mode of occurrence.
5. Exposed igneous rocks are numerous in mountain zones.
6. Granites and diorites belong to the group of extrusive rocks.
7. As a rule, granite may occur in dykes.
8. Pegmatites do not belong to the group of plutonic or intrusive rocks.

2). Ответьте на вопросы:

1. Have igneous rocks crystallized from magma or have they been formed by sedimentation?
2. Which types of igneous rocks do you know?
3. What does the grain size of igneous rocks depend on?
4. Can you give an example of intrusive or plutonic rocks?
5. Are diorites intrusive or extrusive formations?
6. What do you know about batholiths?
7. Do pegmatites belong to the group of plutonic or volcanic rocks?
8. How do pegmatites occur?
9. What minerals are igneous rocks rich in?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

1.	adjacent layers	а) способ залегания
2.	abyssal rocks	б) крупнозернистый
3.	dimensions of crystals	в) зоны крупных нарушений
4.	valuable minerals	г) абиссальные (глубинные) породы
5.	shape and size of grains	д) смежные пласты (слои)

6.	mode of occurrence	е) размеры кристаллов
7.	coarse-grained	ж) взбросы
8.	uplifts	з) форма и размер зерен
9.	zones of major deformation	и) ценные минералы

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1.	затвердевшие массы	а) irregular shape
2.	обломочные породы	б) at a certain depth
3.	медленно остывать	в) economically important
4.	мелкозернистый	г) solidified masses
5.	многочисленные трещины	д) scientific value
6.	неправильная форма	е) to cool slowly
7.	на определенной глубине	ж) existing types of rocks
8.	экономически важный	з) fine-grained
9.	научная ценность	и) fragmentary rocks
10.	существующие типы пород	к) numerous cracks or fissures

№6

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated -** *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation -** *n* отношение; **relationship -** *n* родство; свойство; **relative -** *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 6: Metamorphic Rocks

The problem discussed concerns metamorphic rocks which compose the third large family of rocks. "Metamorphic" means "changed from". It shows that the original rock has been changed from its primary form to a new one. Being subjected to pressure, heat and chemically active fluids

beneath the Earth's surface, various rocks in the Earth's crust undergo changes in texture, in mineral composition and structure and are transformed into metamorphic rocks. The process described is called metamorphism.

As is known, metamorphic rocks have been developed from earlier igneous and sedimentary rocks by the action of heat and pressure.

Gneisses, mica schists, phyllites, marbles, slate, quartz, etc. belong to the same group of rocks. Having the same mineral composition as granite, gneisses consist chiefly of quartz, orthoclase and mica. However unlike granite, they have a schistose structure. It means that their constituents are distributed in bands or layers and run parallel to each other in one direction. If disturbed the rock cleaves easily into separate plates.

The role of water in metamorphism is determined by at least four variable geologically related parameters: rock pressure, temperature, water pressure, and the amount of water present.

During a normal progressive metamorphism rock pressure and temperature are interdependent, and the amount of water and the pressure of water are related to the sediments and to the degree of metamorphism in such a way that, generally speaking, the low-grade metamorphic rocks are characterized by the excess of water. The medium-grade rocks defined by some deficiency of water and the high-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.

Many of the metamorphic rocks mentioned above consist of flaky materials such as mica and chlorite. These minerals cause the rock to split into thin sheets, and rocks become foliated.

Slate, phyllite, schist and gneiss belong to the group of foliated metamorphic rocks. Marble and quartzite are non-foliated metamorphic rocks.

The structure of metamorphic rocks is of importance because it shows the nature of pre-existing rocks and the mechanism of metamorphic deformation. Every trace of original structure is of great importance to geologists. It gives an opportunity of analysing the causes of its metamorphism.

Being often called crystalline schists, metamorphic rocks such as gneisses and mica have a schistose structure. Metamorphic rocks represent the oldest portion of the Earth's crust. They are mostly found in the regions of mountain belts where great dislocations on the Earth once took place.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Generally speaking, metamorphic rocks have been developed from ores.
2. Marble, slate and phyllite belong to the group of metamorphic rocks.
3. As is known, unlike granite metamorphic rocks have a schistose structure.
4. It is quite obvious that the role of water in metamorphism is great.
5. As a rule, low-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.
6. Flaky materials cause the rock to split into thin sheets.
7. It should be noted that marble and quartzite are foliated metamorphic rocks.
8. The structure of metamorphic rocks shows the nature of older preexisting rocks and the mechanism of metamorphic deformation as well.
9. All metamorphic rocks are non-foliated.

2). Ответьте на вопросы:

1. Do you know how metamorphic rocks have been formed?
2. Which rocks belong to the group of metamorphic?
3. Does gneiss have the same structure as granite?
4. Is the role of water great in metamorphism?
5. What rocks do we call foliated? What can you say about non-foliated metamorphic rocks?
6. How can geologists trace the original structure of metamorphic rocks?

7. Why are metamorphic rocks often called crystalline schists?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. as a result of the chemical and physical changes
2. constituents of rocks
3. to be subjected to constant development
4. to undergo changes
5. excess of water
6. low-grade ores
7. coal band
8. to cleave into separate layers
9. traces of original structure
10. generally speaking

а) полоса (или прослоек) угля
б) составляющие пород
в) расщепляться на отдельные слои
г) вообще говоря
д) в результате химических и физических изменений
е) избыток воды
ж) изменяться
з) находиться в постоянном развитии
и) низкосортные руды
к) следы первоначальной структуры

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. иметь значение
2. упомянутые выше
3. сланцеватая структура
4. в отличие от гранита
5. недостаток воды
6. существовавшие ранее породы
7. слоистые породы
8. мрамор и сланец
9. гнейс
10. давать возможность
11. определять структуру

а) unlike granite
б) to be of importance
в) pre-existing rocks
г) mentioned above
д) schistose structure
е) to give an opportunity (of doing smth)
ж) to define (determine) rock texture
з) deficiency of water
и) flaky rocks
к) marble and slate
л) gneiss

№7

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory** - *a* разведочный; **exploration** - *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening** - *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *a* разведанный, достоверный; **proving** - *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable** - *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working** - *n* разработка, горная выработка

country rock коренная (основная) порода

distinctive properties отличительные свойства

malleable metal ковкий металл

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 7: Prospecting

Mining activities include prospecting and exploration for a mineral deposit through finding, proving, developing, extracting and processing the ore. That is why it is possible to divide the mining activity into three major phases: 1) before mining which involves prospecting and exploration required to locate, characterize and prove a potential ore body; 2) mining which refers to actual coal or ore extraction. Extraction processes include underground or surface mining and dredging; 3) after mining which involves processing and preparing the raw ore for the end product.

As has already been said, before a mineral deposit can be worked, that is, before it can be extracted from the Earth for use by man, it must first be found. The search for economically useful mineral deposits is called prospecting. To establish the quality and quantity of a mineral deposit, the type of country rock, etc. means to prove it and this process is called proving. Prospecting and proving are only two different stages of mining geological exploration, the latter includes drilling and driving of openings.

Last century prospectors looked for visible evidence of mineralization on the surface of the Earth. To recognize valuable minerals it was necessary to know their various distinctive physical properties. For example, gold occurs in nature as a heavy malleable yellow metal. -Galena, the most important mineral containing lead, is dark grey, heavy and lustrous. The first ores of iron to be mined were deposits of magnetite, a black heavy mineral capable of attracting a piece of iron.

As the deposits of mineral that cropped out at the surface were mined, the search for additional supplies of minerals took place. The science of geology was used to explain the occurrence of ore deposits.

The aim of geological prospecting is to provide information on a preliminary estimation of the deposit and the costs of the geological investigations to be made. It also indicates whether it is available to continue the exploration or not.

Prospecting work includes three stages: 1) finding signs of the mineral; 2) finding the deposit; 3) exploring the deposit.

General indications of the possibility of exposing this or that mineral in a locality can be obtained by studying its general topographical relief, the type of ground and its general natural conditions. Thus, in mountainous regions where fissures were formed during the process of mountain formation, ore minerals could be expected in the fissure fillings. In hilly regions, sedimentary deposits would be expected.

Certain deposits are found only in a particular type of ground. Coal seams, for example, are found in sedimentary formations mainly consisting of sandstones and shales. Veins, on the other hand, are found in crystalline (igneous) rocks, and the type of country rock usually determines the type of minerals.

At present, prospecting methods to be used are as follows:

1. Surface geological and mineralogical prospecting such as panning.
2. Geophysical, geochemical, geobotanical prospecting.
3. Aerial photography with geological interpretation of the data to be obtained is highly effective from aircraft or helicopter. Besides, successful development of space research has made it possible to explore the Earth's resources from space by satellites.

In modern prospecting the methods mentioned above are used together with the study of geological maps.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The search for economically useful mineral deposits is called proving.
2. Last century prospectors looked for visible evidence of mineral deposits.
3. The first ores of iron to be mined were deposits of galena.
4. The science of geology can explain the mode of occurrence of ore deposits.
5. As a rule prospecting includes four stages.
6. The study of general topographical relief and the type of ground makes it possible to expose this or that deposit.
7. Geologists know that certain deposits are only found in a particular type of ground.
8. As is known, veins are found in metamorphic rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is prospecting?
2. What is proving?
3. How did prospectors find mineral deposits in the 19th century?
4. Does gold occur in nature as a heavy malleable yellow metal or as a heavy dark-grey one?
5. What metal is capable of attracting a piece of iron?
6. What does prospecting work provide?
7. What are the three main stages of prospecting?

8. Is it enough to know only the topographical relief of a locality for exposing this or that mineral?

9. What methods of prospecting do you know?

10. What are the most effective aerial methods of prospecting now?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. country rock — а) залегание рудных месторождений
2. panning — б) блестящий металл
3. the search for commercially useful deposits — в) коренная (основная) порода
4. geological exploration — г) дополнительные запасы минералов
5. to look for evidence of mineralization — д) промывка (золотоносного песка в лотке)
6. distinctive properties — е) геологическая разведка (с попутной добычей)
7. lustrous metal — ж) искать доказательства наличия месторождения
8. capable of attracting a piece of iron — з) отличительные свойства
9. additional supplies of minerals — и) поиски экономически полезных месторождений
10. the occurrence of ore deposits — к) способный притягивать кусок металла

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. стоимость геологических исследований — а) the data obtained
2. выходить на поверхность (обнажаться) — б) galena, sandstones and shales
3. произвести предварительную оценку (месторождения) — в) the cost of geological investigations
4. визуальные наблюдения с воздуха — г) to crop out
5. полученные данные — д) certain ore deposits
6. галенит, песчаники и сланцы — е) to make a preliminary estimation (of a deposit)
7. общие показания — ж) visual aerial observations
8. находить признаки месторождения — з) to find the signs of a deposit
9. определенные рудные месторождения — и) general indications

№8

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять*;* погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking** - проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 8: Exploration of Mineral Deposits

Exploration is known to include a whole complex of investigations carried out for determining the industrial importance of a deposit. The main task is to determine the quality and quantity of mineral and the natural and economic conditions in which it occurs. The exploration of the deposit is divided into three stages, namely preliminary exploration, detailed exploration and exploitation exploration.

The aim of preliminary exploration is to establish the general size of a deposit and to obtain an approximate idea of its shape, dimensions and quality. At this stage the geological map of the deposit is corrected and a detailed survey of its surface is completed.

The information on the preliminary exploration is expected to give an all-round description of the deposit which will enable the cost of its detailed exploration to be estimated.

The following points should be taken into consideration: 1) the shape and area of the deposit; 2) its depth and angles of dip and strike; 3) its thickness; 4) the properties of the surrounding rock and overburden; 5) the degree of uniformity of distribution of the mineral within the deposit and the country rock, etc.

Preliminary explorations can make use of exploratory openings such as trenches, prospecting pits, adits, crosscuts and boreholes. They are planned according to a definite system, and some are driven to a great depth.

All the exploratory workings are plotted on the plan. These data allow the geologist to establish the vertical section of the deposit.

The quality of the mineral deposit is determined on the basis of analyses and tests of samples taken from exploratory workings.

The method of exploration to be chosen in any particular case depends on the thickness of overburden, the angle of dip, the surface relief, the ground water conditions and the shape of the mineral deposit.

The task of the detailed exploration is to obtain reliable information on the mineral reserves, their grades and distribution in the different sectors of the deposit. Detailed exploration data provide a much more exact estimate of the mineral reserves.

Mine or exploitation exploration is known to begin as soon as mining operations start. It provides data for detailed estimates of the ore reserves of individual sections. It facilitates the planning of current production and calculating the balance of reserves and ore mined.

The searching and discovering of new mineralized areas are based on geological survey and regional geophysical prospecting. The results of these investigations provide data on iron-bearing formations and new deposits for commercial extraction.

In detailed exploration both underground workings and borehole survey are used. Core drilling with diamond and carbide bits is widely used. Non-core drilling is also used in loose rocks in combination with borehole geophysical survey.

One of the main methods to explore coal deposits is also core-drilling. Modern drilling equipment makes it possible to accurately measure bed thickness and determine structure of beds, faults and folds. Recording control instruments are attached to drilling rigs which allow the geologists to get reliable samples good for nearly all parameters of coal quality to be determined.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The purpose of preliminary exploration is to determine the mineral reserves and their distribution in the different sectors of the deposit.
2. The properties of the surrounding rock and overburden should be taken into consideration during the preliminary exploration.
3. The purpose of the detailed exploration is to find out the quantity (reserves) of the deposit.
4. Exploitation exploration facilitates the planning of current production.
5. Both core drilling and non-core drilling are widely used.
6. Recording control instruments allow geologists to get reliable ore samples.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What stages does exploration include?
2. What is the main purpose of preliminary exploration?
3. What should be taken into consideration by geologists during preliminary exploration?
4. What exploratory openings do you know?
5. Do you know how the quality of the mineral deposit is determined?
6. What is the aim of a detailed exploration?
7. Is core drilling used in prospecting for loose rocks?
8. What is drilling equipment used for?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1. bedded deposits
2. core drilling
3. the angle of dip of the seam
4. the thickness of overburden
5. exploratory workings
6. composition of minerals
7. pits and crosscuts
8. to exploit new oil deposits
9. sampling
10. geological section

а) мощность наносов
б) разрабатывать новые месторождения нефти
в) шурфы и квершлаги

г) пластовые месторождения
д) опробование (отбор) образцов
е) угол падения пласта
ж) колонковое бурение
з) геологический разрез (пород)
и) состав минералов
к) разведочные выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1. буровые скважины
2. по простиранию пласта
3. равномерность распределения минерала в залежи
4. водоносность пород
5. карбидные и алмазные коронки
6. детальная разведка
7. использовать новые поисковые методы
8. проникать в залежь
9. коренная порода
10. свойства окружающих пород

а) ground water conditions
б) detailed exploration
в) boreholes
г) along the strike of the bed (seam)
д) carbide and diamond bits
е) the uniformity of mineral distribution in the deposit
ж) the properties of surrounding rocks
з) to make use of new prospecting methods
и) country rock
к) to penetrate into the deposit

3. Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций)

Грамматические конструкции представлены на стр. 6 – 40.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

Семья. Family

родственник relative, relation
родители parents
мать (мама) mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
отец (папа) father (dad, daddy, papa, pa)
жена wife
муж husband
супруг(а) spouse
ребенок, дети child, children
дочь daughter
сын son
сестра sister
брат brother
единственный ребенок only child
близнец twin
близнецы, двойняшки twins
брат-близнец twin brother
сестра-близнец twin sister

одноя́йцевые близне́цы identical twins
тройня́шки triplets
ба́бушка и де́душка grandparents
ба́бушка grandmother (grandma, granny, grandmamma)
де́душка grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
внуки grandchildren
вну́чка granddaughter
внук grandson
прабабу́шка great-grandmother
прадеду́шка great-grandfather
прабабу́шка и прадеду́шка great-grandparents
правну́ки great-grandchildren
тётя aunt
дя́дя uncle
крестный (оте́ц) godfather
крестная (мать) godmother
отчим, приёмный оте́ц stepfather
мачеха, приёмная мать stepmother
сво́дный брат stepbrother
сво́дная сестра stepsister
брат по одному́ из роди́телей half-brother
сестра́ по одному́ из роди́телей half-sister
приёмный, усынови́ленный сын adopted son
приёмная, удочерённая дочь adopted daughter
приёмный ребёнок adopted child
патронатная семья́, приёмная семья́ foster family
приёмный оте́ц foster father
приёмная мать foster mother
приёмные роди́тели foster parents
приёмный сын foster son
приёмная дочь foster daughter
приёмный ребёнок foster child
неполная семья́ (с одни́м роди́телем) single-parent family
ро́дня the kin, the folks
племя́нница niece
племя́нник nephew
двою́родный брат cousin (male)
двою́родная сестра́ cousin (female)
двою́родный брат (сестра́), кузе́н (кузи́на) first cousin
трою́родный брат (сестра́) second cousin
четвероюро́дный брат (сестра́) third cousin
ро́дня со стороны́ му́жа и́ли жены́ in-laws
свекро́вь mother-in-law (husband's mother)
свёкор father-in-law (husband's father)
тёща mother-in-law (wife's mother)
тесть father-in-law (wife's father)
неве́стка, сно́ха daughter-in-law
зять son-in-law
шурин, свояк, зять, деве́рь brother-in-law
свояче́ница, золо́вка, неве́стка sister-in-law
семе́йное положе́ние marital status
холосто́й, неже́натый, незамужня́я single

женатый, замужняя married
брак marriage
помолвка engagement
помолвленный, обрученный engaged
развод divorce
разведенный divorced
бывший муж ex-husband
бывшая жена ex-wife
расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей separated
вдова widow
вдовец widower
подружка, невеста girlfriend
друг, парень, ухажер boyfriend
любовник, любовница lover
ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный fiance
свадьба wedding
невеста на свадьбе bride
жених на свадьбе (bride)groom
медовый месяц honeymoon

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

The Ural State Mining University

Mining University – Горный университет; **higher educational institution** - высшее учебное заведение; **to provide** - зд. Предоставлять; **full-time education** - очное образование; **extramural education** - заочное образование; **to award** – награждать; **post-graduate courses** – аспирантура;	**scientific research centre** - центр научных исследований; **master of science** - кандидат наук; **capable** – способный; **to take part in** - принимать участие; **graduate** – выпускник; **to dedicate** – посвящать; **to carry out scientific work** - выполнять научную работу;

Faculty of Mining Technology - горно – технологический; **Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический; **Institute of World Economics** – Институт мировой экономики; **Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический; **Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты; **Faculty of City Economy** – городского хозяйства;	**Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики; **Faculty of extramural education** – заочный; **department** – кафедра; **dean** – декан; **to train specialists in** - готовить специалистов; **to consist of** - состоять из; **preparatory** – подготовительный; **additional** – дополнительный; **to offer** – предлагать;

to house - размещать /ся/; **building** – здание; **Rector's office** – ректорат;	**computation centre** - вычислительный центр; **canteen** – столовая;

Dean's office – деканат; **department** – кафедра; **library** – библиотека; **reading hall** - читальный зал; **assembly hall** - актовый зал; **layout** - расположение, план; **administrative offices** - административные отделы;	**to have meals** – питаться; **hostel** – общежитие; **to go in for sports** - заниматься спортом; **wrestling** – борьба; **weight lifting** - тяжелая атлетика; **skiing** - катание на лыжах; **skating** - катание на коньках; **chess** – шахматы;

academic work - учебный процесс; **academic year** - учебный год; **to consist of** - состоять из; **bachelor's degree** - степень бакалавра; **course of studies** - курс обучения; **to last** - длиться; **term** - семестр; **to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия; **period** - пара, 2 – х часовое занятие; **break** - перерыв; **subject** - предмет; **descriptive geometry** - начертательная геометрия;	**general geology** - общая геология; **foreign language** - иностранный язык; **to operate a computer** - работать на компьютере; **to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен; **to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен; **to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен; **to fail in chemistry** - не сдать химию; **holidays, vacations** - каникулы; **to present graduation paper** - представлять дипломные работы; **for approval** - к защите;

The Faculty of Mining Technology trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

The Institute of World Economics trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

The Faculty of Mining Mechanics trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation or industrial units and technological complexes - электопривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

The Faculty of Geology & Geophysics trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические мет оды поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration or mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration or underground waters and engineering - geological prospecting - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петрология и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My town

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist’s/a pharmacy/a drugstore - аптека
a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser’s - парикмахерская
a dental clinic/a dentist’s – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner’s – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь

a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки
a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent's – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна
a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My speciality

The Earth's Crust and Useful Minerals

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

clay - *n* глина; глинозем

consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

crust - *n* кора; *геол.* земная кора

decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

dissolve v растворять

expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure -** *n* обнажение

external - *a* внешний

extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

glacier - *n* ледник, глетчер

grain - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна *(минералов);* **grained** - *a* зернистый

gravel - *n* гравий, крупный песок

internal - *a* внутренний

intrusive - *a* интрузивный, плутонический

iron - *n* железо

layer - *n* пласт

like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

lime - *n* известь; **limestone** - *n* известняк

loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*

particle - *n* частица; включение

peat - *n* торф; торфяник

represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный

rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

sand - *n* песок

sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый

shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible …, oil …** - горючий сланец

siltstone - *n* алеврит

stratification - *n* напластование, залегание

stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

substance - *n* вещество, материал; сущность

thickness - *n* толщина, мощность

value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный *(о руде)*

vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

contain - v содержать *(в себе),* вмещать

crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - v сжиматься; сокращаться

dust - *n* пыль

expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

lateral - *a* боковой

occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n* залегание; **mode of occurrence** - условия залегания

penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**

pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *n* размер; величина; класс *(угля)*

solution – *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий

succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

uniform – *a* однородный; одинаковый

weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

to be subjected to подвергаться

Rocks of Earth's Crust

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

adjacent - *a* смежный, примыкающий

ash - *n* зола

belt - *n* пояс; лента; ремень

body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke – *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines** - *n pl* мелочь; мелкий уголь

flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы

fragmentary - *a* обломочный, пластический

glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный

gold - *n* золото

inclined - *a* наклонный

mica - *n* слюда

permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**

probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**

shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий

sill - *n* силь, пластовая интрузия

stock - *n* шток, небольшой батолит

vein - *n* жила, прожилок, пропласток

band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**

cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж

constituent - *n* составная часть, компонент

define - *v* определять, давать определение

distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;

disturb - *v* нарушать; смещать

excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**

flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья

fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда

foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**

marble - *n* мрамор

mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание

plate - *n* пластина; полоса *(металла)*

pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород

relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение; **relationship** - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный

run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*

schistose - *a* сланцеватый; слоистый

sheet - *n* полоса

slate - *n* сланец; *syn* **shale**

split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**

trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание

at least по крайней мере

to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*

in such a way таким образом

Fossil Fuels

accumulate - v накапливать; скопляться

ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**

associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**

burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь

charcoal - *n* древесный уголь

convenient - *a* удобный, подходящий

crude - *a* сырой, неочищенный

dig (dug) - v добывать; копать; **digger** - n угольный экскаватор; землеройная машина

divide - v делить; (from) отделять; разделять

evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)

fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость

heat - v нагревать; *n* теплота

liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

mudstone - *n* аргиллит

purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

shale - *n* глинистый сланец

the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*

blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

continuity - *n* непрерывность, неразрывность

domestic - *a* внутренний; отечественный

estimate - v оценивать; *n* оценка; смета

fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding** - *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous** - *a* блестящий

matter - *n* вещество; материя

moisture - *n* влажность, сырость; влага

parting - *n* прослоек

plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

store - v запасать, хранить на складе; вмещать

strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*

uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Prospecting and Exploration

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory** - *a* разведочный; **exploration** - *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening** - *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *a* разведанный, достоверный; **proving** - *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable** - *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working** - *n* разработка, горная выработка

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять*;* погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking** - проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

General Information on Mining

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently ~** наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss** - *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

goaf — завал; обрушенное пространство

double-ended drum bearer — комбайн с двойным барабаном

to identify — опознавать

appraisal — оценка

susceptibility — чувствительность

concealed — скрытый, не выходящий на поверхность

crusher — дробилка

concentration — обогащение

blending — смешивание; составление шихты

screen — сортировать (обыден. уголь); просеивать

froth floatation — пенная флотация

core drilling — колонковое бурение

to delineate — обрисовывать, описывать

lender — заимодавец

feasibility — возможность

in situ mining — повторная разработка месторождения в массиве

screening — просеивание; грохочение

processing — обработка, разделение минералов

Mining and Environment

break v **(broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

(руды .или породы); расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

drill - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение

dump -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);* **dumper** опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

environment - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

explode - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive** - *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

friable - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

handle - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

heap - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

hydraulicklng - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

load - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader** - *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader** - комбайн, комбинированная горная машина

lorry - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

mention - v упоминать

overcasting - *n* перелопачивание *(породы)*

pump - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

reclamation - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

sidecastiag - *n* внешнее отвалообразование

site - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

slice - *n* слой; **slicing** - *n* выемка слоями, разработка слоями

strip - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper** - *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping** - *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

unit - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

washery - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

to attract smb's attention привлекать чье-л. внимание

backhoe - *n* обратная лопата

blast - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

block out - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

clearing - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

crash - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

earth-mover - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

excavator - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket** ~ многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

grab - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

grabbing - погрузка грейфером; захватывание

hoist - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

plough - *n* струг

power shovel - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

range - *n* колебание в определенных пределах

rate - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

remote - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

result - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

safety - *n* безопасность; техника безопасности

slope - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(руды)*

support - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)

Самостоятельное изучение тем курса предполагает изучение тем практических занятий, представленных в разделе 1, 2, 3 данных методических указаний студентами заочной формы обучения в межсессионный период.

1.5 Подготовка к контрольной работе и 1.6 Написание контрольной работы

Для выполнения контрольной работы студентами кафедрой подготовлены *Методические рекомендации и задания к контрольной работе для студентов данной специальности.*

II. Другие виды самостоятельной работы

2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (Подготовка к ролевой игре, к практико-ориентированным заданиям, опросу)

2.1.1 Подготовка к ролевой игре

Студенты получают ролевые карточки. Им необходимо обдумать свою роль, стратегию своей роли, вопросы и ответы.

Role card 1

Sasha

The worst thing about your house is lack of privacy. You share your room with a younger sister. You think she goes through all your stuff. She asks you ambarrassing questions about boys, makes little nasty comments about you.

Your parents treat you like a baby. Your father is too much interested in your studying and homework. Your mother makes you do the work about the house alone. You are going to leave home as soon as you are old enough.

- Collect all the arguments to explain your attitude to your family.
- Listen to what the members of your family are saying.
- Don't interrupt them.
- Don't forget that both parents and children are to blame in conflict situations.
- Be polite and friendly

Role card 2

Mother

Your daughter has written a letter of complaint to the youth magazine. She is not satisfied with your attitude to her. You have read this letter. You are worried about the situation in the family and have decided to discuss the problems with a family therapist.

- Say why you have invited the therapist
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 3

Father

Your daughter is complaining that you treat her like a baby. You don't let her out at night during the week. You always ask her about the boys. You don't believe her when she says she doesn't have any homework to do. Your wife has invited a family therapist to discuss the problems of your family.

- Say what your attitude to the problem is

- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 4

Sister

Sasha is complaining that you don't help her with the work about the house. She also says that she can't keep anything secret in her room, you go through all her stuff. She is irritated by your behaviour. She is going to leave your home as soon as she is old enough.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 5

Family therapist

- Encourage all the members of the family to speak
- Take notes
- Ask questions
- Summarize what you have heard from all the members of the family
- Try to analyse the situation in a short report

2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию

Подготовьте устные высказывания по темам:

1. From the history of the Ural State Mining University.
2. Faculties and specialities of the University.
3. The layout of the Ural State Mining University.
4. Student's academic work.

Подготовьте письменные ответы на вопросы:

1. Where do you study?
2. What faculty do you study at?
3. How many faculties are there at the Ural State Mining University?
4. What year are you in?
5. What is your future speciality?
6. What specialities are there at your faculty?
7. When did you enter the University?
8. When was the Sverdlovsk Mining Institute founded?
9. When was it reorganized into the University?
10. In how many buildings is the Ural State Mining University housed?
11. In what building is your faculty housed?
12. Who is the dean of your faculty?
13. What books do you take from the library?
14. Where do you live?
15. Where do you usually have your meals?
16. How long does the course of studies for a bachelor's degree last?

17. How long do the students study for a Diplomate Engineer's course and a Magister's degree?

18. What subjects do you study this term?

19. What lectures and practical classes do you like to attend?

20. Where do the students have their practical work?

21. When do the students present their graduation papers for approval?

22. What graduates can enter the post-graduate courses?

23. What kind of sport do yon like?

24. Where do you go in for sports?

2.1.3 Подготовка к опросу

Ответьте на вопросы на иностранном языке:

1. What specialities does the geological faculty train geologic engineers in?
2. What problems does Geology study?
3. What branches is Geology divided into?
4. What does Economic Geology deal with?
5. What does mineralogy investigate?
6. What does paleontology deal with?
7. What is the practical importance of Geology?
8. Where do graduates of the geological faculty of the Mining University work?
9. What is your future speciality?
10. What kind of work do geologists-prospectors conduct?
11. What do geologists explore during the early stages of geological exploration?
12. What work do geologists conduct while working in. the field?
13. When do geologists start exploratory work?
14. What is the purpose of the exploratory work?
15. How is exploratory work conducted?
16. What contribution do geologists make to the development of the National Economy of our country?
17. What does hydrogeology deal with?
18. Where are ground waters used?
19. Where is thermal (hot) water used?
20. What must hydrogeologists do with ground waters which complicate construction work or mineral extraction?

2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного (по 2 текста на тему)

Text 1: A.M. Terpigorev (1873-1959)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

to defend graduation paper (thesis) - защищать дипломную работу (диссертацию)

to pass an entrance examination - сдать вступительный экзамен

to get a higher education - получить высшее образование

to do one's best (one's utmost, all one can, everything in one's power) - сделать все возможное, не жалеть сил

to make contribution (to) - вносить вклад в *(науку, технику* и т.д.)

choose (chose, **chosen**) - v выбирать; **choice** - *n* выбор

collect - v собирать, коллекционировать

dangerous - *a* опасный

deposit - *n* месторождение, залежь; **bedded deposits** - пластовые месторождения

describe - v описывать, изображать; **description** - *n* описание; **descriptive** - *a* описательный

facility - *n (pl* **facilities)** средства; возможности; оборудование; устройства

fire damp - *n* рудничный газ, метан

harm - *n* вред; *v* вредить; **harmful** - *a* вредный

relate - v относиться, иметь отношение

safety - *n* безопасность; **mine safety** безопасность труда при горных работах; техника безопасности; **safety measures** меры безопасности; **safe** - *a* безопасный; надежный

seam - *n* пласт *(угля); syn* **bed, layer; flat seam** горизонтальный, пологопадающий пласт; **inclined seam** наклонный пласт; **steep seam** крутопадающий пласт; **thick seam** мощный пласт; **thin seam** тонкий пласт

state - *n* состояние; государство; штат; *a* государственный; v заявлять; констатировать; излагать

success - *v* успех; удача; **be a success** иметь успех; **successful** *a* успешный

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Academician A.M. Terpigorev is a well-known mining engineer who successfully combined his practical experience with scientific research. He was bom in 1873 in Tambov. In 1892 he finished school with honours1 and decided to get a higher education. He chose the Mining Institute in St. Petersburg, passed all the entrance examinations successfully and became a student of the Mining Institute.

At the Institute he studied the full range of subjects2 relating to metallurgy, mining and mining mechanics.

At that time students' specialization was based on descriptive courses and elementary practical training. One of the best lecturers was A. P. Karpinsky. His lectures on historical geology were very popular.

During his practical training Terpigorev visited mines and saw that the miners' work was very difficult. While he was working in the Donbas he collected material for his graduation paper which he soon defended. The Mining of flat seams in the Donbas was carefully studied and described in it.

In 1897 Terpigorev graduated from the Institute with a first-class diploma of a mining engineer.

His first job as a mining engineer was at the Sulin mines where he worked for more than three years first as Assistant Manager and later as Manager.

From 1900 till 1922 Terpigorev worked at the Yekaterinoslav Mining Institute (now the Mining Institute in Dnepropetrovsk).

In 1922 he accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Academy and moved to Moscow. From 1930 he headed the chairs5 of Mining Transport and Mining of Bedded Deposits at the Moscow Mining Institute.

Academician Terpigorev took a particular interest in mine safety. As a result of his investigations a series of safety measures in gassy collieries was worked out. For some time he was working on the problem of fire damp, the most harmful and dangerous of all the gases in mines.

His two-volume work Coal Mining and Mine Transport Facilities is a full description of the state of mechanization and the economy of the Donbas. His other works are about mining transport facilities, mechanization of coal mining and mining machinery. He is one of the pioneers in scientific methods of coal gasification.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. After school Terpigorev decided to work in a mine.
2. Terpigorev collected material for his graduation paper which dealt with mining thick seams in the Donbas.
3. For more than three years Terpigorev worked at the Sulin mines.

4. In 1922 Terpigorev accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Institute.
5. He investigated the problems of mine safety.
6. He was one of the first to work on the problem of gasification of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. When and where was Terpigorev born?
2. What institute did he graduate from?
3. What material did he collect while he was working in the Donbas?
4. Where did Terpigorev work from 1900 till 1922?
5. At what institute did Terpigorev head the chair of Mining Bedded Deposits?
6. What did Terpigorev take a particular interest in?
7. What works by Terpigorev do you know?
8. What problems do Terpigorev's works deal with?
9. What was the result of his investigations on mine safety?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) охрана труда в шахтах
б) подтверждать
в) добыча угля
г) эксплуатация месторождений
д) метан
е) принять предложение
ж) выполнить задачу, задание
з) горизонтальный пласт
и) собирать материал

1. поступить в институт
2. решать важные проблемы
3. выдающиеся исследователи
4. успешно провести эксперименты
5. выбрать профессию
6. описательный курс
7. происхождение железной руды
8. начальник шахты
9. мероприятия по охране труда

Text 2: A.P. Karpinsky (1847-1936)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abroad - *adv* за рубежом
confirm - v подтверждать; утверждать
consider - v считать, полагать, рассматривать
contribute - v вносить вклад; **contribution** вклад
crust - *n* земная кора
detailed - a подробный, детальный
elect - v избирать, выбирать *(голосованием);* назначать *(на должность)*
embrace - v охватывать; обнимать
entire - *a* весь, целый; полный; *syn* **whole**
exist – *v* существовать, быть, жить
foreign - *a* иностранный
former - *a* прежний
investigate - v исследовать; изучать
prominent - *a* знаменитый, выдающийся, известный; *syn* **remarkable, outstanding**
regularity - *n* закономерность

significant - *a* значительный; **significance** - *n* значение, важность; **exhaust the significance** исчерпывать значение

society – *n* общество

staff - *n* персонал; личный состав; штат

various - *a* различный, разный, разнообразный

to advance the view - высказывать мнение *(точку зрения)*

to be interested in - быть заинтересованным *(чём-л.),* интересоваться

to take (an) interest in - заинтересоваться *(чём-л.)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

V.A. Obruchev, I.M. Gubkin, A.Y. Fersman, V.I. Vernadsky and A. P. Karpinsky were the prominent Russian scientists who laid the foundation1 of the Russian school of geology and mining.

An entire epoch in the history of Russian geology is connected with Karpinsky's name. One of the greatest Russian geologists, he was a member and for some time President of the Academy of Sciences of the former USSR and a member of several Academies abroad. The Geological Society of London elected him a foreign member in 1901. His greatest contribution to geology was a new detailed geological map of the European part of Russia and the Urals.

For many years he headed the Russian Geological Committee the staff of which was made up of his pupils. He was one of those geologists who embraced the whole of geological science. He created the new stratigraphy of Russia. He studied the geological systems in various regions of the country and was the first to establish3 the regularity of the Earth's crust movement. His paleontological studies are of no less importance, especially those on palaeozoic ammonoids. He also took an interest in deposits of useful minerals and gave a classification of volcanic rocks. He advanced the view that petroleum deposits existed in Russian, which was confirmed later. He studied some ore and platinum deposits and may be justly considered5 the founder of practical geology of the Urals. He was the first Russian scientist who introduced microscope in the study of petrographic slides.

Karpinsky was a prominent scientist, an excellent man and citizen. He was one of the best lecturers at the Mining Institute in his time. He was also one of the greatest Russian scientists who later became the first elected President of the Academy of Sciences of the USSR. Students were attracted to him not only because he was a great scientist but also because of his charming personality and gentle manner.

Every geologist and every geology student knows very well Karpinsky's most significant work An Outline of the Physical and Geographical Conditions in European Russia in Past Geological Periods.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Karpinsky was the first President of the Academy of Sciences.
2. He worked at the Mining Institute in St.Petersburg.
3. Karpinsky was a member of many Academies abroad.
4. Karpinsky made up a detailed map of the Asian part of our country.
5. He headed the Russian Geological Committee.
6. Karpinsky created a new branch of geology, namely stratigraphy.
7. He only tried to establish the regularity of the Earth's crust movement.
8. Karpinsky may be justly considered the founder of the practical geology of the Urals.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What society elected Karpinsky a foreign member and when?

2. Did he head the Russian Geological Committee or was he a member of that Committee?
3. Did Karpinsky investigate various regions of the Russian territory?
4. Which of his works are the most remarkable?
5. What can you say about Karpinsky's investigations in petrology?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) земная кора
б) составить подробную карту
в) замечательные работы
г) выдающийся ученый
д) залежи полезных ископаемых
е) научное общество
ж) избирать председателя (президента)
з) заложить основы школы
и) интересоваться геологией
к) высказать точку зрения
л) возглавлять комитет

Text 3: Sedimentary Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**
clay - *n* глина; глинозем
consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**
crust - *n* кора; *геол.* земная кора
decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение
derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать
destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный
dissolve v растворять
expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure -** *n* обнажение
external - *a* внешний
extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*
force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие
glacier - *n* ледник, глетчер
grain - *n* зерно; **angular grains -** угловатые зерна *(минералов);* **grained -** *a* зернистый
gravel - *n* гравий, крупный песок
internal - *a* внутренний
intrusive - *a* интрузивный, плутонический
iron - *n* железо
layer - *n* пласт
like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно
lime - *n* известь; **limestone -** *n* известняк
loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый
make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*
particle - *n* частица; включение
peat - *n* торф; торфяник
represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative -** *a* характерный, типичный
rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода
sand - *n* песок
sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород
schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый
shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible …, oil …** - горючий сланец
siltstone - *n* алеврит
stratification - *n* напластование, залегание
stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**
substance - *n* вещество, материал; сущность
thickness - *n* толщина, мощность
value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный *(о руде)*
vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The rocks of the Earth's crust are divided into three main groups: sedimentary rocks, which consist of fragments or particles of pre-existing rocks; igneous rocks which have solidified from magma and metamorphic rocks. Metamorphic rocks have been derived from either igneous or sedimentary rocks.

Sedimentary rocks represent one of the three major groups of rocks that make up the crust of the Earth. Most sedimentary rocks have originated by sedimentation. They are layered or stratified. Thus, stratification is the most important characteristic of sediments and sedimentary rocks. It is necessary to note that the processes which lead to the formation of sedimentary rocks are going on around us.

Sediments are formed at or very near the surface of the Earth by the action of heat, water (rivers, glaciers, seas and lakes) and organisms.

It should be noted that 95 per cent of the Earth's crust is made up of igneous rocks and that only 5 per cent is sedimentary. In contrast, the amount of sedimentary rocks on the Earth's surface is three times that of igneous rocks.

Strictly speaking, sedimentary rocks form a very small proportion by volume of the rocks of the Earth's crust. On the contrary, about three quarters of the Earth's surface is occupied by sedimentary rocks. It means that most of sedimentary rocks are formed by sediments, accumulations of solid material on the Earth's surface.

The thickness of the layers of sedimentary rocks can vary greatly from place to place. They can be formed by the mechanical action of water, wind, frost and organic decay. Such sediments as gravel, sand and clay can be transformed into conglomerates, sandstones and clay schists as a result of the accumulation of materials achieved by the destructive mechanical action of water and wind.

Mechanical sediments can be unconsolidated and consolidated. For example, gravel, sand and clay form the group of unconsolidated mechanical sediments, because they consist of loose uncemented particles (grains).

On the Earth's surface we also find consolidated rocks, which are very similar to the loose sediments whose particles are firmly cemented to one another by some substance. The usual cementing substances are sand, clay, calcium carbonate and others. Thus sandstones are consolidated rocks composed of round or angular sand grains, more or less firmly consolidated. Like sand, sandstones can be divided into fine-grained, medium-grained and coarse-grained.

On the other hand, chemical sediments are the result of deposits or accumulations of substances achieved by the destructive chemical action of water. The minerals such as rock salt, gypsum and others are formed through sedimentation of mineral substances that are dissolved in water.

Sediments can also be formed by the decay of the remains of organisms, by the accumulation of plant relics.1 They are called organic sediments. Limestones, peat, coal, mineral oil and other sediments may serve as an example of organic sediments.

The most principal kinds of sedimentary rocks are conglomerate, sandstone, siltstone, shale, limestone and dolomite. Many other kinds with large practical value include common salt, gypsum, phosphate, iron oxide and coal.

As is known, water, wind and organisms are called external forces, because their action depends on the energy which our planet receives from the Sun.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The rocks of the Earth's crust are divided into two main groups.
2. Igneous rocks are composed of particles of pre-existing rocks.
3. Sedimentary rocks are stratified.
4. Sediments are formed by the action of glaciers.
5. Igneous rocks make up 75 per cent of exposed rocks.
6. Conglomerates are formed as a result of the accumulation of materials caused by the destructive mechanical action of water.
7. Sandstones are consolidated rocks.
8. Clays are unconsolidated mechanical sediments.
9. Chemical sediments are formed by the destructive chemical action of water.
10. Peat and coal are the organic sediments which are of great practical value.
11. Clay schist was formed at the beginning of the sedimentation period and clay was formed later.

2). Ответьте на вопросы:

1. What main groups of rocks do you know?
2. Do sedimentary rocks consist of particles of pre-existing rocks?
3. How were igneous rocks formed?
4. Do you know how sedimentary rocks have originated?
5. What is the most important characteristic feature of sediments?
6. Do sedimentary rocks account for 10 per cent of the Earth's crust?
7. Is gravel consolidated mechanical sediment? And what about sand and clay?
8. What are cementing substances? Can calcium carbonate be used as a cementing substance?
9. Are there only fine-grained sandstones?
10. What can you say about chemical sediments?
11. Can you give an example of organic sediments? How are they formed?

3) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

1.	земная кора	а) sandstone
2.	растворяться в воде	б) fine-grained sand
3.	песчаник	в) the Earth's crust
4.	уплотненные осадки	г) exposed rocks
5.	изверженные породы	д) to dissolve in water
6.	мелкозернистый песок	е) like gypsum
7.	затвердевать	ж) consolidated sediments
8.	подобно гипсу	з) igneous rocks
9.	обнаженные породы	и) to solidify, to consolidate

б) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов.

1.	coarse-grained sand	а) разрушительная сила воды
2.	siltstone and shale	б) пластовые месторождения
3.	the destructive action of water	в) доледниковый период
4.	existing rocks	г) крупнозернистый (грубо- зернистый) песок
5.	chemical decay	д) частицы вещества
6.	sedimentary rocks	е) алеврит и сланец
7.	stratified deposits	ж) существующие породы
8.	pre-glacial period	з) осадочные породы
9.	particles of a substance	и) химический распад

Text 4: Weathering of Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

contain - v содержать *(в себе),* вмещать
crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться
contract - v сжиматься; сокращаться
dust - *n* пыль
expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**
fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель
fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*
freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать
gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно
hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом
hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф
influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*
lateral - *a* боковой
occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n* залегание; **mode of occurrence** - условия залегания
penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*
phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**
pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы
rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**
refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*
resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся
size - *n* размер; величина; класс *(угля)*
solution – *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий
succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно
undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*
uniform – *a* однородный; одинаковый
weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*
to be subjected to подвергаться

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

All rocks which are exposed on the Earth's surface (high mountain peaks, deserts) are decomposed to a certain degree. The process of rock disintegration by the direct influence of local atmospheric conditions on the Earth's surface is called weathering. This phenomenon is often referred to in geology because weathering is an active process. It takes place in the upper layers of the Earth's crust.

The main cause of physical weathering is the change in temperature that takes place with the succession of day and night. This phenomenon can best be observed in the deserts and high mountains where the changes in temperature are common.

During the day under the influence of heat, rocks expand whereas at night they begin to contract. As rocks are generally composed of different minerals, their expansion and contraction do not occur uniformly. As a result of this rocks crack. At the beginning these cracks or fissures are hardly noticeable but gradually they become wider and deeper until the whole surface of rock is finally transformed into gravel, sand or dust.

In the regions of a moderate or cold climate, where the temperature in winter goes down to below 0 (zero), the decomposition of rocks is greatly facilitated by the action of water. When water freezes it increases in volume and develops enormous lateral pressure. Under the action of water, rocks decompose to pieces of varied forms and sizes.

The decomposition of rocks under the direct influence of heat and cold is called physical weathering.

Rocks are subjected not only to physical decomposition but also to chemical weathering, i.e. to the action of chemical agents, such as water, carbon dioxide and oxygen. In a general way, chemical weathering is an acid attack on the rocks of the Earth's crust, in particular an attack on the most abundant minerals — quartz (sand) and aluminosilicates (clays). Only few minerals and rocks are resistant to the action of natural waters. The solvent action of water is stronger when it contains carbon dioxide. Water causes more complex and varied changes. With the participation of oxygen and carbon dioxide up to 90 per cent of rocks is transformed into soluble minerals, which are carried away by the waters.

Organisms and plants also take part in the disintegration of rocks. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks by making holes in them to live in. The action of plants can often be even more destructive. Their roots penetrate into the fissures of rocks and develop the lateral pressure which fractures and destroys rocks.

1. Укажите, какие предложены соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The process of sedimentation is called weathering.
2. The change in temperature causes physical weathering.
3. As a rule during the night rocks expand.
4. When freezing water decreases in volume and develops enormous lateral pressure.
5. The decomposition of rocks is due to the influence of heat and cold.
6. As a rule water contains dissolved mineral substances.
7. The solvent action of water is stronger when it does not contain carbon dioxide.
8. It should be noticed that the action of organisms and plants is destructive.
9. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What process is called weathering?
2. What process is called physical weathering?
3. Where can the phenomenon of physical weathering be best observed?
4. What process is called chemical weathering?
5. What substances can act as solvents?
6. Are all minerals and rocks resistant to the action of natural waters or only few minerals and rocks can resist the action of water?
7. How do organisms act on the destruction of rocks?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. the Earth's surface

2. to be composed of different minerals
3. the expansion of rocks
4. changes in temperature
5. under the influence of heat
6. weathering
7. destructive forces
8. a great number of fractures
9. to penetrate into fissures

а) под влиянием тепла
б) разрушительные силы
в) выветривание
г) большое количество трещин
д) состоять из различных минералов
е) расширение пород
ж) проникать в трещины
з) изменения температуры
и) поверхность земли

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. увеличиваться в объеме
2. развивать боковое давление
3. способствовать разрушению пород
4. подвергаться гниению
5. растворять вещества
6. сопротивляться (чему-л.)
7. некоторые органические вещества
8. ускорять процесс выветривания
9. куски породы различных размеров

а) to facilitate the decomposition of rocks
б) to increase in volume
в) to resist (smth)
г) rock pieces of varied (different) sizes
д) to accelerate the process of weathering
е) to be subjected to decay
ж) to dissolve substances
з) to develop lateral pressure
и) certain organic substances

Text 5: Fossil Fuels

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger** - n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)

fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
heat - v нагревать; *n* теплота
liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**
manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**
mudstone - *n* аргиллит
purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**
shale - *n* глинистый сланец
the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The chief sources of energy available to man today are oil, natural gas, coal, water power and atomic energy. Coal, gas and oil represent energy that has been concentrated by the decay of organic materials (plants and animals) accumulated in the geologic past. These fuels-are often referred to as fossil fuels.

The word fossil (derived from the Latin fodere "to dig up") originally referred to anything that was dug from the ground, particularly a mineral. Today the term fossil generally means any direct evidence of past life, for example, the footprints of ancient animals. Fossils are usually found in sedimentary rocks, although sometimes they may be found in igneous and metamorphic rocks as well. They are most abundant in mudstone, shale and limestone, but fossils are also found in sandstone, dolomite and conglomerate.

Most fuels are carbon-containing substances that are burned in air. In burning fuels give off heat which is used for different purposes.

Fuels may be solid, liquid and gaseous. Solid fuels may be divided into two main groups, natural and manufactured. The former category includes coal, wood, peat and other plant products. The latter category includes coke and charcoal obtained by heating coal in the absence of air.

Liquid fuels are derived almost from petroleum. In general, natural petroleum, or crude oil, as it is widely known, is the basis of practically all industrial fuels. Petroleum is a mixture of hundreds of different hydrocarbons — compounds composed of hydrogen and carbon — together with the small amount of other elements such as sulphur, oxygen and nitrogen. Petroleum is usually associated with water and natural gas. It is found in porous sedimentary rocks where the geological formation allowed the oil to collect from a wide area. Petroleum is one of the most efficient fuels and raw materials.

Of gaseous fuels the most important are those derived from natural gas, chiefly methane or petroleum. Using gaseous fuels makes it possible to obtain high thermal efficiency, ease of distribution and control. Gas is the most economical and convenient type of fuels. Today gas is widely utilized in the home and as a raw material for producing synthetics.

Scientists consider that a most promising source of natural resources may be the floor of the sea, a subject which now has become an important field of research.

Generally speaking, all types of fossil fuels described in the text are of great economic importance as they represent the sources of energy the man uses today.

1. Укажете, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Coal, water power and atomic energy are the only sources of energy available to man today.
2. Coal, wood and peat represent natural group of solid fuels.
3. As a rule fossil fuels are found in sedimentary rocks.
4. Crude oil is widely used for producing solid fuels.
5. Petroleum can be found in porous sedimentary rocks.
6. Gas is used to produce synthetic materials.

7. Not all types of fossil fuels burn.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What fuels are often referred to as fossil fuels?
2. What does the word fossil mean?
3. What rocks are most abundant hi fossil fuels?
4. What types of fossil fuels do you know?
5. Is coke a natural or manufactured solid fuel? And what can you say about coal and peat?
6. How are coke and charcoal produced?
7. What rocks is petroleum usually associated with?
8. What are the advantages of gaseous fuels?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов сочетаний слов.

1.	fossil fuel	а) дерево и торф
2.	raw material	б) небольшое количество аргиллита
3.	crude oil	в) органическое топливо
4.	the chief sources of energy	г) сланец и известняк
5.	to refer to	д) сырье
6.	any direct or indirect evidence of the deposit	е) материалы, содержащие углерод
7.	shale and limestone	ж) главные источники энергии
8.	carbon-containing materials	з) любые прямые или косвенные признаки месторождения
9.	wood and peat	и) сырая (неочищенная) нефть
10.	the small amount of mudstone	к) относиться к (чему-л.); ссылаться на (что-л.)

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

1.	древесный уголь и кокс	а) to collect data
2.	жидкое топливо	б) charcoal and coke
3.	накапливать	в) to be composed of limestones
4.	собирать данные	г) liquid fuel
5.	происходить от	д) to accumulate
6.	получать хорошие результаты	е) to derive from
7.	богатый горючими сланцами	ж) to obtain good results
8.	состоять из известняков	з) abundant in oil shales

Text 6: Coal and Its Classification

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*
blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)
combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание
continuity - *n* непрерывность, неразрывность
domestic - *a* внутренний; отечественный
estimate - v оценивать; *n* оценка; смета
fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов
fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding** - *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва
inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя
intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*
luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous** - *a* блестящий
matter - *n* вещество; материя
moisture - *n* влажность, сырость; влага
parting - *n* прослоек
plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования
rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля
regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность
similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**
smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*
store - v запасать, хранить на складе; вмещать
strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**
thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*
uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие
utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**
volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Coal is the product of vegetable matter that has been formed by the action of decay, weathering, the effects of pressure, temperature and time millions of years ago.

Although coal is not a true mineral, its formation processes are similar to those of sedimentary rocks.

Structurally coal beds are geological strata characterized by the same irregularities in thickness, uniformity and continuity as other strata of sedimentary origin. Coal beds may consist of essentially uniform continuous strata or like other sedimentary deposits may be made up of different bands or benches of varying thickness.

You can see a seam limited by two more or less parallel planes, a shape which is typical of sedimentary rocks. The benches may be separated by thin layers, of clay, shale, pyrite or other mineral matter, commonly called partings. Like other sedimentary rocks coal beds may be structurally disturbed by folding and faulting.

According to the amount of carbon coals are classified into: brown coals, bituminous coals and anthracite. Brown coals are in their turn subdivided into lignite and common brown coal. Although carbon is the most important element in coal, as many as 72 elements have been found in some coal deposits, including lithium, chromium, cobalt, copper, nickel, tungsten and others.

Lignite is intermediate in properties between peat and bituminous coal, containing when dry about 60 to 75 per cent of carbon and a variable proportion of ash. Lignite is a low-rank brown-to-black coal containing 30 to 40 per cent of moisture. Developing heat it gives from 2,500 to 4,500 calories. It is easily inflammable but burns with a smoky flame. Lignite is liable to spontaneous combustion. It has been estimated that about 50 per cent of the world's total coal reserves are lignitic.

Brown coal is harder than lignite, containing from 60 to 65 per cent of carbon and developing greater heat than lignite (4,000-7,000 calories). It is very combustible and gives a brown powder. Bituminous coal is the most abundant variety, varying from medium to high rank. It is a soft, black, usually banded coal. It gives a black powder and contains 75 to 90 per cent of carbon. It weathers only slightly and may be kept in open piles with little danger of spontaneous combustion if properly stored. Medium-to-low volatile bituminous coals may be of coking quality. Coal is used intensively in blast furnaces for smelting iron ore. There are non-coking varieties of coal.

As for the thickness, the beds of this kind of coal are not very thick (1-1.5 meters). The great quantities of bituminous coal are found in the Russian Federation.

Anthracite or "hard" coal has a brilliant lustre containing more than 90 per cent of carbon and low percentage of volatile matter. It is used primarily as a domestic fuel, although it can sometimes be blended with bituminous grades of coal to produce a mixture with improved coking qualities. The largest beds of anthracite are found in Russia, the USA and Great Britain.

Coal is still of great importance for the development of modern industry. It may be used for domestic and industrial purposes. Being the main source of coke, coal is widely used in the iron and steel industry. Lignite, for example either in the raw state or in briquetted form, is a source of industrial carbon and industrial gases.

There is a strong tendency now for increased research into new technologies to utilize coal. No doubt, coal will be used as a raw material for the chemical industry and petrochemical processes. All these processes involve coal conversion which include gasification designed to produce synthetic gas from coal as the basis for hydrogen manufacture, liquefaction (разжижение) for making liquid fuel from coal and other processes.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Anthracite coals may be divided into lignite and common brown coal.
2. Coals are ranked according to the percentage of carbon they contain.
3. Peat, with the least amount of carbon is the lowest rank, then comes lignite or brown coal.
4. Brown coal is hard and it is not liable to spontaneous combustion.
5. Bituminous coal weathers rapidly and one cannot keep it in open piles.
6. Being intensively used in the iron and steel industry bituminous coal varies from medium to high rank.
7. Anthracite or hard coal, the highest in percentage of carbon, can be blended with bituminous grades of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is the classification of coal based on?
2. Is carbon the only element in coal? (Prove it.)
3. Is lignite intermediate in properties between peat and bituminous coal?
4. What heat value does lignite develop when burnt?
5. What coals are liable to spontaneous combustion?
6. What is the difference between lignite and brown coal?
7. Is bituminous coal high- or low-volatile?
8. Does anthracite contain 90 per cent of carbon?
9. Where are the largest deposits of anthracite found? And what can you say about bituminous coal?
10. What do you know about the utilization of coal?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1.	spontaneous combustion	а) легковоспламеняющийся газ
2.	moisture and ash content	б) высокосортный уголь
3.	the most abundant variety	в) плавить железную руду
4.	in its turn	г) самовозгорание
5.	the amount of volatile matter	д) содержание влаги и золы
6.	easily inflammable gas	е) дымное пламя
7.	brilliant lustre	ж) наиболее широко распространенные угли

8.	to smelt iron ore	з) яркий блеск
9.	high-rank coal	и) в свою очередь
10.	a smoky flame	к) количество летучих веществ

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов н сочетаний слов:

1.	тип угля	а) heat value
2.	некоксующийся уголь	б) amount of carbon
3.	доменная печь	в) coal rank
4.	содержание углерода	г) to store coal
5.	смешиваться с другими углями	д) to weather rapidly
6.	улучшенного качества	е) non-coking coal
7.	складировать уголь	ж) blast furnace
8.	теплотворная способность	з) of improved quality
9.	быстро выветриваться	и) to blend with other coals

Text 7: General Information on Mining

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently ~** наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**
well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф
capital investment - капитальные вложения
gate road - промежуточный штрек
in bulk - навалом, в виде крупных кусков
metal-bearing - содержащий металл
production face/working - очистной забой
productive mining - эксплуатационные работы
in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.
with a view to - с целью

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

As has been said, mining refers to actual ore extraction. Broadly speaking, mining is the industrial process of removing a mineral-bearing substance from the place of its natural occurrence in the Earth's crust. The term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells; metal, non-metallic minerals, coal, peat, oil shale and other hydrocarbons from the earth. In other words, the work done to extract mineral, or to prepare for its extraction is called mining.

The tendency in mining has been towards the increased use of mining machinery so that modern mines are characterized by tremendous capacities. This has contributed to: 1) improving working conditions and raising labour productivity; 2) the exploitation of lower-grade metal-bearing substances and 3) the building of mines of great dimensions.

Mining can be done either as a surface operation (quarries, opencasts or open pits) or by an underground method. The mode of occurrence of the sought-for metallic substance governs to a large degree the type of mining that is practised. The problem of depth also affects the mining method. If the rock containing the metallic substance is at a shallow site and is massive, it may be economically excavated by a pit or quarry-like opening on the surface. If the metal-bearing mass is tabular, as a bed or vein, and goes to a great distance beneath the surface, then it will be worked by some method of underground mining.

Working or exploiting the deposit means the extraction of mineral. With this point in view a number of underground workings is driven in barren (waste) rock and in mineral. Mine workings vary in shape, dimensions, location and function.

Depending on their function mine workings are described as exploratory, if they are driven with a view to finding or proving mineral, and as productive if they are used for the immediate extraction of useful mineral. Productive mining can be divided into capital investment work, development work, and face or production work. Investment work aims at ensuring access to the deposit from the surface. Development work prepares for the face work, and mineral is extracted (or produced) in bulk.

The rock surfaces at the sides of workings are called the sides, or hi coal, the ribs. The surface above the workings is the roof in coal mining while in metal mining it is called the back. The surface below is called the floor.

The factors such as function, direct access to the surface, driving in mineral or in barren rock can be used for classifying mine workings:

I. Underground workings:

a) Long or deep by comparison with their cross-section may be: 1) vertical (shaft, blind pit); 2) sloping (slopes, sloping drifts, inclines); 3) horizontal (drifts, levels, drives, gate roads, adits, crosscuts).

b) Large openings having cross dimensions comparable with their length.

c) Production faces, whose dimensions depend on the thick ness of the deposit being worked, and on the method of mining it.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. As a rule, the term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells as well as coal, iron ores and other useful minerals from the earth.
2. The increased use of mining machinery has greatly contributed to raising labour productivity and improving working conditions.
3. It is quite obvious that the problem of depth is not always taken into consideration in choosing the mining method.
4. Productive workings are usually used for the immediate extraction of useful mineral.
5. Underground workings are driven in barren rock or in mineral.
6. A shaft is a vertical underground working which is long and deep in comparison with its cross-section.
7. The surface above the mine working is usually called the floor.
8. The rock surfaces at the sides of mine workings arc called the ribs.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is mining?
2. What has contributed to the better working conditions of the miners?
3. What factors influence the choice of the mining method?
4. In what case is useful mineral worked by open pits?
5. Are exploratory workings driven with a view to finding and proving mineral or are they driven for immediate extraction of mineral?
6. What is the difference between development and production work?
7. What main factors are used for classifying mine workings?
8. What do the dimensions of production faces depend on?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. direct access to the surface
2. open-cast mining
3. tabular (or bedded) deposits
4. oil well
5. underground workings
6. cross-section of a working
7. production face
8. the roof of the mine working
9. to drive mine workings in barren rock
10. to affect the mining method

а) нефтяная скважина
б) проходить горные выработки по пустой породе
в) влиять на метод разработки
г) прямой доступ к поверхности
д) пластовые месторождения
е) открытая разработка
ж) поперечное сечение выработки
з) подземные выработки
и) очистной забой
к) кровля горной выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов сочетаний слов:

1. способствовать чему-л.
2. размер ствола

3. извлекать, добывать (уголь)
4. штреки и квершлаги
5. пустая порода
6. вообще говоря
7. удалять, перемещать (крепь, вскрышу и др.)
8. с целью ...
9. подготовительные работы
10. мощность пласта

а) thickness of a seam
б) shaft dimension
в) with a view to
г) to contribute to smth.
д) development work
е) to remove (timber, overburden, etc.)
ж) drifts (gate roads) and crosscuts
з) generally speaking
и) to recover (coal)
к) waste (barren) rock

Text 8: Methods of Working Bedded Deposits Underground

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss** - *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворять(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The method of working (or method of mining) includes a definite sequence and organization of development work of a deposit, its openings and its face work in certain geological conditions. It depends on the mining plan and machines and develops with their improvements. A rational method of working should satisfy the following requirements in any particular conditions: 1) safety of the man; 2) maximum output of mineral; 3) minimum development work (per 1,000 tons output); 4) minimum production cost and 5) minimum losses of mineral.

Notwithstanding the considerable number of mining methods in existence, they can be reduced to the following main types: 1. Methods of working with long faces (continuous mining); 2. Methods of working with short faces (room-and-pillar). The characteristic feature of the continuous mining is the absence of any development openings made in advance of production faces. The main advantage of long continuous faces is that they yield more mineral. Besides, they allow the maximum use of combines (shearers), cutting machines, powered supports and conveyers. The longwall method permits an almost 100 per cent recovery of mineral instead of 50 to 80 per cent obtainable in room-and-pillar methods.

The basic principle of room-and-pillar method is that rooms from 4 to 12 meters wide (usually 6-7) are driven from the entries, each room is separated from each other by a rib pillar. Rib pillars are recovered or robbed after the rooms are excavated. The main disadvantage of shortwall work is a considerable loss of mineral and the difficulty of ventilation. In working bedded deposits methods of mining mentioned above may be used either with stowing or with caving.

In Russia, Germany (the Ruhr coal-field), France and Belgium nearly all the faces are now long ones. In Britain longwall faces predominate.

The USA, Canada, Australia and to some extent India are developing shortwall faces and creating the machines for them. In these countries shortwall faces are widely used.

In Russia the thick seams are taken out to full thickness up to 4.5 m thick if they are steep, and up to 3.5 m thick if they are gently sloping or inclined. In the Kuznetsk coal-field long faces are worked to the dip with ashield protection, using a method proposed by N.Chinakal. In shield mining coal is delivered to the lower working by gravity so that additional haulage is not required.

It should also be noted that in Russia hydraulic mining is widely used as it is one of the most economic and advantageous methods of coal getting. New hydraulic mines are coming into use in a number of coal-fields. Hydraulic mining is developing in other countries as well.

The aim of hydraulic mining is to remove coal by the monitors (or giants) which win coal and transport it hydraulically from the place of work right to the surface. It is quite obvious that the choice of the method of mining will primarily depend on the depth and the shape and the general type of the deposit.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. A definite sequence and organization of development work is called mining.
2. Mining methods in existence can be reduced to the two main types.
3. The depth and the shape of the deposit influence the choice of the method of working.
4. As is known, in Belgium all the faces are short now, in Great Britain they amount to 84 per cent.
5. In Australian collieries shortwall faces are widely used.
6. The room-and-pillar method is characterized by the absence of any development openings.
7. High-capacity monitors win coal and transport it hydraulically right to the surface.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What factors does mining depend on?
2. What is mining?
3. What are the most important factors which affect the choice of the method of working?
4. Do short faces or long faces predominate in Russia? What can you say about the Ruhr coal-field?
5. Is Canada developing shortwall faces or longwall faces?
6. What are the main disadvantages of shortwall faces?
7. What are the two main methods of working?
8. What is the main advantage of long continuous faces?
9. What methods of mining long faces do you know?
10. What method of mining is characterized by the absence of development openings?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

1.	development face	а) сплошная система разработки
2.	great losses	б) выемка целиков
3.	shield method of mining	в) подготовительный забой
4.	continuous mining	г) большие потери
5.	longwall advancing to the dip	д) удовлетворять требованиям
6.	the room-and-pillar method of mining	е) зависеть от геологических условий
7.	to open up a deposit	ж) выемка лавами прямым ходом по падению
8.	pillar mining	з) щитовая система разработки
9.	to satisfy the requirements	и) вскрывать месторождение
10.	to depend upon the geological conditions	к) камерно-столбовая система разработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1.	включать (в себя)	а) safety
2.	выемка лавами обратным ходом	б) annual output
3.	достигать 50%	в) to involve
4.	превышать 60%	г) to propose a new method of mining
5.	безопасность	д) long wall retreating
6.	годовая добыча	е) in connection with difficulties
7.	основной недостаток системы разработки	ж) to exceed 60 per cent
8.	под-этаж	з) notwithstanding (in spite of)
9.	крутопадающий пласт	и) to reach 50 per cent
10.	щитовая система разработки	к) the main disadvantage of the method of mining
11.	предложить новый способ разработки	л) sublevel
12.	в связи с трудностями	м) the shield method of mining
13.	несмотря на	н) open up a deposit
14.	вскрывать месторождение	о) steep seam

2.3 Подготовка доклада

Подготовьте доклад по одной из предложенных тем.

1. Inigo Jones (1573-1652)
2. Christopher Wren (1632-1723)
3. Geoffrey Chaucer (1340-1400)
4. Samuel Johnson (1709-1784)
5. Alfred Tennyson (1809-1892)
6. Thomas Hardy (1840-1928)

7. John Milton (1608-1674)
8. William Makepeace Thackeray (1811-1863)
9. Henry Wadsworth Longfellow (1807 – 1882)
10. Joshua Reynolds (1723-1792)
11. Thomas More (1478 – 1535)
12. J.M.W. Turner (1775-1851)
13. Thomas Gainsborough (1727 – 1788)
14. Henry Moor (1898-1986)
15. Henry Irving (1838-1905)
16. William Gilbert (1836-1911)
17. Arthur Sullivan (1842-1900)
18. James Watt (1736 - 1819)
19. Thomas Telford (1757 - 1834)
20. Isambard Kingdom Brunel (1806 – 1859)
21. George Stephenson (1781 – 1848)
22. David Livingstone (1813 – 1873)
23. Tony Blair (1953)
24. Winston Churchill (1874 - 1965)
25. Margaret Hilda Thatcher (1925)
26. Sir Isaac Newton (1642 – 1727
27. Alexander Graham Bell (1847 - 1922)
28. Robert Burns (1759 – 1796)

Правила предоставления информации в докладе

Размер	**А4**
Шрифт	Текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman 12
Поля	слева – 2 см., сверху и справа – 1 см., снизу – 1
Абзацный отступ	1 см устанавливается автоматически
Стиль	Примеры выделяются курсивом
Интервал	межстрочный интервал – 1
Объем	1 -2 страницы (до 7 минут устного выступления)
Шапка доклада	***Иванова Мария Ивановна*** Екатеринбург, Россия ФГБОУ ВПО УГГУ, МД-13 НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА
	Список использованной литературы

Краткое содержание статьи должно быть представлено на 7-10 слайдах, выполненных в PowerPoint.

2.4 Подготовка к тесту

Тест направлен на проверку страноведческих знаний и знаний межкультурной коммуникации. Для этого студентам необходимо повторить материал, представленный в *Социально-культурной сфере общения* по теме «Страны изучаемого языка» (Я и мир). Для успешного написания теста изучите следующий материал:

THE GEOGRAPHICAL POSITION OF GREAT BRITAIN

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland covers an area of some 244 thousand square miles. It is situated on the British Isles. The British Isles are separated from

Europe by the Strait of Dover and the English Channel. The British Isles are washed by the North Sea in the east and the Atlantic Ocean in the west.

England is in the southern and central part of Great Britain. Scotland is in the north of the island. Wales is in the west. Northern Ireland is situated in the north-eastern part of Ireland.

England is the richest, the most fertile and most populated part in the country. There are mountains in the north and in the west of England, but all the rest of the territory is a vast plain. In the northwestern part of England there are many beautiful lakes. This part of the country is called Lake District.

Scotland is a land of mountains. The Highlands of Scotland are among the oldest mountains in the world. The highest mountain of Great Britain is in Scotland too. The chain of mountains in Scotland is called the Grampians. Its highest peak is Ben Nevis. It is the highest peak not only in Scotland but in the whole Great Britain as well. In England there is the Pennine Chain. In Wales there are the Cumbrian Mountains.

There are no great forests on the British Isles today. Historically, the most famous forest is Sherwood Forest in the east of England, to the north of London. It was the home of Robin Hood, the famous hero of a number of legends.

The British Isles have many rivers but they are not very long. The longest of the English rivers is the Severn. It flows into the Irish Sea. The most important river of Scotland is the Clyde. Glasgow stands on it. Many of the English and Scottish rivers are joined by canals, so that it is possible to travel by water from one end of Great Britain to the other.

The Thames is over 200 miles long. It flows through the rich agricultural and industrial districts of the country. London, the capital of Great Britain, stands on it. The Thames has a wide mouth, that's why the big ocean liners can go up to the London port. Geographical position of Great Britain is rather good as the country lies on the crossways of the see routes from Europe to other parts of the world. The sea connects Britain with most European countries such as Belgium, Holland, Denmark, Norway and some other countries. The main sea route from Europe to America also passes through the English Channel.

United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland occupies the territory of the British Isles. They lie to the north-west of Europe.

Once upon a time the British Isles were an integral part of the mainland. As a result of sinking of the land surface they became segregated. Great Britain is separated from the continent by the English Channel. The country is washed by the waters of the Atlantic Ocean. Great Britain is separated from Belgium and Holland by the North Sea, and from Ireland — by the Irish Sea.

There are several islands along the coasts. The total area of the British Isles is 325 000 km2. The main islands are Great Britain and Ireland.

The surface of the country is much varied. Great Britain is the country of valleys and plains.

The insular geographical position of Great Britain promoted the development of shipbuilding, different trading contacts with other countries. It has also allowed the country to stay independent for quite a long period of time.

THE BRITISH PARLIAMENT

The British Parliament is the oldest in the world. It originated in the 12th century as Witenagemot, the body of wise councillors whom the King needed to consult pursuing his policy. The British Parliament consists of the House of Lords and the House of Commons and the Queen as its head.

The House of Commons plays the major role in law-making. It consists of Members of Parliament (called MPs for short). Each of them represents an area in England, Scotland, Wales and Ireland.

MPs are elected either at a general election or at a by-election following the death or retirement. Parliamentary elections are held every 5 years and it is the Prime Minister who decides on the exact day of the election. The minimum voting age is 18. And the voting is taken by secret ballot.

The election campaign lasts about 3 weeks, The British parliamentary system depends on political parties.

The party which wins the majority of seats forms the government and its leader usually becomes Prime Minister. The Prime Minister chooses about 20 MPs from his party to become the cabinet of ministers. Each minister is responsible for a particular area in the government. The second largest party becomes the official opposition with its own leader and «shadow cabinet». The leader of the opposition is a recognized post in the House of Commons.

The parliament and the monarch have different roles in the government and they only meet together on symbolic occasions, such as coronation of a new monarch or the opening of the parliament. In reality, the House of Commons is the one of three which has true power.

The House of Commons is made up of six hundred and fifty elected members, it is presided over by the speaker, a member acceptable to the whole house. MPs sit on two sides of the hall, one side for the governing party and the other for the opposition. The first 2 rows of seats are occupied by the leading members of both parties (called «front benches»). The back benches belong to the rank-and-life MPs.

Each session of the House of Commons lasts for 160-175 days. Parliament has intervals during his work. MPs are paid for their parliamentary work and have to attend the sittings.

As mention above, the House of Commons plays the major role in law making. The procedure is the following: a proposed law («a bill») has to go through three stages in order to become an act of Parliament; these are called «readings».

The first reading is a formality and is simply the publication of the proposal. The second reading involves debate on the principles of the bill; it is examination by parliamentary committee. And the third reading is a report stage, when the work of the committee is reported on to the house. This is usually the most important stage in the process.

When the bill passes through the House of Commons, it is sent to the House of Lords for discussion, when the Lords agree it, the bill is taken to the Queen for royal assent, when the Queen sings the bill, it becomes act of the Parliament and the Law of the Land.

The House of Lords has more than 1000 members, although only about 250 take an active part in the work in the house. Members of this Upper House are not elected; they sit there because of their rank. The chairman of the House of Lords is the Lord Chancellor. And he sits on a special seat, called «Woolsack».

The members of the House of Lords debate the bill after it has been passed by the House of Commons. Some changes may be recommended and the agreement between the two houses is reached by negotiations.

BRITISH TRADITIONS AND CUSTOMS

British nation is considered to be the most conservative in Europe. It is not a secret that every nation and every country has its own customs and traditions. In Great Britain people attach greater importance to traditions and customs than in other European countries. Englishmen are proud of their traditions and carefully keep them up. The best examples are their queen, money system, their weights and measures.

There are many customs and some of them are very old. There is, for example, the Marble Championship, where the British Champion is crowned; he wins a silver cup known among folk dancers as Morris Dancing. Morris Dancing is an event where people, worn in beautiful clothes with ribbons and bells, dance with handkerchiefs or big sticks in their hands, while traditional music- sounds.

Another example is the Boat Race, which takes place on the river Thames, often on Easter Sunday. A boat with a team from Oxford University and one with a team from Cambridge University hold a race.

British people think that the Grand National horse race is the most exciting horse race in the world. It takes place near Liverpool every year. Sometimes it happens the same day as the Boat

Race takes place, sometimes a week later. Amateur riders as well as professional jockeys can participate. It is a very famous event.

There are many celebrations in May, especially in the countryside.

Halloween is a day on which many children dress up in unusual costumes. In fact, this holiday has a Celtic origin. The day was originally called All Halloween's Eve, because it happens on October 31, the eve of all Saint's Day. The name was later shortened to Halloween. The Celts celebrated the coming of New Year on that day.

Another tradition is the holiday called Bonfire Night. On November 5, 1605, a man called Guy Fawkes planned to blow up the Houses of Parliament where the king James 1st was to open Parliament on that day. But Guy Fawkes was unable to realize his plan and was caught and later, hanged. The British still remember that Guy Fawkes' Night. It is another name for this holiday. This day one can see children with figures, made of sacks and straw and dressed in old clothes. On November 5th, children put their figures on the bonfire, burn them, and light their fireworks.

In the end of the year, there is the most famous New Year celebration. In London, many people go to Trafalgar Square on New Year's Eve. There is singing and dancing at 12 o'clock on December 31st.

A popular Scottish event is the Edinburgh Festival of music and drama, which takes place every year. A truly Welsh event is the Eisteddfod, a national festival of traditional poetry and music, with a competition for the best new poem in Welsh. If we look at English weights and measures, we can be convinced that the British are very conservative people. They do not use the internationally accepted measurements. They have conserved their old measures. There are nine essential measures. For general use, the smallest weight is one ounce, then 16 ounce is equal to a pound. Fourteen pounds is one stone.

The English always give people's weight in pounds and stones. Liquids they measure in pints, quarts and gallons. There are two pints in a quart and four quarts or eight pints are in one gallon. For length, they have inches: foot, yards and miles.

LONDON

As well as being the capital of England, London is the capital of the United Kingdom. London was founded by the Romans in 43 A.D. and was called Londinium. In 61 A.D. the town was burnt down and when it was rebuilt by the Romans it was surrounded by a wall. That area within the wall is now called the City of London. It is London’s commercial and business centre. It contains the Bank of England, the Stock Exchange and the head offices of numerous companies and corporations. Here is situated the Tower of London.

The Tower was built by William the Conqueror who conquered England in 1066. He was crowned at Westminster Abbey. Now most of the Government buildings are located there.

During the Tudor period (16th century) London became an important economic and financial centre. The Londoners of the Elizabethan period built the first theatres. Nowadays the theatre land is stretched around Piccadilly Circus. Not far from it one can see the British Museum and the «Covent Garden» Opera House.

During the Victorian period (19th century) London was one of the most important centers of the Industrial Revolution and the centre of the British Empire. Today London is a great political centre, a great commercial centre, a paradise for theatre-goers and tourists, but it is also a very quiet place with its parks and its ancient buildings, museums and libraries.

LONDON

London is the capital of Great Britain, its political, economic and commercial center. It`s one of the largest cities in the world and the largest city in Europe. Its population is about 9 million. London is one of the oldest and most interesting cities in the world. Traditionally it`s divided into several parts: the City, Westminster, the West End and the East End.

They are very different from each other and seem to belong to different towns and epochs. The heart of London is the City, its financial and business center. Numerous banks, offices and

firms are situated there, including the Bank of England, the Stock Exchange and the Old Bailey. Few people live here, but over a million people come to the City to work. There are some famous ancient buildings within the City. Perhaps the most striking of them in St. Paul`s Cathedral, the greatest of British churches. St. Paul`s Cathedral has always dominated the center of London. It stands on the site of former Saxon and Norman churches. They latter were destroyed in the Great Fire and the present building, completed in 1710, is the work of the eminent architect Sir Christopher Wren. It is an architectural masterpiece.

Londoners have a particular affection for St. Paul`s, which is the largest Protestant Church in England. Its high dome, containing the remarkable Whispering Gallery, is a prominent landmark towering above the multistoried buildings which line the river-bank.

The Tower of London was one of the first and most impressive castles built after the Norman invasion of England in 1066. Since the times of William I various kings have built and extended the Tower of London and used it for many purposes. The Tower has been used as a royal palace, an observatory, an arsenal, a state prison, and many famous and infamous people have been executed within its walls. It is now a museum. For many visitors the principal attraction is the Crown Jewels, the finest precious stones of the nation. A fine collection of armour is exhibited in the keep. The security of the Tower is ensured by a military garnison and by the Yeoman Warders or Beefeaters, who still wear their picturesque Tudor uniform.

Westminster is the historic, the governmental part of London. Westminster Abbey is a national shrine where the kings and queens are crowned and famous people are buried. Founded by Edward the Confessor in 1050, the Abbey was a monastery for along time. The present building dates largely from the times of Henry 3, who began to rebuild the church, a task which lasted nearly 300 years. The West towers were added in the eighteenth century. Since William I almost every English monarch has been crowned in this great church, which contains the tombs and memorials of many of Britain`s most eminent citizens: Newton, Darwin, Chaucer, Dickens, Tennyson, Kipling and etc. One of the greatest treasures of the Abbey is the oaken Coronation Chair made in 1300. The Abbey is also known for its Poet`s Corner. Graves and memorials to many English poets and writers are clustered round about.

Across the road from Westminster Abbey is Westminster Palace, or the Houses of Parliament, the seat of the British Parliament. The Parliament of Great Britain and Northern Ireland consists of the House of Lords and the House of Commons. The House of Lords consists of just over 1,000 members of the different grades of nobility — dukes, marquises, earls, viscounts and barons.

The House of Commons consists of 650 members. They are elected by secret ballot by men and women aged 18 and over. Every Parliament is divided into Sessions. Each of these may last a year and usually begins early in November. The Clock Tower, which contains the hour-bell called Big Ben, is known over the world. The bell is named after Sir Benjamin Hall.

Buckingham Palace is the official residence of the Queen. The West End is the richest and most beautiful part of London. It is the symbol of wealth and luxury. The best hotels, shops, restaurants, clubs, and theatres are situated there. There are splendid houses and lovely gardens belonging to wealthy people.

Trafalgar Square is the geographical center of London. It was named in memory of Admiral Nelson`s victory in the battle of Trafalgar in 1805. The tall Nelson`s Column stands in the middle of the square. On the north side of Trafalgar Square is the National Gallery and the National Portrait Gallery.

Not far away is the British Museum — the biggest museum in London. It contains a priceless collection of ancient manuscripts, coins, sculptures, est., and is famous for its library.

The East End is the poorest district of London. There are a lot of factories, workshops and docks here. The streets are narrow, the buildings are unimpressive. The East End is densely populated by working class families.

PLACES OF INTERESTS IN GREAT BRITAIN

Britain is rich in its historic places which link the present with the past. The oldest part of London is Lud Hill, where the city is originated. About a mile west of it there is Westminster Palace, where the king lived and the Parliament met, and there is also Westminster Abby, the coronation church. Liverpool, the «city of ships», is England's second greatest port, ranking after London. The most interesting sight in the Liverpool is the docks. They occupy a river frontage of seven miles.

The University of Liverpool, established in 1903, is noted for its School of Tropical Medicine. And in the music world Liverpool is a well-known name, for it's the home town of «The Beatles».

Stratford-on-Avon lies 93 miles north-west of London. Shakespeare was born here in 1564, and here he died in 1616.

Cambridge and Oxford Universities are famous centers of learning. Stonehenge is a prehistoric monument, presumably built by Druids, members of an order of priests in ancient Britain. Tintagel Castle is King Arthur's reputed birthplace. Canterbury Cathedral is the seat of the Archbishop of Canterbury, head of the Church of England.

The British Museum is the largest and richest museum in the world. It was founded in 1753 and contains one of the world's richest collections of antiquities. The Egyptian Galleries contain human and animal mummies. Some parts of Athens' Parthenon are in the Greek section.

Madam Tussaud's Museum is an exhibition of hundreds of life-size wax models of famous people of yesterday and today. The collection was started by Madam Tussaud, a French modeller in wax, in the 18th century. Here you can meet Marilyn Monroe, Elton John, Picasso, the Royal Family, the Beatles and many others: writers, movie stars, singers, politicians, sportsmen, etc.

5. Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену включает в себя повторение всех изученных тем курса.

Билет на экзамен включает в себя тест и практико-ориентированное задание.

Наименование оценочного средства	*Характеристика оценочного средства*	*Методика применения оценочного средства*	*Наполнение оценочного средства в КОС*	*Составляющая компетенции, подлежащая оцениванию*
Экзамен:				
Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тест состоит из 20 вопросов.	КОС - тестовые задания	Оценивание уровня знаний, умений, владений
Практико-ориентированное задание	Задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию	Количество заданий в билете – 1. Предлагаются задания по изученным темам в виде практических ситуаций.	КОС- Комплект заданий	Оценивание уровня знаний, умений и навыков

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

П.А. Костюк

Самостоятельная работа по дисциплине Основы бережливого производства

Учебно-методическое пособие
по курсу «Основы бережливого производства» для студентов специальности 15.02.16 Технология машиностроения

Екатеринбург
2022

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров
14.09.2022

П.А. Костюк

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Учебно-методическое пособие
по курсу «Основы бережливого производства»
для студентов специальности 15.02.16 Технология машиностроения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2022

Костюк П.А.

Самостоятельная работа по дисциплине «Основы бережливого производства». Для студентов специальности 15.02.16 Технология машиностроения очного обучения / Костюк П.А. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2022. - 18с.

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Основы бережливого производства» предназначено для самостоятельного изучения студентами дисциплины «Основы бережливого производства». Учебное пособие может быть использовано студентами специальности 15.02.16 Технология машиностроения очного обучения при изучении курса «Основы бережливого производства».

© Костюк П.А., 2022
© Уральский государственный горный университет, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение…… 6

Практическая работа 1.
Разработка технологии изготовления
отливки методом литья в песчано-глинистые формы…… 11

Практическая работа 2.
Разработка технологии изготовления поковки
методом горячей объемной штамповки ……..…. 34

Список литературы ……..……..…. 62

ВВЕДЕНИЕ

Развитие торговли, рынка капитала, формирование институтов частной собственности, повсеместный переход от подневольного к наемному труду, уменьшение религиозного диктата и многое другое, что происходило на рубеже 18–19 веков, сформовало благодатную почву для промышленной революции. Повсеместно отрывавшиеся новые производства разрушили монополии средневековых гильдий, разнообразных торговых ассоциаций и прочих почетных компаний. Множество ремесленных мастерских начали активно конкурировать между собой, что давало дополнительный толчок индустриальному развитию, но заставляло все больше задумываться о путях снижения себестоимости. Обостренная конкурентная борьба и растущий потребительский спрос определили, фактически, переход от кустарной ремесленной мастерской к массовому промышленному производству. В начале 20 века Генри Форд придумал прорывную, на тот момент, технологию — конвейер. В погоне за снижением себестоимости производства начали укрупняться, выпускаемые продукты — унифицироваться, обеспечение непрерывности работы конвейера вынуждало запасаться большими партиями сырья и материалов, в свою очередь готовая продукция также отгружалась огромными партиями на склады продавцов для последующей перепродажи.

На другой стороне земного шара, в послевоенной Японии, компания Тойота стала возобновлять производство грузовиков и легковых автомобилей. Тяжелые военные годы заставляли руководство экономить на всем. Компания выпускала сильно упрощенные модели, в целях экономии на некоторые модели ставилась всего одна фара. Культура бережливого подхода к производству получила свое развитие в послевоенный период становления компании. Молодой инженер компании Тайити Оно, в отличие от американских коллег, уделял большее внимание не экономии на масштабах, а на выявлении разнообразных непроизводственных потерь. Начиная с 1950 годов он разрабатывал и внедрял в компании Тойота системы организации производства «Канбан», принципы бережливого производства «Lean», концепцию «Точно в срок» (just-in-time). Все эти новшества дали существенные конкурентные преимущества компании. В 1960-ые годы компания Тойота активно завоевывала американский рынок, и новые производственные концепции оказались очень эффективны, даже там, где долгие годы балом правили принципы массового производства.

Конкуренты пристально наблюдали за Тойотой и ее производственной системой. Информация не была секретной, компания учила своих партнеров, местных поставщиков, розничных продавцов и т.д. Триумф японских производителей плохо отражался на бизнесе американских автомобильных гигантов. В начале 80 годов ассоциация американских производителей серьезно озадачилась проблемами отрасли и создала научный консорциум (PVMI) на базе Массачусетского технологического института, во главе которого стали Джеймс Вумек, Даниель Джонс и Даниэль Рус (J. Womack, D. Jones and D. Roos). Своими исследованиями они поделились не только в научной среде, но и опубликовали книгу — «Машина, которая изменила мир». Именно в этой книге впервые был использован термин Лин (Lean, в переводе постный, стройный) для описания принципов производства, разработанных в компании Тойота. Данный термин достаточно сложно перевести буквально на русский язык, и в русскоязычной литературе устоялся термин — Бережливое производство. Можно сказать, что эпоха Бережливого производства в том виде, каком мы его знаем сегодня, началась с этой книги, которая фактически стала чуть ли не библией Бережливого производства (Lean Production) сегодня.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо проработать ответы на следующие вопросы:

Тема 1: Бережливое и традиционное производство. Основные понятия курса «Бережливое производство». История возникновения БП.

Форма проведения занятия – дискуссия.

Тема занятия: Введение в историю БП.

Основные вопросы:

1. История;
2. Отраслевые варианты;
3. Распространение;
4. Основные аспекты;
5. Различные концепции.

Тема 2. Производственная система TOYOTA. Основные концепции, история возникновения.

Форма проведения занятия – дискуссия.

Тема занятия: Проведение сравнительного анализа основных характеристик российских производственных систем с производственной системой TOYOTA.

Основные вопросы:

1. Виды российских производственных систем;
2. Оценка уровня бережливости современных компаний;
3. Особенности российских производственных систем;
4. Основные характеристики производственной системы TOYOTA;
5. Методологии анализа производственной системы.

Тема 3: Бережливое производство как модель повышения эффективности деятельности предприятия.

Форма проведения занятия – реферат.

Тема занятия: Существующие модели качества, используемые для повышения эффективности деятельности предприятий

Основные вопросы:

1. Повышение эффективности деятельности предприятия за счет внедрения концепции бережливого производства;

2. Бережливое производство как часть стратегии повышения эффективности бизнеса;
3. Бережливое производство как инструмент управления экономической эффективностью транспортной компании;
4. Российский путь бережливого производства;
5. Бережливое производство как фактор роста конкурентоспособности субъекта хозяйствования.

Тема 4: Принципы непрерывного совершенствования – Кайдзен.

Форма проведения занятия – дискуссия.

Тема занятия: Цикл Э.Деминга PDCA/PDSA. Пути совершенствования производственных процессов предприятий (методы Кайдзен и Кайрио)

Основные вопросы:

1. Принципы Кайдзен;
2. Кайдзен в разработке программного обеспечения;
3. Кайдзен в психологии;
4. Цикл управления;
5. Кайрио-метод прорывных изменений.

Тема 5: Инструменты бережливого производства.

Форма проведения занятия – ролевая игра

Тема занятия: Имитация процессов с использованием инструментов бережливого производства

Основные вопросы:

1. Инструмент 5С в Lean;
2. Bottleneck analysis (Анализ узких мест);
3. Continuous Flow (Непрерывный поток);
4. Gemba (Поле битвы);
5. Kaizen (Постоянное улучшение)

Тема 6: Поток создания ценности.

Форма проведения занятия – практико-ориентированное задание

Тема занятия: Разработка потока создания ценности на примере конкретного предприятия

Основные вопросы:

1. Набор шагов, которые организация предпринимает для создания и предоставления продуктов и услуг потребителям;
2. Поток создания ценности для операционной деятельности;

3. Целостный подход;
4. Оптимизация и автоматизация;
5. Материальный и информационный потоки.

Тема 7: Применение метода шесть сигм.

Форма проведения занятия – реферат.

Тема занятия: основные направления теории качества, реализованные в документе: Стандарты ГОСТ Р ИСО 17258-2015 Статистические методы. Количественные методы улучшения процессов "шесть сигм". Бенчмаркинг.

Основные вопросы:

1. Базовые принципы;
2. Истоки и применение;
3. Графическая иллюстрация;
4. Методы управления качеством;
5. Концепция измерения процесса

Тема 8: Критерии экономических показателей, характеризующих изменения в деятельности хозяйствующих субъектов.

Форма проведения занятия – доклад

Тема занятия: построение дерева проблем с разработкой системы экономических показателей процессов, характеризующих изменения в деятельности хозяйствующих субъектов.

Основные вопросы:

1. Анализ экономической безопасности хозяйствующего субъекта;
2. Направления укрепления экономической безопасности функционирования организации;
3. Критерии и показатели экономической безопасности предприятия;
4. Оценка современного уровня экономической безопасности;
5. Предложения по повышению экономической безопасности предприятия.

Тема 9: Муда (потери) и причины образования потерь.

Форма проведения занятия – дискуссия

Тема занятия: Умение обнаружить потери разного рода и анализировать причины их возникновения.

Основные вопросы:

1. Муда первого, второго и третьего рода;
2. Действия, создающие ценность;
3. Действия, не создающие ценность, но необходимые;
4. Мура и мури;
5. Перепроизводство

Тема 10: Основные проблемы внедрения моделей бережливого производства.

Форма проведения занятия – дискуссия

Тема занятия: Оценка и визуализация проблем внедрения моделей БП с помощью инструментов качества

Основные вопросы:

1. Проблемы внедрения "бережливого производства" на отечественных предприятиях;
2. Причины возникновения проблем при внедрении Бережливого производства;
3. Рекомендации по устранению проблем;
4. Зарубежный опыт внедрения систем Бережливого производства;
5. Сравнение технологий «бережливого» и массового производства.

Тема 11: Проектирование работ по внедрению бережливого производства на предприятии.

Форма проведения занятия – ролевая игра

Тема занятия: Разработка плана внедрения бережливого производства по принципу: «наиболее рациональный путь»

Основные вопросы:

1. Внедрение Бережливого производства;
2. Цели внедрения Бережливого производства;
3. Объекты совершенствования;
4. Подходы к внедрению Бережливого производства;
5. Описание основных этапов проекта по Бережливому производству.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ УСПЕШНОГО ОСВОЕНИЯ КУРСА

Практическая работа 1

Тема: Бережливое и традиционное производство. Основные понятия курса «Бережливое производство». История возникновения БП.

Цель работы: Изучение истории возникновения и основные понятия курса «Основы бережливого производства»

Задание: Изучить историю возникновения и основные понятия курса «Основы бережливого производства»

Порядок выполнения:

1. Изучите основные аспекты бережливого производства;
2. Изучите историю возникновения бережливого производства;
3. Изучите и выпишите основные понятия курса «Основы бережливого производства»;
4. Изучите отраслевые варианты;
5. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 2

Тема: Производственная система TOYOTA. Основные концепции, история возникновения.

Цель работы: Изучение производственной системы TOYOTA.

Задание: Изучить основные концепции, историю возникновения производственной системы TOYOTA.

Порядок выполнения:

1. Изучите историю возникновения производственной системы TOYOTA;
2. Изучите основные концепции производственной системы TOYOTA;
3. Проанализируйте основные отличия производственной системы TOYOTA от существовавших в то время систем;
4. Сравните производственную систему TOYOTA с системами России;
5. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 3

Тема: Бережливое производство как модель повышения эффективности деятельности предприятия.

Цель работы: Изучение модели повышения эффективности деятельности предприятия.

Задание: Изучить влияние внедрения принципов LEAN в компании.

Порядок выполнения:

1. Исследования корпоративных целей внедрения принципов LEAN;
2. Изучите основные принципы бережливого производства;
3. Трудности внедрения методов Lean;
4. Приведите примеры внедрения методов LEAN в отечественных компаниях;
5. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 4

Тема: Принципы непрерывного совершенствования – Кайдзен.

Цель работы: Изучение принципов непрерывного совершенствования.

Задание: Изучить принципы совершенствования Кайдзен

Порядок выполнения:

1. Изучите основные положения концепции КАЙДЗЕН;
2. Изучите применение контроля качества в КАЙДЗЕН: цикл Деминга;
3. Проанализируйте влияние КАЙДЗЕН через комплексный контроль качества;
4. Изучите подход КАЙДЗЕН к решению проблем;
6. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 5

Тема: Инструменты бережливого производства.

Цель работы: Изучение инструментов бережливого производства.

Задание: Изучить различные системы бережливого производства.

Порядок выполнения:

1. Изучите систему 5С — технология создания эффективного рабочего места;
2. Изучите понятия KPI (Ключевые индикаторы производительности);
3. Изучите систему SMED — Быстрая переналадка оборудования
4. Изучите систему JIT (Just-In-Time — точно вовремя);
5. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 6

Тема: Поток создания ценности.

Цель работы: Изучение методики построения карты потока ценности.

Задание: Изучить основные способы создания потока ценности.

Порядок выполнения:

1. Проанализируйте поток создания ценности;

2. Изучите связи между материальным и информационным потоком;

3. Изучите области необходимых улучшений;

4. Изучите различные типы проблем;

6. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 7

Тема: Применение метода шесть сигм.

Цель работы: Изучение метода шесть сигм.

Задание: Научиться применять метод шесть сигм

Порядок выполнения:

1. Изучите базовые принципы метода шесть сигм;

2. Изучите истоки и применение метода шесть сигм;

3. Изучите основы графического представления метода шесть сигм;

4. Сравните метод шести сигм с уже изученными методами;

6. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 8

Тема: Критерии экономических показателей, характеризующих изменения в деятельности хозяйствующих субъектов.

Цель работы: Анализ основных показателей финансово-экономической деятельности хозяйствующего субъекта.

Задание: Изучить критерии экономических показателей, характеризующих изменения в деятельности хозяйствующих субъектов

Порядок выполнения:

1. Изучите понятие экономической состоятельности предприятия;

2. Проведите анализ экономических результатов деятельности предприятия;

3. Проведите анализ факторов, определяющих экономические результаты деятельности предприятия;

4. Изучите внутренние условия деятельности предприятия;

5. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 9

Тема: Муда (потери) и причины образования потерь.

Цель работы: Изучение причин образования потерь при производстве.

Задание: Изучить муды (потери) при создании потока ценности.

Порядок выполнения:

1. Изучите действия, создающие ценность;

2. Изучите действия, не создающие ценность, но необходимые;

3. Изучите действия, не создающие ценность, которые можно немедленно исключить из процесса;

4. Изучите понятия «мура» и «мури»;

5. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 10

Тема: Основные проблемы внедрения моделей бережливого производства.

Цель работы: Выделить основные проблемы, с которыми сталкивается предприятие при внедрении модели бережливого производства.

Задание: Изучить проблемы, возникающие при внедрении модели бережливого производства.

Порядок выполнения:

1. Изучите четыре основные группы проблем;

2. Проведите анализ, направленный на решение основных возникающих проблем;

3. На примере одной из проблем представьте пути решения этой проблемы;

4. Сравните степень сложности и последствия различных проблем;

6. Оформите отчет по проделанной работе.

Практическая работа 11

Тема: Проектирование работ по внедрению бережливого производства на предприятии.

Цель работы: Формирование навыков по внедрению бережливого производства на предприятии.

Задание: Изучить методику проектирования работ по внедрению бережливого производства.

Порядок выполнения:

1. Анализ методик внедрения принципов бережливого производства;
2. Изучите алгоритм внедрения по Д. Вумеку;
3. Изучите алгоритм внедрения по Д. Хоббсу;
4. Изучите алгоритм внедрения Тайити Оно;
5. Оформите отчет по проделанной работе.

Список литературы

1. Фролов, В. П. Внедрение технологий бережливого производства в управление производством и организацию рабочих мест : монография / В. П. Фролов. — 2-е изд. — Москва : Дашков и К, 2022. — 77 c. — ISBN 978-5-394-04750-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/120695.html

2. Организация производства на предприятиях : учебное пособие для СПО / составители О. П. Смирнова. — Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 83 c. — ISBN 978-5-4488-1440-2, 978-5-4497-1419-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/115098.html

3. Вумек, Д.П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании [Текст] / Д.П. Вумек, Д.Т. Джонс; пер. с англ. С. Турко. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 472 с

4. Вейдер, М.Т. Как оценить бережливость вашей компании. Практическое руководство [Текст] / М.Т. Вейдер. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 136 с.

5. Клюев, А. В. Бережливое производство : учебное пособие для СПО / А. В. Клюев ; под редакцией И. В. Ершовой. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 87 c. — ISBN 978-5-4488-0447-2, 978-5-7996-2900-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/87789.html (дата обращения: 23.09.2022).

Минобрнауки России
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Специальность
15.02.16 Технология машиностроения

Авторы: Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-механический
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Елохин В.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 07.09.2022	Протокол №1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА……..…..4
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ……..……....….5
ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНОСТЕЙ……...……..5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НОРМАЛЬНЫХ
СИТУАЦИЯХ……...5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ……...……..5
ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ…….5
УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ…….5
СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ…….,……..5
НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОХРАНЫ ТРУДА……. ……..5
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА…….…… ……..6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ……..……,,,,,……7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….,,…..11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……,,,..12

ВВЕДЕНИЕ

Современный человек живет в мире различного рода опасностей, т.е. явлений, процессов, объектов, постоянно угрожающих его здоровью и самой жизни. Не проходит и дня, чтобы газеты, радио и телевидение не принесли тревожные сообщения об очередной аварии, катастрофе, стихийном бедствии, социальном конфликте или криминальном происшествии, повлекших за собой гибель людей и громадный материальный ущерб.

По мнению специалистов, одной из причин создавшейся ситуации является недостаточный уровень образования – обучения и воспитания – человека в области обеспечения безопасной деятельности. Только постоянное формирование в людях разумного отношения к опасностям, пропаганда обязательности выполнения требований безопасности может гарантировать им нормальные условия жизни и деятельности.

В курсе БЖД излагаются теория и практика защиты человека от опасных и вредных факторов природного и антропогенного происхождения в сфере деятельности.

Данный курс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек – среда», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

В процессе изучения курса БЖД студенту предстоит решить следующие задачи: усвоить теоретические основы БЖД; ознакомиться с естественной системой защиты человека от опасностей; изучить систему искусственной защиты в условиях нормальных (штатных) и чрезвычайных (экстремальных) ситуаций; ознакомиться с проблемами заболеваемости и травматизма на производстве; изучить вопросы управления безопасностью деятельности.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курса БЖД для студентов всех направлений и специальностей.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачет. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебникам освойте каждый структурный элемент темы.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основные понятия и определения. Характеристика форм трудовой деятельности. Опасности среды обитания. Основные положения теории риска. Системный анализ безопасности. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности.

ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНОСТЕЙ

Анатомо-физиологическая характеристика человека. Анализаторы человека. Защитные механизмы организма.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НОРМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Гелиофизические и метеорологические факторы. Производственная пыль. Механические опасности. Опасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Механические колебания и волны. Электробезопасность. Электромагнитные излучения. Световой климат. Ионизирующие излучения. Световой климат. Ионизирующие излучения. Химические опасности. Биологические опасности. Психологические опасности. Экологические опасности. Социальные опасности. Санитарно-гигиенические требования к устройству и содержанию предприятий.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Общая характеристика чрезвычайных ситуаций. Стихийные бедствия. Аварии на особо опасных объектах экономики. Аварии на объектах горной промышленности и подземных геологоразведочных работ. Чрезвычайные ситуации, связанные с применением современных средств поражения. Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Устойчивость функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Заболеваемость. Травматизм. Методы анализа травматизма.

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Правовые основы обеспечения безопасности деятельности. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий труда. Время отдыха. Подготовка работников к безопасному труду. Система управления охраной труда на предприятии. Экономические аспекты охраны труда.

СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ

НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОХРАНЫ ТРУДА ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА

• КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные термины теории безопасности деятельности, дайте их определения.
2. Охарактеризуйте основные формы трудовой деятельности.
3. Что понимают под опасностью среды обитания? Как классифицируют опасности?
4. Сформулируйте аксиому о потенциальной опасности деятельности.
5. В чем состоит идентификация (распознавание) опасности?
6. Что такое квантификация опасностей?
7. Назовите методы анализа безопасности деятельности.
8. Приведите примеры расчета производственного риска.
9. В чем заключается концепция приемлемого риска?
10. Что такое управление риском?
11. Охарактеризуйте системный анализ безопасности деятельности.
12. Перечислите принципы, методы и средства обеспечения безопасности.
13. Изложите сущность естественной системы защиты человека от опасностей.
14. Дайте анатомо-физиологическую характеристику человека.
15. Какова роль анализаторов человека в обеспечении безопасности его деятельности?
16. Опишите зрительный, слуховой и обонятельный анализаторы.
17. Опишите вестибулярный, кинестетический и кожный анализаторы.
18. Что понимают под защитными механизмами человеческого организма?
19. Охарактеризуйте действие гелиофизических и метеорологических факторов на человека.
20. Какое действие оказывают высокие и низкие температуры, повышенная и пониженная влажность на организм человека?
21. Как действуют на организм человека вредные газы и пары?
22. В чем заключается вредное действие производственной пыли на организм? Как ведется борьба с пылью?
23. Назовите средства индивидуальной защиты работающих от пыли.
24. Как классифицируют механические опасности?
25. Перечислите методы и средства защиты от механических опасностей.
26. Укажите, как обеспечивается безопасность при эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
27. Охарактеризуйте действие инфразвука и ультразвука на организм и меры защиты от них.
28. Объясните действие шума на организм. Перечислите методы и средства коллективной и индивидуальной защиты от шума.
29. Как борются с вибрацией на горных предприятиях?
30. Объясните действие электрического тока на организм человека.

31. Укажите опасности, связанные с применением электрического тока на горных предприятиях.
32. Назовите основные меры безопасности при эксплуатации электроустановок.
33. Перечислите средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током.
34. В чем состоит молниезащита зданий и сооружений?
35. Назовите способы защиты работающих от воздействия электрических и электромагнитных полей.
36. Укажите меры защиты от инфракрасного, ультрафиолетового и лазерного излучений.
37. Как влияет освещение на условия труда? Перечислите виды освещения.
38. Укажите средства нормализации освещения производственных помещений, рабочих мест и горных выработок.
39. Охарактеризуйте виды ионизирующих излучений.
40. Назовите общие принципы защиты от ионизирующих излучений.
41. Охарактеризуйте методы и средства защиты от ионизирующих излучений.
42. Перечислите химические опасности (вредные вещества) и укажите меры защиты от них.
43. Назовите биологические опасности и меры защиты от них.
44. Что понимают под психологическими опасностями?
45. Какие естественные факторы воздействуют на биосферу Земли?
46. В чем заключается антропогенное воздействие на природу?
47. Назовите методы и средства обеспечения экологической безопасности на горных предприятиях.
48. Какие санитарно-гигиенические требования предъявляются к устройству и содержанию предприятий?
49. Что такое чрезвычайная ситуация?
50. Перечислите признаки, характеризующие чрезвычайные ситуации.
51. Как классифицируют чрезвычайные ситуации по причинам возникновения?
52. Охарактеризуйте стихийные бедствия. Укажите мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий стихийных бедствий.
53. Перечислите виды аварий на особо опасных объектах экономики (народного хозяйства). В чем заключается профилактика возникновения аварий на таких объектах?
54. Какие аварии происходят на объектах горной промышленности? Укажите методы профилактики и ликвидации таких аварий.
55. Охарактеризуйте чрезвычайные ситуации, связанные с применением современных средств поражения.
56. Перечислите основные принципы и способы защиты населения от чрезвычайных ситуаций.

57. Какие действия надлежит выполнить населению при стихийных бедствиях и авариях?
58. Укажите действия населения при возникновении угрозы нападения противника.
59. Какие действия должно выполнять население в очагах поражения и после выхода из них?
60. Какие факторы влияют на устойчивость функционирования объектов экономики?
61. Перечислите основные мероприятия по повышению устойчивости функционирования объектов экономики.
62. Назовите принципы организации и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР) в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.
63. Какие приемы и способы проведения АСиДНР используются в очагах поражения?
64. Перечислите меры безопасности при проведении АСиДНР.
65. По каким признакам классифицируют травмы и несчастные случаи на производстве?
66. Перечислите причины травматизма.
67. Укажите причины несчастных случаев на шахтах.
68. Опишите порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве.
69. В чем заключается профилактика травматизма?
70. Какие методы используются при анализе травматизма?
71. Как расследуются профессиональные заболевания?
72. Кто назначает комиссию по расследованию профессионального заболевания?
73. Каким образом определяется окончательный диагноз острого профессионального заболевания?
74. Назовите меры профилактики профессиональных заболеваний.
75. Назовите меры профилактики производственного травматизма.
76. Изложите правовые основы обеспечения безопасности деятельности.
77. Какие обязанности возложены на администрацию предприятия по обеспечению охраны труда?
78. Перечислите виды подготовки работников к безопасному труду.
79. Что понимают под системой управления охраной труда на предприятиях?
80. Назовите основные нормативные документы, обеспечивающие безопасность деятельности.
81. Какова продолжительность ежедневной работы?
82. Какова профессиональная подготовка работников к безопасному труду?
83. Опишите систему управления охраной труда.
84. Назовите фонды охраны труда.

85. Чем обусловливается эффективность мероприятий по охране труда?
86. Опишите медицинское обслуживание работников.
87. Какие существуют льготы и компенсации за вредные и опасные условия труда?
88. Поясните суть обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.
89. Назовите обязательные принципы обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.
90. Кто имеет право на получение страховых выплат в случае смерти застрахованного?
91. Как осуществляются страховые выплаты по социальному страхованию?
92. Как начисляется пособие по временной нетрудоспособности?
93. Каков порядок привлечения к дисциплинарной ответственности?
94. Кто может привлекать к дисциплинарной ответственности.
95. Кто может привлекать к административной ответственности?
96. В каких случаях привлекают к уголовной ответственности?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В среде обитания человека постоянно присутствуют естественные, техногенные и антропогенные опасности.

Полностью устранить негативное влияние естественных опасностей человечеству до настоящего времени не удается. Реальные успехи в защите человека от стихийных явлений сводятся к определению наиболее вероятных зон их действия и ликвидации возникающих последствий.

Мир техногенных опасностей вполне познаваем, и у человека есть достаточно способов и средств для защиты.

Антропогенные опасности во многом обусловлены недостаточным вниманием человека к проблеме безопасности, склонностью к риску и пренебрежению опасностью. Часто это связано с ограниченными знаниями человека о мире опасностей и негативных последствиях их проявления. Воздействие антропогенных опасностей может быть сведено к минимуму за счет обучения населения и работающих основам безопасности жизнедеятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебное пособие / В.В. Токмаков, Ю.Ф. Килин, А.М. Кузнецов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - 4-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 272 с.

Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / В.А. Подюков, В.В. Токмаков, В.М. Куликов ; под ред. В.В. Токмакова ; Уральский государственный горный уни-верситет. - 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург : УГГУ, 2007. - 314 с.

Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник. 5-е изд., исправл. и доп. – М.: Изд-во «Юрай», 2015. – 702с.

Безопасность жизнедеятельности: энциклопедический словарь / под ред. проф. Русака О. Н. – СПб.: Инф-изд. агент «Лик», 2003.

Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / К. З. Ушаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Кирин, М. А. Сребный / под ред. К. З. Ушакова. – М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 430 с.

Воронов Е. Т., Резник Ю. Н., Бондарь И. А. Безопасность жизнедеятельности. Теоретические основы БЖД. Охрана труда: учебное пособие. – Чита: Изд-во ЧитГУ, 2010. – 390 с.

Занько Н. К., Малаян К. Р., Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник. – М.: Лань, 2012. – 672 с.

Субботин А. И. Управление безопасностью труда: учебное пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2014. – 266 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебнөметодическому комплексу

_____С.А. Упоров

УТВЕРЖДАЮ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ УЧАЩИХСЯ

СГ. 07 КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Специальность

15.02.16 Технология машиностроения

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе среднего общего образования

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1 Методические рекомендации по работе с текстом лекций 5
2 Методические рекомендации по подготовке к опросу 6
3 Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) 7
4 Методические рекомендации по написанию эссе 10
5 Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям 13
6 Методические рекомендации по подготовке к дискуссии 14
7 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов 15

ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

Самостоятельная работа студента (СРС) - это планируемая учебная, учебноисследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;

- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной

(практической и научно-теоретической) деятельности.

Самостоятельная работа студента - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи; • представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебноисследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование; - исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

.

1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.
2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.
3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется,

исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернетресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки,

которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем временина на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf [2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научноисследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладовпрезентаций.

Доклад должен соответствовать следующим требованиям:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;
- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;
- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны тсоответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;
- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то

(проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.
3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации. ***Общая структура доклада***

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

Вступление.

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов; - живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

Основная часть.

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение.

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом). Доклад оценивается по следующим критериям:

Критерии оценки доклада, сообщения	*Количество баллов*
Содержательность, информационная насыщенность доклада	1
Наличие аргументов	1
Наличие выводов	1
Наличие презентации доклада	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого:	5

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде

должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

4. Методические рекомендации по написанию эссе

Эссе - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

Структура эссе

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);
2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что

предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить. Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

Тезис - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

Требования к фактическим данным и другим источникам При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для

построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

Как подготовить и написать эссе

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).
2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).
3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

Планирование - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

Цель должна определять действия.

Идеи, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

Аналогии - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

Ассоциации - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

Предположения - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

Рассуждения - формулировка и доказательство мнений.

Аргументация - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

Суждение - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

Доводы - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

Качество текста складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

Мысль - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

Внятность - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

Грамотность отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чемто сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

Корректность — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогоа обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

Дискуссия (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

Дискуссия обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

Дискуссия- диалог чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

Дискуссия - спор используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью. Условия эффективного проведения дискуссии:

- нформированность и подготовленность студентов к дискуссии,
- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;
- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;
- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;
- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

Подготовка студентов к дискуссии: если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

В проведении дискуссии выделяется несколько этапов.

*Этап 1-й, введение в дискуссию***:** формулирование проблемы и целей дискуссии; определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

*Этап 2-й, обсуждение проблемы***:** обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

*Этап 3-й, подведение итогов обсуждения***:** выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном

объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале

семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на

консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логикографическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;
2) добросовестное выполнение заданий;
3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;
4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;
5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;
6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;
7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/
2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml
3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры

Физической культуры

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Шулиманов Д.Ф.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 01.04.2019

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горномеханического

(название факультета)

(подпись)

Осипов П.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2022

(Дата)

Екатеринбург
2022

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению теста ……..…….....3
Содержание теста…….....3
Вопросы для проведения опроса…….....9
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом …….11
Выполнение работы над ошибками……...……..25

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению теста

Задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, фамилия преподавателя у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в тесте.

Выполненный тест необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если тест выполнен без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура» представлен, тест, вопросы для проведения опроса, самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой.

4. Содержание теста

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и

		спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин

12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения. Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня,	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека

	позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма
21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей	А) 1, 2, 3, 4

	физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1
27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых

		ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи

		Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя
42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Критерии оценивания теста

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат теста

Тест оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Определение понятий в области физической культуры
2. Понятие «здоровье» и основные его компоненты
3. Факторы, определяющие здоровье человека.
4. Образ жизни и его составляющие.
5. Разумное чередование труда и отдыха, как компонент ЗОЖ.
6. Рациональное питание и ЗОЖ.
7. Отказ от вредных привычек и соблюдение правил личной и общественной гигиены.
8. Двигательная активность — как компонент ЗОЖ.
9. Выполнение мероприятий по закаливанию организма.
10. Физическое самовоспитание и самосовершенствование как необходимое условие реализации мероприятий ЗОЖ.
11. Врачебный контроль как обязательная процедура для занимающихся физической культурой.
12. Самоконтроль — необходимая форма контроля человека за физическим состоянием.

13. Методика самоконтроля физического развития.
14. Самостоятельное измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.
15. Проведение функциональных проб для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы.
16. Проведение функциональных проб для оценки деятельности дыхательной системы.
17. Самоконтроль уровня развития физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости, силы и выносливости
18. Ведение дневника самоконтроля.
19. Цель и задачи физического воспитания в вузе.
20. Специфические функции физической культуры.
21. Социальная роль и значение спорта.
22. Этапы становления физической культуры личности студента.
23. Понятия физическая культура, физическое воспитание, физическое развитие, физическое совершенство.
24. Реабилитационная физическая культура, виды, краткая характеристика.
25. Разделы учебной программы дисциплины «Физическая культура».
26. Комплектование учебных отделений студентов для организации и проведения занятий по физическому воспитанию.
27. Преимущества спортивно-ориентированной программы дисциплины «Физическая культура» для студентов.
28. Особенности комплектования студентов с различным характером заболеваний в специальном учебном отделении.
29. Зачетные требования по учебной дисциплине «Физическая культура».
30. Формирование двигательного навыка.
31. Устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов.
32. Мотивация и направленность самостоятельных занятий.
33. Утренняя гигиеническая гимнастика.
34. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
35. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
36. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
37. Особенности самостоятельных занятий женщин.
38. Мотивация и направленность самостоятельных занятий. Утренняя гигиеническая гимнастика.
39. Физические упражнения в течение учебного дня: физкультминутки, физкультпаузы.
40. Самостоятельные тренировочные занятия: структура, требования к организации и проведению.
41. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
42. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
43. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
44. Особенности самостоятельных занятий женщин.
45. Роль физической культуры в профессиональной деятельности бакалавра и специалиста.
46. Производственная физическая культура, ее цели и задачи.
47. Методические основы производственной физической культуры.
48. Производственная физическая культура в рабочее время.
49. Физическая культура и спорт в свободное время.
50. Профилактика профессиональных заболеваний и травматизма средствами физической культуры.
51. Понятие ППФП, её цель, задачи. Прикладные знания, умения и навыки.
52. Прикладные психические качества.
53. Прикладные специальные качества.
54. Факторы, определяющие содержание ППФП: формы труда, условия труда.
55. Факторы, определяющие содержание ППФП: характер труда, режим труда и отдыха.
56. Дополнительные факторы, определяющие содержание ППФП.
57. Средства ППФП.
58. Организация и формы ППФП в вузе.
59. Понятия общей и специальной физической подготовки.
60. Отличия понятий спортивная подготовка и спортивная тренировка.
61. Стороны подготовки спортсмена.
62. Средства спортивной подготовки.
63. Структура отдельного тренировочного занятия.
64. Роль подготовительной части занятия в тренировочном процессе.
65. Понятие «физическая нагрузка», эффект ее воздействия на организм.
66. Внешние признаки утомления.
67. Виды и параметры физических нагрузок.
68. Интенсивность физических нагрузок.
69. Психофизиологическая характеристика умственной деятельности.
70. Работоспособность: понятие, факторы, периоды
71. Физические упражнения в течение учебного дня для поддержания работоспособности.
72. Бег как самое эффективное средство восстановления и повышения работоспособности.

73. Плавание и работоспособность.
74. Методические принципы физического воспитания, сущность и значение.
75. Принципы сознательности и активности, наглядности в процессе физического воспитания.
76. Принципы доступности и индивидуализации, систематичности и динамичности.
77. Средства физической культуры.
78. Общепедагогические методы физического воспитания.
79. Методы обучения технике двигательного действия.
80. Этапы обучения двигательного действия.
81. Методы развития физических качеств: равномерный, повторный, интервальный.
82. Метод круговой тренировки, игровой и соревновательный методы.
83. Сила как физическое качество, общая характеристика силовых упражнений.
84. Методы развития силы.
85. Выносливость — виды выносливости, особенности развития выносливости.
86. Развитие физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости.
87. Понятие «спорт». Его принципиальное отличие от других видов занятий физическими упражнениями.
88. Массовый спорт: понятие, цель, задачи.
89. Спорт высших достижений: понятие, цель, задачи.
90. Студенческий спорт, его организационные особенности.
91. Студенческие спортивные соревнования.
92. Студенческие спортивные организации.
93. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «ГТО» (Готов к труду и обороне).

6. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом

1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий

Планирование самостоятельных занятий осуществляется студентами при консультации преподавателей и должно быть направлено на достижение единой цели – сохранение хорошего здоровья, поддержание высокого уровня физической и умственной работоспособности, достижение поставленной задачи.

Существуют три формы самостоятельных занятий:

1. Утренняя физическая гимнастика (УФГ).

2. Упражнения в течение учебного (рабочего) дня.

3. Самостоятельные тренировочные занятия.

1.1.1. Утренняя физическая гимнастика

Выполняется ежедневно. В комплекс УФГ следует включать упражнения для всех групп мышц, упражнения на гибкость и дыхание, бег, бег (прыжковые упражнения).

Не рекомендуется выполнять:

- упражнения статического характера;
- со значительными отягощениями;
- упражнения на выносливость.

При выполнении УФГ рекомендуется придерживаться определенной последовательности выполнения упражнений:

- медленный бег, ходьба (2-3 мин.);
- потягивающие упражнения в сочетании с глубоким дыханием;
- упражнение на гибкость и подвижность для мышц рук, шеи, туловища и ног;
- силовые упражнения без отягощений или с небольшими отягощениями для рук, туловища, ног (сгибание-разгибание рук в упоре лежа, упражнения с легкими гантелями, с эспандерами);
- различные наклоны в положении стоя, сидя, лежа, приседания на од-ной и двух ногах и др.;
- легкие прыжки или подскоки (например, со скалкой) – 20-30 с.;
- упражнения на расслабление с глубоким дыханием.

При составлении комплексов УФГ рекомендуется физиологическую нагрузку на организм повышать постепенно, с максимумом во второй половине комплекса. К концу выполнения комплекса нагрузка снижается и организм приводится в спокойное состояние.

Между сериями из 2-3 упражнений (а при силовых – после каждого) выполняется упражнение на расслабление или медленный бег (20-30с.).

УФГ должна сочетаться с самомассажем и закаливанием организма. Сразу же после выполнения комплекса УФГ рекомендуется сделать самомассаж основных мышечных групп ног, туловища, рук (5-7 мин.) и выполнить водные процедуры с учетом правил и принципов закаливания.

1.1.2. Упражнения в течение учебного дня

Выполняются в перерывах между учебными и самостоятельными занятиями.

Они обеспечивают предупреждение наступающего утомления, способствуют поддержанию высокой работоспособности на длительное время без перенапряжения.

При выполнении этих упражнений следует придерживаться следующих правил:

1. Проводить в хорошо проветренных помещениях или на открытом воздухе.

2. Растягивать и расслаблять мышцы, испытывающие статическую нагрузку.

3. Нагружать неработающие мышцы.

1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия

Можно проводить индивидуально или в группе из 3-5 человек и более. Групповая тренировка более эффективна, чем индивидуальная. Заниматься рекомендуется 3-4 раза в неделю по 1,5 -2 часа. Заниматься менее двух раз в неделю нецелесообразно, т.к. это не способствует повышению уровня тренированности организма. Тренировочные занятия должны носить комплексный характер, т.е. способствовать развитию всего комплекса физических качеств, а также укреплению здоровья и повышению общей работоспособности организма.

Каждое самостоятельное тренировочное занятие состоит из трех частей:

1. Подготовительная часть (разминка) (15-20 мин. для одночасового занятия): ходьба (2-3 мин.), медленный бег (8-10 мин.), общеразвивающие упражнения на все группы мышц, соблюдая последовательность «сверху вниз», затем выполняются специально-подготовительные упражнения, выбор которых зависит от содержания основной части.

2. В основной части (30-40 мин.) изучаются спортивная техника и тактика, осуществляется тренировка развития физических, волевых качеств. При выполнении упражнений в основной части занятия необходимо придерживаться следующей последовательности:

После разминки выполняются упражнения, направленные на изучение и совершенствование техники, и упражнения на быстроту, затем упражнения для развития силы и в конце основной части занятия – для развития выносливости.

3. В заключительной части (5-10 мин.) выполняются медленный бег (3-8 мин.), переходящий в ходьбу (2-6 мин.), упражнения на расслабление в сочетании с глубоким дыханием, которые обеспечивают постепенное снижение тренировочной нагрузки и приведение организма в сравнительно спокойное состояние.

1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий

Методические принципы, которыми необходимо руководствоваться при проведении самостоятельных тренировочных занятий, следующие:

- принцип сознательности и активности предполагает углубленное изучение занимающимися теории и методики спортивной тренировки, осознанное отношение к тренировочному процессу, понимание целей и задач занятий, рациональное применение средств и методов тренировки в каждом занятии, учет объема и интенсивности выполняемых упражнений и физических нагрузок, умение анализировать и оценивать итоги тренировочных занятий;

- принцип систематичности требует непрерывности тренировочного процесса, рационального чередования физических нагрузок и отдыха, преемственности и последовательности тренировочных нагрузок от занятия к занятию. Эпизодические занятия или занятия с большими перерывами (более 4-5 дней) неэффективны и приводят к снижению достигнутого уровня тренированности;

- принцип доступности и индивидуализации обязывает планировать и включать в каждое тренировочное занятие физические упражнения, по своей сложности и интенсивности доступные для выполнения занимающимися. При определении содержания тренировочных занятий необходимо соблюдать правила: от простого – к сложному, от легкого – к трудному, от известного – к неизвестному, а также осуществлять учет индивидуальных особенностей занимающихся: пол, возраст, физическую подготовленность, уровень здоровья, волевые качества, трудолюбие, тип высшей нервной деятельности и т.п. Подбор упражнений, объем и интенсивность тренировочных нагрузок нужно осуществлять в соответствии с силами и возможностями организма занимающихся;

- принцип динамичности и постепенности определяет необходимость повышения требований к занимающимся, применение новых, более сложных физических упражнений, увеличение тренировочных нагрузок по объему и интенсивности. Переход к более высоким тренировочным нагрузкам должен проходить постепенно с учетом функциональных возможностей и индивидуальных особенностей занимающихся.

Если в тренировочных занятиях был перерыв по причине болезни, то начинать занятия следует после разрешения врача при строгом соблюдении принципа постепенности. Вначале тренировочные нагрузки значительно снижаются и постепенно доводятся до занимающегося в тренировочном плане уровня.

Все выше перечисленные принципы находятся в тесной взаимосвязи. Это различные стороны единого, целостного повышения функциональных возможностей занимающихся.

1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин

Организм женщины имеет анатомо-физиологические особенности, которые необходимо учитывать при проведении самостоятельных занятий физическими упражнениями или спортивной тренировки. В отличие от мужского, у женского организма менее прочное строение костей, ниже общее развитие мускулатуры тела, более широкий тазовый пояс и мощнее мускулатура тазового дна. Для здоровья женщины большое значение имеет развитие мышц брюшного пресса, спины и тазового дна. От их развития зависит нормальное положение внутренних органов. Особенно важно развитие мышц тазового дна.

Одной из причин недостаточного развития этих мышц у студенток и работниц умственного труда является малоподвижный образ жизни. При положении сидя мышцы тазового дна не противодействуют внутрибрюшному давлению и растягиваются от тяжести лежащих над ними органов. В связи с этим мышцы теряют свою эластичность и прочность, что может привести к нежелательным изменениям положения внутренних органов и к ухудшению их функциональной деятельности.

Ряд характерных для организма женщины особенностей имеется и в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем. Все это выражается более продолжительным периодом восстановления организма после физической нагрузки, а также более быстрой потерей состояния тренированности при прекращении тренировок.

Особенности женского организма должны строго учитываться в организации, содержании, методике проведения самостоятельных занятий. Подбор физических упражнений, их характер и интенсивность должны соответствовать физической подготовленности, возрасту, индивидуальным возможностям студенток. Необходимо исключать случаи форсирования тренировок для того, чтобы быстро достичь высоких результатов. Разминку следует проводить более тщательно и более продолжительно, чем при занятиях мужчин. Рекомендуется остерегаться резких сотрясений, мгновенных напряжений и усилий, например, при занятиях прыжками и в упражнениях с отягощением. Полезны упражнения, в положении сидя, и лежа на спине с подниманием, отведением, приведением и круговыми движениями ног, с подниманием ног и таза до положения «березка», различного рода приседания.

Даже для хорошо физически подготовленных студенток рекомендуется исключить упражнения, вызывающие повышение внутрибрюшного давления и затрудняющие деятельность органов брюшной полости и малого таза. К таким упражнениям относятся

прыжки в глубину, поднимание больших тяжестей и другие, сопровождающиеся задержкой дыхания и натуживанием.

При выполнении упражнений на силу и быстроту движений следует более постепенно увеличивать тренировочную нагрузку, более плавно доводить ее до оптимальных пределов, чем при занятиях мужчин.

Упражнения с отягощениями применяются с небольшими весами, сериями по 8-12 движений с вовлечением в работу различных мышечных групп. В интервалах между сериями выполняются упражнения на расслабление с глубоким дыханием и другие упражнения, обеспечивающие активный отдых.

Функциональные возможности аппарата кровообращения и дыхания у девушек и женщин значительно ниже, чем у юношей и мужчин, поэтому нагрузка на выносливость для девушек и женщин должна быть меньше по объему и повышаться на более продолжительном отрезке времени.

Женщинам при занятиях физическими упражнениями и спортом следует особенно внимательно осуществлять самоконтроль. Необходимо наблюдать за влиянием занятий на течение овариально-менструального цикла и характер его изменения. Во всех случаях неблагоприятных отклонений необходимо обращаться к врачу.

Женщинам противопоказаны физические нагрузки, спортивная тренировка и участие в спортивных соревнованиях в период беременности. После родов к занятиям физическими упражнениями и спортом рекомендуется приступать не ранее чем через 8-10 месяцев.

1.2. Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма

Данные самоконтроля записываются в дневник, они помогают контролировать и регулировать правильность подбора средств, методику проведения учебно-тренировочных занятий. У отдельных занимающихся количество показателей самоконтроля в дневнике и порядок записи могут быть различными, но одинаково важно для всех правильно оценивать отдельные показатели, лаконично фиксировать их в дневнике.

В дневнике самоконтроля рекомендуется регулярно регистрировать:

- субъективные данные (самочувствие, сон, аппетит, болевые ощущения);
- объективные данные (частота сердечных сокращений (ЧСС), масса тела, тренировочные нагрузки, нарушения режима, спортивные результаты).

Субъективные данные:

Самочувствие - отмечается как хорошее, удовлетворительное или плохое. При плохом самочувствии фиксируется характер необычных ощущений.

Сон - отмечается продолжительность и глубина сна, его нарушения (трудное засыпание, беспокойный сон, бессонница, недосыпание и др.).

Аппетит - Отмечается как хороший, удовлетворительный, пониженный и плохой. Различные отклонения состояния здоровья быстро отражаются, поэтому его ухудшение, как правило, является результатом переутомления или заболевания.

Болевые ощущения - фиксируются по месту их локализации, характеру (острые, тупые, режущие и т.п.) и силе проявления.

Объективные данные:

ЧСС – важный показатель состояния организма. Его рекомендуется подсчитывать регулярно, в одно и то же время суток, в покое. Лучше всего утром, лежа, после пробуждения, а также до тренировки (за 3-5 мин) и сразу после спортивной тренировки.

Нормальными считаются следующие показатели ЧСС в покое:

- мужчины (тренированные/не тренированные) 50-60/70-80;
- женщины (тренированные/не тренированные) 60-70/75-85.

С увеличением тренированности ЧСС понижается.

Интенсивность физической нагрузки также определяться по ЧСС, которая измеряется сразу после выполнения упражнений.

При занятиях физическими упражнениями рекомендуется придерживаться следующей градации интенсивности:

- малая интенсивность – ЧСС до 130 уд/мин. При этой интенсивности эффективного воспитания выносливости не происходит, однако создаются предпосылки для этого, расширяется сеть кровеносных сосудов в скелетных мышцах и в сердечной мышце (целесообразно применять при выполнении разминки);

- средняя интенсивность от 130 до 150 уд/мин.;

- большая интенсивность – ЧСС от 150 до 180 уд/мин. В этой тренировочной зоне интенсивности к аэробным механизмам подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения, когда энергия образуется при распаде энергетических веществ в условиях недостатка кислорода;

- предельная интенсивность – ЧСС 180 уд/мин. и больше. В этой зоне интенсивности совершенствуются анаэробные механизмы энергообеспечения.

Существенным моментом при использовании ЧСС для дозирования нагрузки является ее зависимость от возраста.

Известно, что по мере старения уменьшается возможность усиления сердечной деятельности за счет учащения сокращения сердца во время мышечной работы. Оптимальную ЧСС с учетом возраста при продолжительных упражнениях можно определить по формулам:

- для начинающих: ЧСС (оптимальная) = 170 – возраст (в годах)

- для занимающихся регулярно в течении 1-2 лет:

- ЧСС (оптимальная) = 180 – возраст (в годах)

Зависимость максимальной величины ЧСС от возраста при тренировке на выносливость можно определить по формуле:

- ЧСС (максимальная) = 220 – возраст (в годах)

Например, для занимающихся в возрасте 18 лет максимальная ЧСС будет равна 220-18=202 уд/мин.

Важным показателем приспособленности организма к нагрузкам является скорость восстановления ЧСС сразу после окончания нагрузки. Для этого определяется ЧСС в первые 10 секунд после окончания нагрузки, пересчитывается на 1 мин. и принимается за 100%. Хорошей реакцией восстановления считается:

- снижение через 1 мин. на 20%;

- через 3 мин. – на 30%;

- через 5 мин. – на 50%,

- через 10 мин. – на 70 – 75%. (отдых в виде медленной ходьбы).

Масса тела должна определяться периодически (1-2 раза в месяц) утром натощак, на одних и тех же весах. В первом периоде тренировки масса обычно снижается, а затем стабилизируется и в дальнейшем за счет прироста мышечной массы несколько увеличивается. При резком снижении массы тела следует обратиться к врачу.

Тренировочные нагрузки в дневник самоконтроля записываются коротко, вместе с другими показателями самоконтроля они дают возможность объяснить различные отклонения в состоянии организма.

Спортивные результаты показывают, правильно ли применяются средства и методы тренировочных занятий. Их анализ может выявить дополнительные резервы для роста физической подготовленности и спортивного мастерства.

В процессе занятий физическими упражнениями рекомендуется периодически оценивать уровень своего физического развития и физической (функциональной) подготовленности.

1.2.1. Оценка физического развития

Проводится с помощью антропометрических измерений: рост стоя и сидя, масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких (ЖЁЛ) и сила кисти сильнейшей руки, которые дают возможность определить:

- уровень и особенности физического развития;

- степень его соответствия полу и возрасту;

- имеющиеся отклонения;

- улучшение физического развития под воздействием занятий физическими упражнениями.

Применяются следующие антропометрические индексы:

- Весо-ростовой показатель
- ВРП= масса тела (грамм.)/длина тела (см.)

Хорошая оценка:

- для женщин 360-405 г/см.;
- для мужчин 380-415 г/см.

Индекс Брока

Оптимальная масса тела для людей ростом от 155 до 165 см. равна длине тела в сантиметрах минус 100. При росте 165-175 см. вычитают 105, при росте более 175 см. – 110.

Силовой показатель (СП)

Показывает соотношение между массой тела и мышечной силой. Обычно, чем больше мышечная масса, тем больше сила. Силовой показатель определяется по формуле и выражается в процентах:

$$\frac{\text{сила (кг)}}{\text{общая масса тела (кг)}} \times 100$$

Для сильнейшей руки:

- для мужчин - 65-80%
- для женщин - 48-50%.

1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)

Определение резервных возможностей организма

Осуществляется с помощью физиологических проб сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем.

Общее требования:

1. Проводить в одно и то же время суток.
2. Не ранее чем через 2 часа после приема пищи.
3. При температуре 18-20 градусов, влажности менее 60%.

Функциональная проба с приседанием

Проверяемый отдыхает стоя 3 мин., на 4-й мин. подсчитывается ЧСС за 15 с. с пересчетом на 1 мин. (исходная частота). Далее выполняется 20 приседаний за 40 с., поднимая руки вперед. Сразу после приседаний подсчитывается ЧСС в течение первых 15 с. с пересчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседаний сравнительно с исходной в процентах.

Оценка:

- отлично – до 20%;
- хорошо – 20-40%;
- удовлетворительно – 40-65%;
- плохо – 66-75%;
- более 75%.

Ортостатическая проба

Применяется для оценки сосудистого тонуса.

Отдых 5 минут в положении лежа, подсчитывают ЧСС в положении лежа за 1 мин. (исходная ЧСС), после чего занимающийся встает, и снова подсчитывает пульс за 1 мин.

Оценка:

- «хорошо» - не более 11 ударов (чем меньше разница, тем лучше);
- «удовлетворительно» - от 12 до 18 ударов (потливость);
- «неудовлетворительно» - более 19 ударов (потливость, шум в ушах).

Проба Штанге (задержка дыхания на вдохе),

проба Генча (задержка дыхания на вдохе)

Оценивается устойчивость организма к недостатку кислорода, а также общий уровень тренированности.

После 5 мин. отдыха сидя, сделать 2-3 глубоких вдоха и выдоха, затем сделать полный вдох (выдох) и задержать дыхание. Отмечается время от момента задержания дыхания до ее прекращения.

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	90 сек	80 сек
Хорошо	80-89 сек	70-79 сек
Удовлетворительно	50-79 сек	40-69 сек
Неудовлетворительно	50 и ниже	40 и ниже

Проба Генча

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	45 сек	35 сек
Хорошо	40-44 сек	30-34 сек
Удовлетворительно	30-39 сек	20-29 сек
Неудовлетворительно	30 и ниже	20 и ниже

С нарастанием тренированности время задержания дыхания возрастает, при снижении или отсутствии тренированности – снижается.

Самоконтроль прививает занимающимся грамотное и осмысленное отношение к своему здоровью и к знаниям физической культурой и спортом, имеет большое воспитательное значение.

2. Другие виды самостоятельной работы

2.1. Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности

2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 метров)

Нормативы:

- у студенток нормативы в беге на 100 метров следующие: 15.7 сек - 5 очков; 16,0 - 4; 17,0 -3; 17,9 - 2; 18,7 - 1.

- студенты должны показать результаты в следующих пределах: 13,2 сек - 5 очков; 13,8 - 4; 14,0 - 3; 14,3 - 2; 14,6 - 1.

2.1.2. Техника выполнения упражнения

При анализе бега на 100 м. принято выделять следующие основные фазы:

- старт и стартовый разгон;
- бег по дистанции;
- финиширование.

Старт и стартовый разгон

Существует два вида старта: низкий и высокий. Экспериментальные данные показывают, что новичкам и спортсменам 2-го разряда лучше применять высокий старт. Такая закономерность наблюдается до результата 11,4-11,6 с. и объясняется технической сложностью низкого старта. Поэтому следует ограничиться только овладением техникой высокого старта.

По команде «На старт» занимающийся подходит к стартовой линии, ставит сильнейшую (толчковую ногу) вплотную к линии, маховая нога располагается на 1,5-2 стопы назад на носок, расстояние между ними 15-20 см. Туловище выпрямлено, руки опущены, вес тела распределяется равномерно на обе ноги.

По команде «Внимание» вес тела переносится на впереди согнутую стоящую ногу, разноименная рука вперед. Проекция плеч находится за стартовой линией на расстоянии 5-8 см. Взгляд направлен вперед - вниз.

По команде «Марш» бегун мощно разгибает толчковую ногу и стремится максимально быстро вынести маховую ногу вперед с постановкой ее сверху вниз на дорожку. Руки работают максимально активно, плечевой пояс не закрепощен, кисти расслаблены. Стартовый разгон

характеризуется постепенным увеличением длины шагов, уменьшением наклона туловища и приближением стоп к средней линии.

Бег по дистанции

Перед бегущим стоит задача удержать развитую горизонтальную скорость до финиша. Этому будет способствовать сохранение длины и частоты шагов.

Во время бега маховая нога ставится с носка спереди проекции общего центра тяжести тела (ОЦТТ) сверху вниз. Взаимодействие маховой ноги с грунтом называется передним толчком. Задний толчок выполняется мощным разгибанием бедра и сгибанием стопы. Голова держится прямо. Руки согнуты (угол сгибания в локтевых суставах примерно 90 град.).

При движении руки вперед кисть поднимается до уровня плеч. Назад рука отводится до «отказа» и угол сгибания в локтевом суставе увеличивается. Пальцы рук слегка согнуты.

Финиширование

Наклон туловища увеличивается. На последних метрах дистанции необходимо стремиться не потерять свободы движений и пробегать финиш без снижения скорости.

2.1.3. Методы самостоятельной тренировки

- Повторный метод - повторное выполнение упражнений с около-предельной и предельной скоростью. Отдых продолжается до восстановления. Упражнения повторяются до тех пор, пока скорость не начнет снижаться.

- Переменный метод - когда пробегаются дистанции, например, с варьированием скорости и ускорения. Цель - исключить стабилизацию скорости («скоростной барьер»).

- Соревновательный метод - предполагает выполнение упражнений на быстроту в условиях соревнований. Эмоциональный подъем на соревнованиях способствует мобилизации на максимальные проявления быстроты, позволяет выйти на новый рубеж скорости.

2.1.4. Средства тренировки быстроты

Частоту движений, а вместе с ней и быстроту циклических движений развивают с помощью упражнений, которые можно выполнять с максимальной скоростью, а также с помощью скоростно-силовых упражнений для ациклических движений. При этом упражнения должны отвечать следующим требованиям:

- техника упражнений должна обеспечивать выполнение движений на предельных скоростях;

- упражнения должны быть хорошо освоены, чтобы не требовалось волевого усилия для их выполнения;

- продолжительность упражнений должна быть такой, чтобы скорость не снижалась вследствие утомления - 20-22 с.

Основным средством отработки бега по дистанции является бег с максимальной скоростью. Такой бег выполняется 5-6 раз по 30-40 метров. В тренировке можно чередовать бег в обычных, облегченных (с горки, угол 4-5 град.) и затрудненных (в горку или с сопротивлением) условиях.

Для развития скоростной выносливости рекомендуется пробегать большую дистанцию (120-150 м), когда очередная пробежка начинается при пульсе 120 уд/мин.

Для тренировки в беге на 100 метров следует использовать кроссы (6 км, 30 мин), повторный бег на отрезках 200 м в 3/4 силы. Спортивные игры (баскетбол, футбол) также приносят пользу в развитии быстроты.

Можно рекомендовать и упрощенную методику, обеспечивающую минимально необходимый уровень подготовленности:

- повторный метод - в одном занятии 3-4 пробегания по 20-30 метров с максимальной скоростью и интервалами отдыха для восстановления пульса до 110-120 уд/мин;

- переменный метод - пробегание 2-х отрезков по 30 метров с максимальной скоростью и последующим переходом на спокойный бег 150--200 метров. Выполняется 3-4 подхода.

Для ощутимого сдвига в подготовленности такие тренировки рекомендуется проводить 3-4 раза в неделю.

2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива

При подготовке к сдаче бега на 100 метров следует учитывать общие требования по питанию при занятиях физическими упражнениями:

1. По времени - прием пищи не менее чем за 2-3 часа.

2. По составу - не есть тяжелой пищи (мясо, яйца, масло, молочные продукты, жирную, долго перевариваемую пищу).

Не рекомендуется выходить на старт с переполненным желудком.

Непосредственно перед сдачей норматива необходимо провести разминку с использованием специальных упражнений:

1. Бег с высоким подниманием бедра.

2. Бег с «захлестыванием» голеней назад.

3. Семенящий бег.

4. Прыжки с ноги на ногу (шаги).

5. Бег в упоре стоя у гимнастической стенки.

6. Бег с ускорением с высокого старта с подачей стартовых команд (2-3 ускорения по 10-15 метров).

Разминка заканчивается за 10 минут до старта.

Непосредственно перед стартом нельзя отдыхать лежа, сидя, необходимо постоянно находиться в движении (прохаживаться, выполнять упражнения на растяжку). Частота сердечных сокращений непосредственно перед стартом должна быть 110 – 120 уд/мин.

Психологическая подготовка заключается в мысленном «прокручивании» в голове этапов преодоления дистанции: старта, стартового разбега, бега по дистанции, финиширования с концентрацией внимания на технике выполнения каждого этапа.

При выполнении теста не разрешается:

- наступать на линию старта (стартовая линия входит в дистанцию);

- перебегать на соседние дорожки.

2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин

(поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, ноги закреплены, руки за головой)

Нормативы: 60 раз - 5 очков, 50 - 4, 40 - 3, 30 - 2, 20 - 1.

Это упражнение используется для оценки развития мышц живота (брюшного пресса).

О мышцах брюшного пресса следует сказать особо. Эта группа мышц участвует в большинстве движений. Она создает хороший «мышечный корсет», охватывающий брюшную полость и способствующий нормальному функционированию внутренних органов, что положительно влияет на состояние здоровья.

2.2.1. Техника выполнения упражнения

И.п. (исходное положение) – лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы прижаты к полу, руки в замок за головой, локти разведены.

Это силовое упражнение состоит из 4-х фаз:

- поднимание туловища;

- фиксация его в вертикальном положении;

- опускание;

- пауза в горизонтальном положении.

Голова держится прямо, локти в стороны, дыхание ритмично.

2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин (подтягивание на перекладине)

Учебной программой по физической культуре предусмотрено тестирование студентов для определения уровня их силового развития. Нормативы следующие: 15 раз - 5 очков, 12 - 4, 9 - 3, 7 - 2, 5 - 1;

2.3.1. Техника выполнения упражнения

Каждый цикл подтягивания в висе на перекладине включает:

- исходное положение - вис на вытянутых руках хватом сверху (большими пальцами внутрь);

- подъем до пересечения подбородком линии перекладины;

- опускание в исходное положение.

При выполнении теста разрешается сгибание, разведение ног, запрещаются рывковые движения туловищем и руками, хлестовые движения ногами. Выполнение засчитывается только при полном выпрямлении рук в локтевых суставах.

Наиболее экономично подтягивание при хвате рук на ширине плеч. Если кисти рук расположены ближе друг к другу, то положение тела становится менее устойчивым и отклонения придется компенсировать за счет дополнительных мышечных усилий, что будет увеличивать энерготраты и снижать результат. Возрастают энерготраты и при широком хвате (шире плеч). Это связано с тем, что для фиксации лопаток при широком хвате требуется большая, чем при хвате на ширине плеч, сила мышц, приближающих лопатки к позвоночному столбу.

Опускание в вис (в исходное положение) после подтягивания должно выполняться спокойно. Дыхание не задерживается.

2.3.2. Методы развития силы

На практике распространены следующие методы силовой подготовки:

- метод максимальных усилий;
- метод повторных усилий;
- метод динамических усилий.

Согласно методу максимальных усилий выполнение упражнений организуется таким образом, чтобы занимающийся смог подтянуться 1-3 раза в одном подходе (при условии, что он способен самостоятельно подтянуться как минимум 2-3 раза). Такое достигается за счет применения дополнительного внешнего отягощения. Делается 5-6 подходов с перерывами 2-4 минуты.

По методу повторных усилий подтягивания в одном подходе выполняются до «отказа». Если занимающийся имеет максимальный индивидуальный показатель 10-15 подтягиваний и более, то следует применять отягощение весом 30-70% от максимального. Например, занимающийся может подтянуться 1 раз с максимальным отягощением 10 кг. Значит, для тренировки по методу повторных усилий следует подобрать вес отягощения 3-7 кг. Выполняется 3-6 подходов с отдыхом между ними 2-4 мин.

Разнообразить упражнения можно, применяя метод динамических усилий. Если занимающийся легко выполняет 10-15 подтягиваний, то следует применять отягощения до 30% от максимального. В одном подходе 10-15 повторений. Темп - максимально быстрый. Всего 3-6 подходов. Во время отдыха следует добиваться наиболее полного восстановления, чтобы в следующем подходе выполнить упражнение без существенной потери скорости.

Сравнивая динамический и статический методы развития силы, необходимо отметить следующее:

- При динамическом режиме работы мышц происходит достаточное кровоснабжение. Мышца функционирует как насос - при расслаблении наполняется кровью и получает кислород и питательные вещества.

- Во время статического усилия мышца постоянно напряжена и непрерывно давит на кровеносные сосуды. В результате она не получает кислород и питательные вещества. Это ограничивает продолжительность работы мышц.

2.4. Тест на общую выносливость - бег 2000 и 3000 метров

Нормативы:

- студентки - бег 2000 метров - 10 мин.15 сек. - 5 очков; 10.50 - 4; 11.15 - 3; 11.50 - 2; 12.15 - 1;

- студенты - бег 3000 метров - 12.00 - 5; 12.35 - 4; 13.10 - 3; 13.50 - 2; 14.00 - 1.

2.4.1. Техника бега на длинные дистанции

Бег на средние и длинные дистанции начинается с высокого старта. По команде «На старт!» бегун ставит у линии более сильную ногу, а другую отставляет назад на носок (на 30 – 50 см), немного сгибает ноги, туловище наклоняет вперед и тяжесть тела переносит на впереди стоящую ногу. По команде «Марш!» бегун начинает бег, делая первые шаги в большом

наклоне, который постепенно уменьшается. Длина шагов увеличивается, бег ускоряется, бегун набирает скорость и в короткое время переходит к свободному бегу на дистанции. Бег на дистанции. Во время бега на дистанции туловище вертикально или слегка наклонено вперед (5-7°). Небольшой наклон туловища вперед позволяет лучше использовать силы отталкивания и быстрее продвигаться вперед. Слишком большой наклон приводит к «падающему» бегу, при котором труднее выносить вперед согнутую ногу, в связи с чем уменьшается длина шага, а следовательно, и скорость бега. Кроме того, при большом наклоне постоянно напряжены мышцы, удерживающие туловище от увеличивающегося наклона. Отсутствие наклона ухудшает условия отталкивания, однако улучшает возможность выноса вперед согнутой в коленном суставе свободной ноги. При правильном положении туловища создаются благоприятные условия для работы мышц и внутренних органов. Наклон туловища у бегунов изменяется в пределах 2-3°: увеличивается к моменту отталкивания и уменьшается в полетной фазе. Положение головы существенно влияет на положение туловища. Надо держать голову прямо и смотреть вперед. В фазе отталкивания таз подается вперед, что является важной особенностью техники бега на длинные дистанции и позволяет полнее использовать силу реакции опоры. В технике бега на длинные дистанции важнее всего движения ног. Нога, немного согнутая, ставится на грунт упруго и эластично с передней части стопы, а затем касается его всей стопой. Постановка ноги на переднюю часть стопы позволяет эффективнее использовать эластические свойства мышц голени, активно участвующие в отталкивании. Следы стоп на дорожке у бегунов находятся на одной линии, носки почти не разворачиваются в стороны. Эффективное отталкивание характеризуется выпрямлением ноги во всех суставах. Угол отталкивания в беге на средние дистанции примерно равен 50-55°. При правильном отталкивании таз подан вперед, голень маховой согнутой ноги параллельна бедру толчковой ноги. Быстрый вынос маховой ноги вперед облегчает отталкивание. Бегуны на длинные дистанции меньше поднимают бедро маховой ноги вверх, чем бегуны на средние и короткие дистанции. Длина шага на длинные дистанции не постоянна даже у одних и тех же бегунов. Колебания зависят от наступившего утомления, неравномерности пробегания отдельных участков дистанции, качества беговой дорожки, ветра и состояния бегуна. Обычно шаг с сильнейшей ноги на несколько сантиметров больше, чем шаг со слабейшей ноги. Длина шага равна 160 – 215 см. Повышение скорости бега за счет увеличения длины шага ограничено, так как слишком длинный шаг требует очень больших затрат сил. Кроме того, длина шага в основном зависит от индивидуальных данных бегуна. Поэтому скорость бега повышают за счет увеличения частоты шагов, которая зависит от тренированности бегуна. Движения плечевого пояса и рук связаны с движениями ног. Выполнять их надо легко, не напряженно. Это во многом зависит от умения расслаблять мышцы плечевого пояса. Движения рук помогают бегуну сохранять равновесие тела во время бега. Амплитуда движения рук зависит от скорости бега. Кисти при движении вперед не пересекают средней линии тела и поднимаются примерно до уровня ключицы. При движении рук назад кисти доходят до задней линии туловища (если смотреть на бегуна сбоку). Руки двигаются маятникообразно, пальцы рук свободно сложены, предплечья не напряжены, плечи не поднимаются вверх. При финишировании, длина которого зависит от дистанции и оставшихся сил бегуна, движения руками делаются быстрее, наклон тела увеличивается, а угол отталкивания уменьшается. Спортсмен переходит на скоростной бег, при котором скорость повышается главным образом за счет увеличения частоты шагов. К концу дистанции вследствие утомления некоторые бегуны наклоняют туловище назад. Такое положение туловища не способствует эффективности бега, так как усилия отталкивания направляются больше вверх. Техника бега на вираже имеет некоторые особенности: туловище немного наклонено влево, к бровке, правая рука движется несколько размашистей левой, причем правый локоть дальше отводится в сторону, а правая стопа ставится с некоторым поворотом внутрь. Ритм дыхания зависит от индивидуальных особенностей и скорости бега (с увеличением скорости бега увеличивается и частота дыхания). Бегун не должен задерживать дыхание. Дышать следует одновременно через нос и полуоткрытый рот, при этом важно следить за полным выдохом.

2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения самостоятельных тренировок

В некоторых случаях тренировка может стать причиной различных осложнений, включая травмы опорно-двигательного аппарата.

Основная причина травматизма опорно-двигательного аппарата - перенапряжение. Слишком быстрое увеличение тренировочных нагрузок является чрезмерным для детренированных мышц, связок и суставов. К дополнительным факторам, способствующим повреждению опорно-двигательного аппарата, можно отнести:

- бег по твердому грунту;
- избыточную массу тела;
- обувь, не пригодную для бега;
-грубые ошибки в технике.

Следовательно, меры по профилактике травм должны быть направлены на устранение или ослабление воздействия этих факторов:

- Во время кроссового бега часто болит в правом боку (печень), либо в левом боку (селезенка). Печень важный орган в жизнедеятельности нашего организма (синтез жиров и углеводов, обмен белков и витаминов) является кровяным депо. Так вот в результате переполнения кровью печени возникают колики. Глубокое дыхание снижает приток крови к правому предсердию, уменьшает болевые ощущения. Бег не надо прекращать, необходимо снизить скорость передвижения и стараться дышать глубже.

- В процессе тренировок после значительного перерыва (отдыха) или при резком увеличении нагрузок могут появляться боли в мышцах, как правило, на другой день. Во время физической работы в организме образуются продукты распада, часть которых выводится из организма через мочевыделительную систему, а другая часть, в том числе, молочная кислота задерживается в мышечных тканях. Чтобы избавиться от нее, необходимо мышцу непосредственно после физической нагрузки заставить растянуться (с помощью упражнений на растяжение), а на следующий день выполнять какую-либо физическую работу, т.е. сокращаться. Эти меры помогут ускорить вывод молочной кислоты из мышц. Боли могут длиться несколько дней и если не предпринимать никаких мер, мышца теряет эластичность, становиться твердой. В этом случае могут помочь: массаж, банные процедуры, применение согревающих мазей и гелей.

- При выполнении напряженной физической работы длительное время, например, кроссовый бег, возникают такие состояния, которые получили название «мертвая точка» и «второе дыхание». Уже через некоторое время бега в организме начинаются изменения, которые заставляют нас прекратить мышечную деятельность. Такое временное снижение работоспособности получило название «мертвая точка». Механизм возникновения такого состояния недостаточно изучен. Предполагают, что он обусловлен временным нарушением деятельности скелетных мышц и органов, обеспечивающих доставку кислорода в организм. Эти нарушения приводят к изменениям в работе нервных центров, что, в свою очередь, приводит к нарушениям в работе отдельных физиологических систем. Время возникновения и продолжительность этого состояния зависит от многих факторов, в частности от длительности и интенсивности физической нагрузки (например, при беге на 5-10 км и более возникает через 5-6 мин бега), от тренированности. Чем лучше тренирован человек, тем позже возникает это состояние и протекает менее тяжело (почти незаметно). Преодоление этого состояния требует значительного волевого усилия. В процессе проведения учебных и тренировочных занятий необходимо приучать себя преодолевать это неприятное ощущение, возникающее при кислородной недостаточности и накоплении продуктов кислотно-щелочного распада при обмене веществ. Наступлению «второго дыхания» способствуют усиленные дыхательные упражнения, глубокие выдохи, освобождающие организм от накопившейся углекислоты, что способствует наступлению кислотно-щелочного баланса в организме. Преодолеть состояние «мертвой точки» можно, если снизить интенсивность физической нагрузки, но это нежелательно, т.к. не будет адаптации организма к такого рода деятельности.

- При занятиях физическими упражнениями могут возникнуть отклонения в деятельности сердца - учащенное сердцебиение. Оно может быть следствием стенокардии, ссоры, неурядицы в быту, семье, боязни, страха, дистрофий миокарда. Возникновение болей - сигнал опасности, в этих случаях необходимо прекратить занятия и обратиться к врачу.

- Существует состояние, называемое гравитационным шоком. Часто возникает при внезапной остановки после относительно интенсивного бега (чаще после финиша) в связи с прекращением действия «мышечного насоса». Большая масса крови застаивается в раскрытых капиллярах и венах мышц нижних конечностей, на периферии. Возникает анемия (обескровливание) мозга, недостаточное снабжение его кислородом. Появляется резкое побледнение, слабость, головокружение, тошнота, потеря сознания, исчезновение пульса. Пострадавшего необходимо уложить на спину, поднять вверх ноги (выше головы), обеспечив отток венозной крови к сердцу, улучшив снабжение головного мозга кислородом, поднести к носу ватку смоченную нашатырным спиртом. Основная профилактика гравитационного шока - исключение внезапной остановки, постепенное замедление бега.

- Гипогликемическое состояние - следствие недостаточного количества в организме сахара, нарушение углеводного обмена в результате длительной физической нагрузки. Ощущается сильный голод, головокружение, иногда потеря сознания. Профилактика – легко усваиваемые углеводы до начала длительной физической нагрузки (немного сахара, меда и т.п.) или специальные питательные смеси.

- Солнечный и тепловой удары - возникают при длительной работе под действием солнечных лучей на обнаженную голову или тело. Тепловой удар - остро развивающееся болезненное состояние, обусловленное перегреванием организма. Его признаками являются: усталость, головная боль, слабость, боли в ногах, спине, тошнота, шум в ушах, повышение температуры, потемнение в глазах, ухудшение дыхания (прерывистое), потеря сознания.

Первая помощь: пострадавшего поместить в прохладное место, снять одежду, приподнять голову, охладить область сердца (холодный компресс), напоить. Дать понюхать нашатырный спирт, сердечные средства. При нарушении дыхания сделать искусственное дыхание.

При обморожениях на охлажденном участке вначале чувствуется легкое пощипывание, затем чувствительность теряется. Особенно поддаются ему пальцы рук, ног, нос, уши. Если произошло обморожение нельзя растирать пораженные места снегом, это только повредит кожу. Необходимо поместить обмороженный участок в тепло не растирать, а согревать при комнатной температуре. Обмороженные места смазать жиром (вазелином).

3. Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности

Выполнение контрольных нормативов требует от студента мобилизации всех своих сил и здесь следует принимать во внимание и учитывать все что может повлиять на конечный результат, в том числе характер учебно-познавательной деятельности предшествующий зачетному занятию.

В течение учебного дня, занимаясь то одним видом учебно-познавательной деятельности, то другим, обучающиеся должны переключаться с выполнения одного вида задач на другой, и каждый раз проходит какое-то время, пока будет достигнуто оптимальное соответствие состояния личности и организма обучающегося к условиям проведения определенного вида учебно-познавательной деятельности – период адаптации.

Можно говорить о том, что к каждому учебному занятию кроме практической и теоретической подготовленности, определенного уровня умений и навыков по предмету, от студентов требуется некоторая психофизиологическая и физическая готовность. В этом случае под ней подразумевается готовность психических, физиологических и обеспечивающих двигательные действия систем человека к выполнению определенного рода учебно-познавательной деятельности.

Многообразие видов учебно-познавательной деятельности определяет многообразие психофизиологических и физических состояний обучающихся. Под психофизиологическим и физическим состоянием предлагается понимать целостные психофизиологические и физические реакции обучаемого на внешние и внутренние факторы, направленные на достижение полезного результата.

Параметром психофизиологического и физического состояния является величина, характеризующая какую-либо из реакций организма обучаемого на внешние или внутренние факторы.

Уровень психофизиологической и физической готовности к предстоящему занятию, зависит от индивидуальных особенностей личности обучаемого и определенных внешних факторов, воздействующих на него на предыдущем занятии. Эти факторы можно разделить на три вида:

- санитарно-гигиенические условия;
- временные условия;
- организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности.

К санитарно-гигиеническим условиям относятся температура и влажность воздуха, освещенность, содержание кислорода в воздухе, эргономичность учебных мест, запыленность, загазованность места проведения занятия. К временным условиям относятся: время дня, день недели, месяц семестра, время года, а также время, прошедшее после последнего приема пищи.

Вышеперечисленные факторы оказывают существенное влияние на психофизиологическую и физическую готовность. Второй фактор заставляет учитывать объективные закономерности колебания уровня работоспособности студентов в течение учебного дня, учебной недели, семестра. Как известно, в течение учебного дня объективно наблюдается два периода подъема работоспособности: один в первой половине дня, второй – в послеобеденное время. Каждому периоду характерны три фазы: врабатывание, повышенная работоспособность, снижение работоспособности. В течение недели те же фазы распределяются следующим образом: понедельник, вторник – врабатывание; среда, четверг – повышенная работоспособность; пятница, суббота – снижение работоспособности. Исследования показали, что и семестровый цикл разделяется на те же фазы.

Влияние фактора «организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности» в данном случае рассматривается, как влияние особенностей психофизиологической и физической деятельности обучаемых на предыдущем занятии на их психофизиологическую и физическую готовность к последующему виду учебно-познавательной деятельности, в нашем случае к зачету. Психофизиологическая деятельность характеризуется напряженностью и характером мыслительной деятельности, а также нервно-эмоциональной напряженностью учебной деятельности.

Физическая деятельность характеризуется интенсивностью, видом мышечных действий и работой обеспечивающих эту деятельность физиологических систем. Мышечные действия могут носить статический и динамический характер: поддержание рабочей позы «сидя», «стоя», выполнение чертежной, письменной работы, настройка и обслуживание аппаратуры, выполнение гимнастических упражнений и т.п. При этом используются, в той или иной степени, основные физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость.

Влияние всех вышеперечисленных факторов преломляется через индивидуальные особенности личности, такие как типологические свойства нервной системы и темперамента, возрастные, морфологические, биохимические особенности организма, уровень физической подготовленности, состояние здоровья и другие, выливаясь, в итоге, в психофизиологическую и физическую готовность студента к предстоящему виду учебно-познавательной деятельности.

Следует отметить, что особенно явно эти проблемы проявляются при чередовании занятий по общенаучным, общеинженерным и специальным дисциплинам с практическими занятиями по физической культуре. В этом случае происходит смена видов деятельности, в одном из которых доминирующую роль играет умственная работа с пониженной двигательной

активностью и сохранением определенной рабочей позы, в другом – разнообразная активная двигательная деятельность с сопровождающей ее мыслительной работой.

Методика проведения занятий предусматривает проведение вводной (подготовительной) части для организации обучающихся, приведения их в состояние готовности к решению задач основной части, в нашем случае к сдаче контрольного норматива, и заключительной – для подведения итогов, приведения организма в относительно спокойное состояние (для занятий по физической культуре), но при проведении этих частей занятий, как правило, не учитывается характер предыдущей и последующей деятельности студентов. Неучтение этого факта отрицательно влияет на скорость адаптации к виду учебно-познавательной деятельности, что особенно наглядно проявляется при чередовании практических занятий по физической культуре с занятиями по общеинженерным и специальным дисциплинам.

Складывается противоречие между имеющим место в практике обучения несоответствием уровня психофизиологической и физической готовности обучающихся, объективно складывающейся в ходе проведения предшествующего занятия, видом учебно-познавательной деятельности последующего занятия и неучтением этого факта в общепринятых методиках проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий, в том числе, по дисциплине «физическая культура»

Это противоречие можно устранить, обеспечив управление процессом адаптации студентов к смене видов учебно-познавательной деятельности в ходе проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий.

Для каждой темы занятия по физической культуре в зависимости от педагогической ситуации, складывающейся из контекстной пары - вид предшествующего и вид последующего занятия, можно установить наиболее предпочтительные адаптирующие, предметно-ориентированные варианты проведения подготовительной и заключительной частей, оперативно поддерживающие достаточно высокий уровень психофизиологической и физической готовности при чередовании этих занятий с занятиями по другим дисциплинам.

Видится актуальной задача управления процессом адаптации обучаемых к смене видов учебно-познавательной деятельности с целью сокращения времени врабатывания и повышения эффективности как занятий, так и сдачи контрольных нормативов. Для решения этой задачи представляется наиболее целесообразным использовать проведение подготовительной (разминки) и заключительной частей занятий с адаптирующим, предметно-ориентированным содержанием.

В этом случае под управлением адаптацией следует понимать процесс педагогического воздействия с целью установления оптимального соответствия личности обучаемого и условий осуществления учебной деятельности в ходе осуществления им познавательной деятельности, которое позволяет индивидууму более эффективно удовлетворять актуальные познавательные потребности, и реализовывать связанные с ними значимые цели.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенного теста необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы, теста. Контрольные работы, тесты являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров
14.09.2022

Зотеева Н.В.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

По дисциплине

ПСИХОЛОГИЯ ОБЩЕНИЯ

Специальность
15.02.16 Технология машиностроения

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе среднего общего образования

Екатеринбург

2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ 5

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ 6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ 7

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ 8

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ 12

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 15

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к участию в деловых играх и дискуссиях, выполнение письменных домашних заданий, Контрольных работ (рефератов и т.п.) и курсовых работ (проектов), докладов и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Психология общения*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать формы документов, правила их оформления, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом по данному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Психология общения*» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практической работы);
- подготовка к тестированию;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

дисциплина «Психология общения»

Тема 1. Психологическая характеристика деятельности и общения

Общение как обмен информацией.
Речь и ее функции.
Виды речевой деятельности.
Общение как взаимодействие.
Стили поведения во взаимодействии

Тема 2. Общение как обмен информацией

Общение как восприятие людьми друг друга.
Механизмы и феномены восприятия человека человеком.
Визуальные средства общения.
Акустические средства общения.
Тактильные средства общения.

Тема 3. Межличностное восприятие и взаимодействие

Техника активного слушания.
Барьеры общения.
Формирование первого впечатления.
Технология эффективного установления контакта.
Трансактный анализ общения.

Тема 4. Психология делового общения

1. Что называется ролью?
2. В чем состоит успешность общения?
3. Что мы называем беседой?
4. Какие бывают беседы?
5. Что такое интерес?
6. Сколько тем обычно бывает излюбленными?
7. Перечислите структуру беседы
8. Перечислите принципы ведения деловой беседы.
9. Каковы основные функции деловой беседы?
10. Что значит «отработать ход» беседы?
11. На какие вопросы нужно подготовить ответы перед деловой беседой?
12. Что влияет на успех деловой беседы?
13. Каковы особенности делового телефонного разговора?

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

АВТОРИТАРНОСТЬ (от лат. — влияние, власть) —социально-психологическая характеристика личности, отражающая ее стремление максимально подчинить своему влиянию партнеров по взаимодействию и общению.

АВТОРИТЕТ (от лат. влияние, власть) - 1) влияние индивида, основанное на занимаемом им положении, должности, статусе и т д.; 2) признание за индивидом права на принятие ответственного решения в условиях совместной деятельности.

АГРЕССИЯ (от лат. — нападать) — индивидуальное или коллективное поведение, действие, направленное на нанесение физического или психологического вреда, ущерба либо на уничтожение другого человека или группы людей.

АКТИВНОСТЬ ЛИЧНОСТИ — способность человека производить общественно значимые преобразования в мире на основе присвоения богатств материальной и духовной культуры, проявляющаяся в творчестве, волевых актах, общении; интегральная характеристика А. л. — активная жизненная позиция человека, выражающаяся в его идейной принципиальности, последовательности в отстаивании своих взглядов, единстве слова и дела.

АЛЬТРУИЗМ (от лат. — другой) — система ценностных ориентации личности, при которой центральным мотивом и критерием нравственной оценки являются интересы другого человека или социальной общности.

АФФИЛИАЦИЯ (от англ. — присоединять, присоединяться) — стремление человека быть в обществе других людей.

БАРЬЕР СМЫСЛОВОЙ (от франц. — преграда, препятствие) — взаимонепонимание между людьми, являющееся следствием того, что одно и то же явление имеет для них разный смысл.

БАРЬЕР СМЫСЛОВОЙ (от франц. — преграда, препятствие) — взаимонепонимание между людьми, являющееся следствием того, что одно и то же явление имеет для них разный смысл.

БАРЬЕРЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ — психическое состояние, проявляющееся в неадекватной пассивности субъекта, что препятствует выполнению им тех или иных действий.

ВЕРБАЛЬНЫЙ (от лат. — словесный) — термин, применяемый в психологии для обозначения форм знакового материала, а также процессов оперирования с этим материалом.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ (в психологии) — процесс непосредственного или опосредованного воздействия объектов (субъектов) друг на друга, порождающих взаимную обусловленность и связь.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖЛИЧНОСТНОЕ — 1) в широком смысле — случайный или преднамеренный, частный или публичный, длительный или кратковременный, вербальный или невербальный личностный контакт двух или более человек, имеющий (следствием взаимные изменения их поведения, деятельности, отношений, установок; 2) в узком смысле — система взаимно обусловленных индивидуальных действий, связанных циклической причинной зависимостью, при которой поведение каждого из участников выступает одновременно и стимулом, и реакцией на поведение остальных.

ВЛИЯНИЕ (в психологии) — процесс и результат изменения индивидом поведения другого человека, его установок, намерений, представлений, оценок и т. п. в ходе взаимодействия с ним.

ВНУШАЕМОСТЬ — степень восприимчивости к внушению, определяемая субъективной готовностью подвергнуться и подчиниться внушающему воздействию.

ВЫТЕСНЕНИЕ — один из видов «психологической защиты», представляющий собой процесс, в результате которого неприемлемые для индивида мысли, воспоминания, переживания «изгоняются» из сознания и переводятся в сферу бессознательного, тем не

менее они продолжают оказывать влияние на поведение индивида и переживаются им в форме тревоги, страха и т. п.

ДИСТАНЦИЯ СОЦИАЛЬНАЯ — степень близости или отчуждения классов, социальных групп и лиц по их положению в обществе.

ДРУЖБА — вид устойчивых, индивидуально-избирательных межличностных отношений, характеризующийся взаимной привязанностью их участников, усилением процессов аффилиации, взаимными ожиданиями ответных чувств и предпочтительности.

ЗАМЕЩЕНИЕ — защитный механизм, имеющий две различные формы проявления. В психоанализе выделены защита путем замещения объекта и защита путем замещения потребности.

ЗАРАЖЕНИЕ (в социальной психологии) — процесс передачи эмоционального состояния от одного индивида другому на психофизиологическом уровне контакта помимо собственно смыслового воздействия или дополнительно к нему.

ЗНАЧЕНИЕ — обобщенная форма отражения субъектом общественно-исторического опыта, приобретенного в процессе совместной деятельности и общения и существующего в виде понятий, опредмеченных в схемах действия, социальных ролях, нормах и ценностях.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ - психологический процесс отождествления индивидом себя с другим человеком, группой, коллективом, помогающий ему успешно овладевать различными видами социальной деятельности, усваивать и преобразовывать социальные нормы и ценности, принимать социальные роли.

ИМИДЖ — сложившийся в массовом сознании и имеющий характер стереотипа, эмоционально окрашенный образ кого-либо или чего-либо.

КАНАЛ КОММУНИКАЦИИ — способ, которым передается сообщение лицом к лицу, письменно, на кинопленке или каким-либо другим образом.

КОММУНИКАЦИЯ — смысловой аспект социального взаимодействия.

КОНТРОЛЬ СОЦИАЛЬНЫЙ — механизм саморегуляции в социальных системах {группах, коллективах, организациях, обществе в целом), осуществляющий ее посредством нормативного (морального, правового, административного и т. д.) регулирования поведения людей.

КОНФЛИКТ (от лат. — столкновение) — столкновение противоположно направленных целей, интересов, позиций, мнений, взглядов оппонентов или субъектов взаимодействия.

КОНФЛИКТНАЯ СИТУАЦИЯ — предельный случай обострения противоречия в коллективе.

КОНФОРМНОСТЬ — психологическая характеристика поведения человека, выражающаяся в его податливости «давлению» группы, т. е. в ситуации конфликта между своим мнением и мнением группы он формирует мнение, совпадающее с мнением большинства.

КУЛЬТУРА — освоение, гуманизация, облагораживание человеком природы, совершенствование всего того, что человек находит естественно данным, стихийно возникшим в природе, обществе и себе самом; все созданное руками и разумом человека.

ЛИЧНОСТНЫЙ СМЫСЛ — индивидуализированное отражение действительного отношения личности к тем объектам, ради которых развертывается ее деятельность, осознаваемое как «значение-для-меня» усваиваемых субъектом безличных знаний о мире, включающих понятия, умения, действия и поступки, совершаемые людьми, социальные нормы, роли, ценности и идеалы.

НОРМЫ ГРУППОВЫЕ (от лат. — руководящее начало, точное предписание, образец) — совокупность правил и требований, вырабатываемых каждой реально функционирующей общностью и играющих роль важнейшего средства регуляции поведения членов данной группы, характера их взаимоотношений, взаимодействия и общения.

ОТКЛОНЯЮЩЕЕСЯ ПОВЕДЕНИЕ — форма дезорганизации поведения индивида в группе или категории лиц (нарушителей и правонарушителей) в обществе, обнаруживающая несоответствие сложившимся ожиданиям, моральным и правовым требованиям общества.

ПРОСТРАНСТВО СОЦИАЛЬНОЕ — социально освоенная часть природного пространства как среды обитания людей, пространственно-территориальный аспект жизнедеятельности общества и предметного мира человека, характеристика социальной структуры общества с точки зрения «расположения» социальных групп и слоев, «пространства» (условий, возможностей) их развития.

РЕФЛЕКСИЯ — процесс самопознания субъектом внутренних психических актов и состояний.

РЕЧЬ — исторически сложившаяся в процессе материальной преобразующей деятельности людей форма общения посредством языка.

РЕЧЬ ВНУТРЕННЯЯ — различные виды использования языка (точнее языковых значений) вне процесса реальной коммуникации.

РЕЧЬ ЖЕСТОВАЯ — способ межличностного общения людей, лишенных слуха, при помощи системы жестов, характеризующейся своеобразными лексическими и грамматическими закономерностями.

РЕЧЬ ПИСЬМЕННАЯ — вербальное (словесное) общение при помощи письменных текстов.

РЕЧЬ УСТНАЯ — вербальное (словесное) общение при помощи языковых средств, воспринимаемых на слух.

РЕЧЬ ЭГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ — речь, обращенная к самому себе, регулирующая и контролирующая практическую деятельность ребенка.

РОЛЬ (в социальной психологии) — социальная функция личности; соответствующий принятым нормам способ поведения людей в зависимости от их статуса или позиции в обществе, в системе межличностных отношений.

САНКЦИИ СОЦИАЛЬНЫЕ — оперативные средства социального контроля, выполняющие функции интеграции общества, социальной группы, социализации их членов и применяемые к последним за конкретные социальные действия.

СИМВОЛ (от греч. — условный знак) — образ, являющийся представителем других (как правило, весьма своеобразных) образов, содержаний, отношений.

СИМВОЛ СОЦИАЛЬНЫЙ — знаковообразная структура, представленная в виде знака, предмета, слова, действия или образа.

СМЫСЛОВОЙ БАРЬЕР — несовпадение смыслов высказанного требования, просьбы, приказа для партнеров в общении, создающее препятствие для их взаимопонимания и взаимодействия.

УСТАНОВКА — готовность, предрасположенность субъекта к действию, возникающая при предвосхищении им появления определенного объекта и обеспечивающая устойчивый, целенаправленный характер протекания деятельности по отношению к данному объекту.

ЦЕННОСТНЫЕ ОРИЕНТАЦИИ ЛИЧНОСТИ — разделяемые личностью социальные ценности, выступающие в качестве целей жизни и основных средств достижения этих целей и в силу этого приобретающие функцию важнейших регуляторов социального поведения индивидов.

ЭМПАТИЯ — постижение эмоционального состояния, проникновение-вчувствование в переживания другого человека.

ЯЗЫК — система знаков, служащая средством человеческого общения, мыслительной деятельности, способом выражения самосознания личности, передачи и хранения информации.

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить

специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Практические работы выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практическими работами понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практических работ – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практических работ:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практических работ от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;
- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;
- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практические работы имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;
2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;
3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практических работ следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практической работы необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практической работы включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практическая работа выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практической работы может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответна имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Психология общения*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Психология общения*». Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание. Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров

ММ. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

СГ.10 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Специальность
15.02.16 Технология машиностроения
программа подготовки специалистов среднего звена

форма обучения: очная

Автор: Самигуллина В.А. – преподаватель СПО

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Природообустройства и водопользования	ГМФ
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой	Председатель
(подпись)	*(подпись)*
Гревцев Н.В.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 08.09.2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2022

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания содержат курс практических работ по дисциплине СГ.10 Экологические основы природопользования» для специальности 15.02.16 Технология машиностроения очной формы обучения.

Комплексная практическая работа направлена на изучение особенностей образования загрязняющих веществ от автотранспорта и техники, поступления загрязняющих веществ в окружающую среду и пути решения проблемы снижения негативного воздействия на окружающую среду. Содержащиеся в данном пособии сведения теории, методические указания и рекомендации по выполнению практических работ позволяют использовать его в качестве дополнительного пособия для закрепления курса лекций.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 2
1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОМПЛЕКСНОЙ ПРАКТИЧЕКОЙ РАБОТЫ 4
1.1. Подготовка исходных данных 5
1.2. Оформление работы 6
1.3. Контрольные вопросы 7
1.4. Критерии оценивания 8
2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАНИЙ 9
ЗАДАЧА 1. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ АВТОТРАНСПОРТА 9
ЗАДАЧА 2. РАСЧЕТ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ ОТ МОЙКИ АВТОТРАНСПОРТА 28
ЗАДАЧА 3. РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ОТ АВТОТРАНСПОРТА 32
ЗАДАЧА 4. РАСЧЕТ РАЗМЕРА ПЛАТЫ ЗА НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТ ЭКСЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА 36
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 44
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 45
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 46
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 48

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОМПЛЕКСНОЙ ПРАКТИЧЕКОЙ РАБОТЫ

Цель работы: освоить основные навыки выполнения экологических расчетов, закрепить знания о рациональном природопользовании, о взаимодействии и взаимосвязи человека, человеческого общества со средой своего обитания, имеющие социальные, экономические, технологические географические и другие аспекты.

Задачи:

1. Определить массу загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу в результате выбросов от работы ДВС транспортных средств;
2. Определить максимально разовый и валовый сброс загрязняющих веществ вводный объект;
3. Рассчитать объем образования отходов, образующихся в результате эксплуатации и ремонта транспортных средств;
4. Определить размер платы за негативное воздействие на окружающую среду от автотранспорта и техники;
5. Закрепить теоретические знания о воздействии на окружающую среду и сделать выводы о проделанной работе.

Этапы выполнения работы:

1. Подготовка исходных данных для выполнения расчетов в задачах 1–4;
2. Выполнение расчетов по представленным методикам и оформление результатов комплексной практической работы;
3. Защита выполненной работы, ответы на контрольные вопросы.

1.1. Подготовка исходных данных

Для успешного выполнения комплекса работ необходимо подготовить исходные данные для расчетов. Исходные данные оформляются в соответствии с правилами инвентаризации источников негативного воздействия на окружающую среду [1-3] в виде таблицы:

№ п.п.	*Показатель*	*Ед. изм*	*Значение*
	Параметры транспортного средства		
1.	Тип транспортного средства (Грузовой, Легковой, Автобус)	Б / Д / Г	
2.	Марка транспортного средства	-	
3.	Год выпуска	год	
4.	Тип двигателя (Карбюраторный, Инжекторный, Дизельный)	-	
5.	Тип используемого топлива (Бензин, Газ, Дизельное топливо)	-	
6.	Объем двигателя (для легковых)	Литр	
7.	Грузоподъемность (для грузовых)	Тонн	
8.	Габаритная длина (для автобусов)	Метр	
9.	Количество выездов в сутки	Раз / день	
10.	Количество выездов за 1 час	Раз	
11.	Время работы ДВС на территории стоянки в сутки	Час	
12.	Время прогрева двигателя, $t_{пр}$ Холодный период Переходный период Теплый период	Минут	
13.	Время работы двигателя на холостом ходу при выезде с территории стоянки и возврате на неё, $t_{хх1}$, $t_{хх2}$	Минут	
14.	Количество рабочих дней в год	Дней	
15.	Наличие контроля токсичности выхлопных газов, периодичность	Раз / день	
16.	Количество ТО и ТР за год	Раз / год	
17.	Количество моек транспортного средства, k	Раз / год	
	Параметры стоянки транспортного средства		
18.	Тип стоянки (открытая или закрытая неотапливаемая стоянка; открытая стоянка, оборудованная средствами подогрева; теплая закрытая стоянка (гараж); многоэтажная неотапливаемая стоянка; теплая закрытая многоэтажная стоянка (гараж))	БП / СП	
19.	Пробег техники до выезда со стоянки, L_1	километр	
20.	Пробег техники до въезда со стоянки, L_2	километр	
21.	Протяженность внутреннего проезда	километр	
	Параметры комплектующих		
22.	Тип аккумуляторной батареи	-	
23.	Количество аккумуляторов на ед. техники, n	Штук	
24.	Масса одного аккумулятора с электролитом, $m_{ак}$	Килограмм	
25.	Норма расхода топлива на 100 км пробега, q	л / 100 км	
26.	Средний годовой пробег автомобиля, L	тыс. км / год	
27.	Годовой пробег, T	Моточас	

№ п.п.	*Показатель*	*Ед. изм*	*Значение*
28.	Норма расхода моторного масла на 100 л топлива, n	л / 100л	
29.	Объем заливаемого моторного масла при ТО, V	Литр	
30.	Норма пробега до замены масла, Тн	Моточас	
31.	Объем заливаемого гидравлического масла при ТО, V	Литр	
32.	Норма пробега до замены гидравлического масла, Тн	Моточас	
33.	Норма расхода трансмиссионного масла на 100 л топлива, n	л / 100л	
34.	Объем заливаемого трансмиссионного масла при ТО, V	Литр	
35.	Норма пробега до замены трансмиссионного масла, Тн	Моточас	
36.	Количество масляных фильтров в а/м, N	Штук	
37.	Количество шин, установленных на автомашине, n	Штук	
38.	Вес одной изношенной шины, m	Килограмм	
39.	Нормативный пробег или наработка до замены шин, Lн	Километр или моточас	
40.	Норма пробега до замены воздушного фильтра, Lн	Километр	
41.	Количество воздушных фильтров в а/м, N	Штук	
42.	Вес одного воздушного фильтра, g	Килограмм	
43.	Норма пробега до замены тормозных накладок и дисков сцепления, Lн	Километр или моточас	
44.	Вес тормозной накладки, $m_т$	Килограмм	
45.	Вес накладки сцепления, $m_с$	Килограмм	

Данные для заполнения таблицы инвентаризации необходимо взять из инструкции эксплуатации личного транспортного средства или типового транспорта в приложении 1.

Значения, представленные в соответствии с инвентаризационным листом, применяются при решении задач 1–4.

1.2. Оформление работы

Оформление работы осуществляется как в письменном формате в рабочей тетради, так и отдельно в электронном виде в формате Word, Excel. Согласно исходным данным и по вариантам по списку группы.

1.3. Контрольные вопросы

1. Что такое объект негативного воздействия на окружающую среду, какие основные характеристики ему присущи?

2. На какие компоненты окружающей среды оказывают воздействие промышленные предприятия?

3. Перечислите основные виды воздействия на окружающую среду. Приведите примеры.

4. Какие критерии качества установлены для окружающей среды?

5. Дайте характеристику воздействия предприятий на атмосферный воздух, какие виды воздействия на атмосферный воздух бывают?

6. Какие виды источников выбросов бывают? Какие источники выбросов загрязняющих веществ выделяют на автотранспортных предприятиях?

7. Какие основные загрязняющие вещества выделяются при работе транспортных средств, от каких параметров зависит объем выброса загрязняющих веществ?

8. Что такое предельно допустимый выброс?

9. Дайте характеристику воздействия предприятий на водные ресурсы, какие виды воздействия на гидросферу бывают?

10. Какие виды источников загрязнения гидросферы бывают на автотранспортных предприятиях?

11. Какие основные загрязняющие вещества при обслуживании транспортных средств могут поступать в водные объекты?

12. Что такое норматив допустимого сброса?

13. Дайте характеристику воздействия предприятий на земельные ресурсы и недра.

14. Каким образом будет оказывать воздействие на земельные ресурсы транспортное средство?

15. Что такое отходы производства и потребления?

16. От каких видов деятельности могут образовываться отходы? Приведите примеры.

17. В чем заключается деятельность в области обращения с отходами?

18. Что такое ФККО?

19. Сколько классов опасности отходов бывает? Как определить класс опасности отходов?

20. Каким образом устанавливается размер платы за негативное воздействие на окружающую среду?

21. Как определить ставку платы за НВОС?

1.4. Критерии оценивания

Оценка за практико-ориентированное задание определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки практической работы	***Количество баллов***
Правильность использования методики по каждой задаче (2 балла за каждую задачу)	
Правильность выполнения расчетов (2 балла за каждую задачу)	
Оформление работы	
Логичность изложения материала, аргументированность ответов	
Итого	

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАНИЙ

ЗАДАЧА 1. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ АВТОТРАНСПОРТА

Расчет загрязняющих веществ от автотранспорта выполняется в соответствии с методикой [4] по двум расчетным схемам:

1. Расчет выбросов от стоянок автотранспорта;
2. Расчет выбросов от внутренних проездов автотранспорта

Под стоянкой автомобилей понимается территория или помещение, предназначенные для хранения автомобилей в течение определенного периода времени. Автомобили могут размещаться:

- на обособленных открытых стоянках или в отдельно стоящих зданиях и сооружениях (закрытые стоянки), имеющих непосредственный въезд и выезд на дороги общего пользования;

- на открытых стоянках или в зданиях и сооружениях, не имеющих непосредственного въезда и выезда на дороги общего пользования и расположенных в границах объекта, для которого выполняется расчет.

На рисунке 1 приведена схема возможного размещения стоянок.

Схема 1.

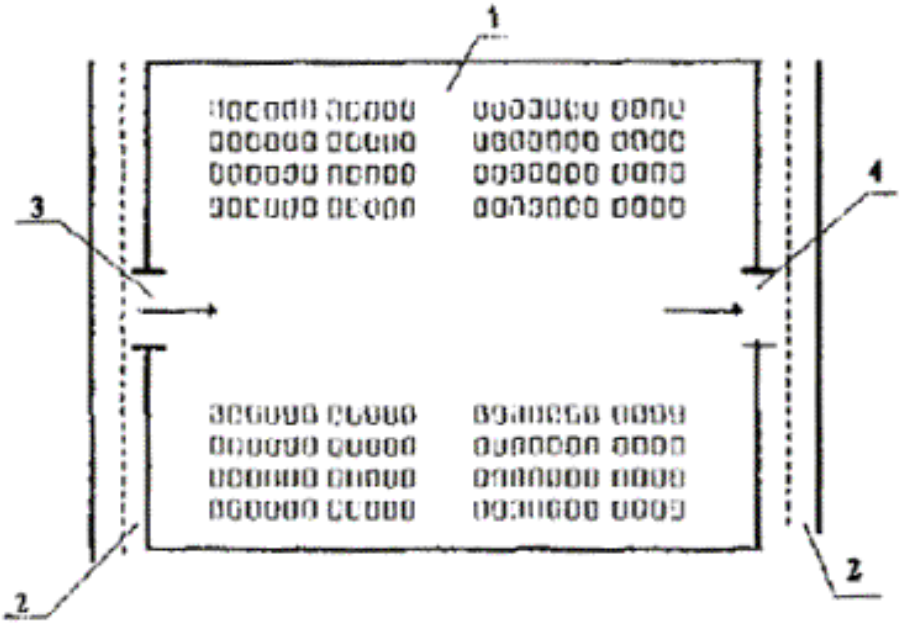


Схема 2.

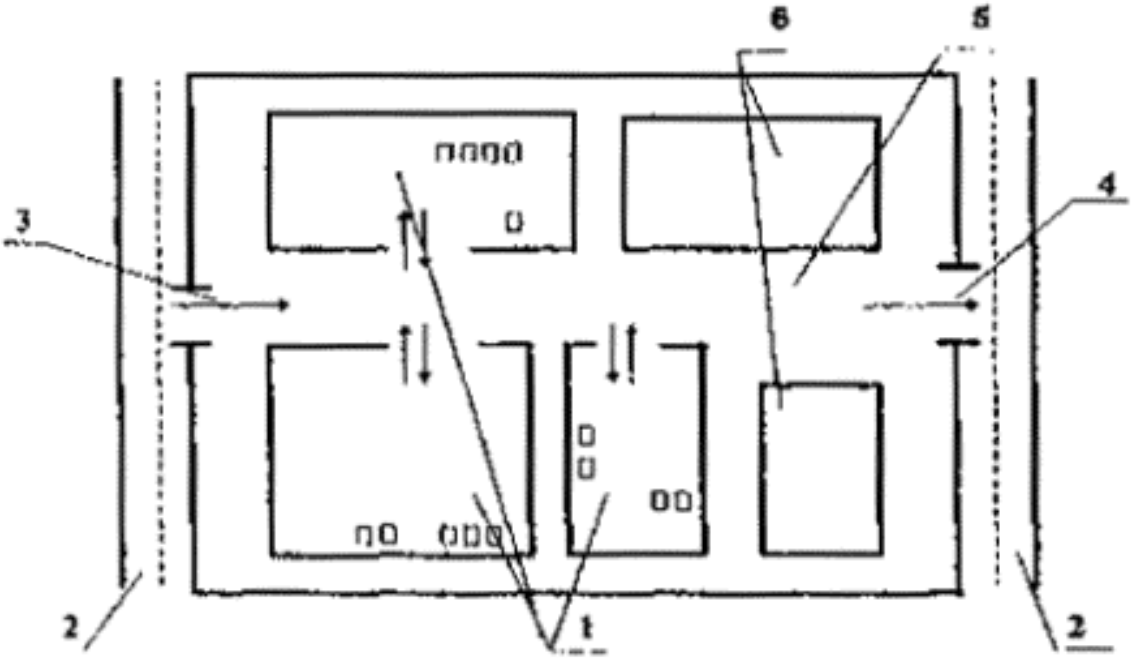


Рис. 1. Варианты размещения стоянок

1 - территория или помещение стоянки;

2 - дороги общего пользования;

3 - въезд с дороги общего пользования;

4 - выезд на дороги общего пользования;

5 - внутренние проезды;

6 - здания и сооружения, не предназначенные для стоянки автомобилей.

Валовый и максимально разовый выброс загрязняющих веществ определяются для каждой стоянки автомобилей и для каждого внутреннего проезда. Расчет выбросов загрязняющих веществ выполняется для загрязняющих веществ:

оксида углерода - CO,

углеводородов - CH,

оксидов азота - NO_x, в пересчете на диоксид азота NO_2 и NO,

соединений серы, в пересчете на диоксид серы - SO_2

соединений свинца - Pb.

Для автомобилей:

- с бензиновыми двигателями рассчитывается выброс CO, CH, NO_x, SO_2 и Pb (Pb - только для регионов, где используется этилированный бензин);

- с газовыми двигателями - CO, CH, NO_x, SO_2;

- с дизелями - CO, CH, NO_x, SO_2.

Выбросы i-го вещества одним автомобилем к-й группы в день при выезде с территории или помещения стоянки M_{1ik} и возврате M_{2ik} рассчитываются по формулам:

$$M_{1ik} = m_{прik} \cdot t_{пр} + m_{Lik} \cdot L_1 + m_{xxik} \cdot t_{xx1}, г \quad \textbf{(1.1)}$$

$$M_{2ik} = m_{Lik} \cdot L_2 + m_{xxik} \cdot t_{xx2}, г \quad \textbf{(1.2)}$$

Где $m_{прik}$ - удельный выброс i-го вещества при прогреве двигателя автомобиля к-й группы, г/мин;

m_{Lik} - пробеговый выброс i-го вещества, автомобилем к-й группы при движении со скоростью 10 - 20 км/час, г/км:

m_{xxik}- удельный выброс i-го вещества при работе двигателя автомобиля к-й группы на холостом ходу, г/мин;

$t_{пр}$ - время прогрева двигателя, мин;

L_1, L_2 - пробег автомобиля по территории стоянки, км;

t_{xx1}, t_{xx2}- время работы двигателя на холостом ходу при выезде с территории стоянки и возврате на неё (мин).

Значения удельных выбросов загрязняющих веществ $m_{прik}$, m_{Lik}, m_{xxik} для различных типов автомобилей представлены в табл. 1.1–1.18.

В таблицах применяются следующие обозначения:

тип двигателя: Б - бензиновый, Д - дизель, Г[1] - газовый (сжатый природный газ); при использовании сжиженного нефтяного газа удельные выбросы загрязняющих веществ равны выбросам при использовании бензина, выброс Pb отсутствует;

период года: Т - теплый, Х - холодный;

условия хранения автомобилей: БП - открытая или закрытая не отапливаемая стоянка без средств подогрева; СП - открытая стоянка, оборудованная средствами подогрева. Для теплых закрытых стоянок удельные выбросы загрязняющих веществ в холодный и переходный период года принимаются равными удельным выбросам в теплый период.

При установке на автомобилях каталитических нейтрализаторов к данным удельных выбросов, приведённых в таблицах 1.4–1.6, 1.14–1.15, применяются понижающие коэффициенты, указанные в примечаниях к таблицам. Введение понижающих коэффициентов к удельным выбросам, представленных в таблицах 1.1–1.3, 1.7–1.13 и 1.16–1.18, при использовании каталитических нейтрализаторов.

При проведении экологического контроля удельные выбросы загрязняющих веществ автомобилями снижаются, поэтому $m_{прik}$ и m_{xxik} должны пересчитываться по формулам:

$$m'_{прik} = m_{прik} K_i \ , г/мин \qquad \textbf{(1.3)}$$

$$m''_{xxik} = m_{xxik} K_i \ , г/мин \qquad \textbf{(1.4)}$$

Где K_i - коэффициент, учитывающий снижение выброса i-го загрязняющего вещества при проведении экологического контроля (табл. 1.19).

Периоды года (холодный, теплый, переходный) условно определяются по величине среднемесячной температуры. Месяцы, в которых среднемесячная температура ниже -5°С, относятся к холодному периоду,

[1] При использовании на автотранспортных средствах двигателей, работающих по газодизельному циклу, удельные выбросы принимаются равными выбросам при работе на дизельном топливе

месяцы со среднемесячной температурой выше +5 °С - к теплому периоду и с температурой от -5 °С до + 5 °С- к переходному Длительность расчетных периодов и среднемесячные температуры определяются по Справочнику по климату. Время прогрева двигателя $t_{пр}$ зависит от температуры воздуха (табл.1.20).

Средний пробег автомобилей по территории или помещению стоянки L_1 (при выезде) и L_2 (при возврате) определяется по формулам:

$$L_1 = \frac{L_{1Б} + L_{1Д}}{2}, \text{ км} \quad \textbf{(1.5)}$$

$$L_2 = \frac{L_{2Б} + L_{2Д}}{2}, \text{ км} \quad \textbf{(1.6)}$$

Где $L_{1Б}$, $L_{1Д}$ - пробег автомобиля от ближайшего к выезду и наиболее удаленного от выезда места стоянки до выезда со стоянки км,

$L_{2Б}$, $L_{2Д}$ - пробег автомобиля от ближайшего к въезду и наиболее удаленного от въезда места стоянки автомобиля до въезда на стоянку, км.

Продолжительность работы двигателя на холостом ходу при выезде (въезде) автомобиля со стоянки $t_{хх1} = t_{хх2} = 1$ мин

Валовый выброс i-го вещества автомобилями рассчитывается раздельно для каждого периода года по формуле:

$$M_j^i = \sum_{k=1}^{k} \alpha_в (M_{1Бk} + M_{2Бk}) N_k D_p 10^{-6}, \text{ т / год} \quad \textbf{(1.7)}$$

Где $\alpha_в$ - коэффициент выпуска (выезда);

N_K - количество автомобилей к-й группы на территории или в помещении стоянки за расчетный период;

D_p - количество дней работы в расчетном периоде (холодном, теплом, переходном);

j - период года (Т - теплый, П - переходный, Х - холодный); для холодного периода расчет M_i выполняется для каждого месяца

$$\alpha_B = \frac{N_{кв}}{N_к}, \qquad \textbf{(1.8)}$$

Где $N_{кв}$ - среднее за расчетный период количество автомобилей к-й группы, выезжающих в течение суток со стоянки.

Для станций технического обслуживания α_B определяется как отношение фактического количества автомобилей к-й группы, прошедших техническое обслуживание или ремонт за расчетный период, к максимально возможному количеству автомобилей.

Влияние холодного и переходного периодов года на выбросы загрязняющих веществ учитывается только для выезжающих автомобилей, хранящихся на открытых и закрытых неотапливаемых стоянках.

Для определения общего валового выброса M_i валовые выбросы одноименных веществ по периодам года суммируются:

$$M_i = M_i^T + M_i^П + M_i^X, \text{ т / год} \qquad \textbf{(1.9)}$$

Максимально разовый выброс i-го вещества G_i рассчитывается для каждого месяца по формуле:

$$G_i = \frac{\sum_{K=1}^{K} \left(m_{пр ik} t_{пр} + m_{Lik} L_1 + m_{хх ik} t_{хх1}\right) N'_k}{3600}, \text{ г / с} \qquad \textbf{(1.10)}$$

Где N'_k - количество автомобилей к-й группы, выезжающих со стоянки за 1 час, характеризующийся максимальной интенсивностью выезда автомобилей.

Из полученных значений G_i выбирается максимальное.

Полученные по формулам 1.9–1.10 результаты сводят в таблицу:

№ п.п.	***Загрязняющее вещество***	***Масса выброса***	
		Gi (г/с)	***Mi (т/год)***

Таблица 1.1.

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей легковых автомобилей

Рабочий объем двигателя, л	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{пр\,ik}$), г/мин																	
		CO			CH			NO_X			SO_2			Pb					
														АИ-93			А-92; А-76		
		T	X		T	X		T	X		T	X		T	X		T	X	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП
до 1,2	Б	2,6	5,1	3,4	0,26	0,40	0,32	0,02	0,03	0,02	0,008	0,010	0,009	0,005	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003
выше 1,2 до 1,8	Б	4,0	7,1	4,8	0,38	0,60	0,48	0,03	0,04	0,03	0,010	0,013	0,011	0,006	0,008	0,007	0,003	0,004	0,004
выше 1,8 до 3,5	Б	5,0	9,1	6,2	0,65	1,00	0,80	0,05	0,07	0,05	0,013	0,016	0,014	0,007	0,009	0,008	0,003	0,004	0,004
выше 3,5	Б	9,5	19,0	12,4	1,15	1,73	1,38	0,07	0,09	0,07	0,018	0,021	0,019	0,010	0,012	0,011	0,004	0,005	0,005

Таблица 1.2.

Пробеговые выбросы легковых автомобилей

Рабочий объем двигателя, л	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{Lik}), г/км											
		CO		CH		NO_X		SO_2		Pb			
										АИ-93		А-92; А-76	
		T	X	T	X	T	X	T	X	T	X	T	X
до 1,2	Б	13,8	17,3	1,3	1,9	0,23	0,23	0,040	0,050	0,019	0,024	0,009	0,011
свыше 1,2 до 1,8	Б	15,8	19,8	1,6	2,3	0,28	0,28	0,060	0,070	0,028	0,035	0,013	0,016
свыше 1,8 до 3,5	Б	17,0	21,3	1,7	2,5	0,40	0,40	0,070	0,090	0,035	0,044	0,016	0,021
свыше 3,5	Б	24,0	30,0	2,4	3,6	0,56	0,56	0,105	0,130	0,053	0,067	0,025	0,032

Примечания к таблицам 1.1–1.2:

1. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, $S0_2$ и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.
2. Пробеговые выбросы загрязняющих веществ для современных легковых автомобилей с улучшенными экологическими характеристиками принимаются по табл.1.5.
3. Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей современных легковых автомобилей с улучшенными экологическими характеристиками принимаются по табл. 1.4. Здесь и далее под легковыми автомобилями с улучшенными экологическими характеристиками понимаются:

а) автомобили зарубежного производства (кроме стран СНГ), выпущенные после 01.01.1994 г.

б) автомобили производства стран СНГ, оснащенные двигателями с впрыском топлива.

в) автомобили зарубежных моделей, собираемые по лицензии на территории стран СНГ.

Таблица 1.3.

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу легковыми автомобилями

Рабочий объем двигателя, л	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{xxk}), г/мин***					
		CO	***CH***	***NO_X***	***SO_2***	***Pb***	
						АИ-93	***А-92; А-76***
до 1,2	Б	2,5	0,20	0,02	0,008	0,005	0,002
свыше 1,2 до 1,8	Б	3,5	0,30	0,03	0,010	0,006	0,003
свыше 1.8 до 3,5	Б	4,5	0,40	0,05	0,012	0,007	0,003
свыше 3,5	Б	7,0	0,80	0,08	0,016	0,009	0,005

Таблица 1.4.

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей современных легковых автомобилей с улучшенными экологическими характеристиками

Рабочий, объем двигателя, л	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{прк}$), г/мин																			
		CO			CH			NO_x			C			SO_2			Pb				
																	АИ-93			А-92; А-76	
		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП
до 1,2	Б	2,3 1,2	4,5 2,4	2,9 1,6	0,18 0,08	0,27 0,12	0,22 0,10	0,01 0,01	0,02 0,02	0,01 0,01	-	-	-	0,008 0,007	0,009 0,008	0,008 0,007	0,004 0,004	0,005 0,005	0,005 0,005	0,002 0,002	0,003 0,003	0,003 0,003
	Д	0,14	0,21	0,17	0,06	0,07	0,06	0,06	0,09	0,07	0,002	0,004	0,003	0,032	0,038	0,034	-	-	-	-	-	-
свыше 1,2 до 1,8	Б	3,0 1,7	6,0 3,4	3,9 2,2	0,31 0,14	0,47 0,21	0,38 0,17	0,02 0,02	0,03 0,03	0,02 0,02	-	-	-	0,010 0,009	0,012 0,010	0,011 0,009	0,006 0,005	0,007 0,006	0,006 0,005	0,002 0,002	0,003 0,003	0,003 0,003
	Д	0,19	0,29	0,23	0,08	0,10	0,09	0,08	0,12	0,09	0,003	0,006	0,004	0,040	0,048	0,043	-	-	-	-	-	-
свыше 1,8 до 3,5	Б	4,5 2,9	8,8 5,7	5,7 3,7	0,44 0,18	0,66 0,27	0,53 0,22	0,03 0,03	0,04 0,04	0,03 0,03	-	-	-	0,012 0,011	0,014 0,013	0,013 0,012	0,007 0,006	0,009 0,008	0,008 0,007	0,003 0,003	0,004 0,004	0,004 0,004
	Д	0,35	0,53	0,42	0,14	0,17	0,15	0,13	0,20	0,16	0,005	0,010	0,007	0,048	0,058	0,052	-	-	-	-	-	-
свыше 3,5	Б	9,0 4,8	18,0 9,6	11,7 6,3	0,88 0,39	1,30 0,58	1,04 0,46	0,05 0,05	0,06 0,06	0,05 0,05	-	-	-	0,016 0,014	0,019 0,017	0,017 0,015	0,009 0,008	0,011 0,010	0,010 0,009	0,004 0,004	0,005 0,005	0,005 0,005
	Д	0,60	0,75	0,49	0,24	0,29	0,26	0,23	0,35	0,28	0,009	0,018	0,012	0,065	0,078	0,070	-	-	-	-	-	-

Примечания к таблицам 1.3–1.4:

1. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе с впрыском топлива.
2. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода года. Выбросы NO_X, принимаются равными выбросам в холодный период.
3. Для автомобилей, оборудованных сертифицированными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов в таблице должны умножаться на коэффициенты:
для CO - на 0,7, CH и NO_X - на 0,8 при установке 3-компонентных нейтрализаторов,
для CO - на 0,7, CH - на 0,8 при установке 2-компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).
Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту на нейтрализатор или инструкции по эксплуатации автомобиля.
4. Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу современными легковыми автомобилями с улучшенными экологическими характеристиками принимаются по табл.1.5.

Таблица 1.5.

Пробеговые выбросы современных легковых автомобилей, с улучшенными экологическими характеристиками

Рабочий, объем двигателя, л	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{Lik}), г/км***													
		CO		***CH***		***NO_X***		***C***		***SO_2***		***Pb***			
												АИ-93		***А-92; А-76***	
		T	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***
до 1,2	Б	7,5 5,3	9,3 6,6	1,0 0,8	1,5 1,2	0,14 0,14	0,14 0,14	-	-	0,036 0,032	0,045 0,041	0,017 0,015	0,021 0,019	0,008 0,007	0,010 0,009
	Д	0,8	0,9	0,1	0,2	0,80	0,80	0,04	0,06	0,143	0,178	-	-	-	-
свыше 1,2 до 1,8	Б	9,4 6,6	11,8 8,3	1,2 1,0	1,8 1,5	0,17 0,17	0,17 0,17	-	-	0,054 0,049	0,068 0,061	0,025 0,022	0,031 0,028	0,012 0,010	0,015 0,013
	Д	1,0	1,2	0,2	0,3	1,10	1,10	0,06	0,09	0,214	0,268	-	-	-	-
свыше 1,8 до 3,5	Б	13,2 9,3	16,5 11,7	1,7 1,4	2,5 2,1	0,24 0,24	0,24 0,24	-	-	0,063 0,057	0,079 0,071	0,032 0,028	0,040 0,036	0,015 0,013	0,019 0,017
	Д	1,8	2,2	0,4	0,5	1,90	1,90	0,10	0,15	0,250	0,313	-	-	-	-
свыше 3,5	Б	18,8 13,3	23,5 16,6	2,4 2,0	3,6 3,0	0,34 0,34	0,34 0,34	-	-	0,097 0,087	0,121 0,109	0,049 0,044	0,061 0,055	0,023 0,020	0,029 0,025
	Д	3,1	3,7	0,7	0,8	2,40	2,40	0,15	0,23	0,350	0,481	-	-	-	-

Таблица 1.6.

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу современными легковыми автомобилями с улучшенными экологическими характеристиками

Рабочий, объем двигателя, л	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (m^{mx}_{xxik}), г/мин***						
		CO	***CH***	***NO_X***	***C***	***SO_2***	***Pb***	
							АИ-93	***А-92; А-76***
до 1,2	Б	1,5 0,8	0,15 0,07	0,01 0,01	-	0,007 0,006	0,004 0,004	0,002 0,002
	Д	0,1	0,04	0,05	0,002	0,032	-	-
свыше 1,2 до 1,8	Б	2,0 1,1	0,25 0,11	0,02 0,02	-	0,009 0,008	0,005 0,004	0,002 0,002
	Д	0,1	0,06	0,07	0,003	0,040	-	-
свыше 1,8 до 3,5	Б	3,5 1,9	0,35 0,15	0,03 0,03	-	0,011 0,010	0,006 0,005	0,003 0,003
	Д	0,2	0,10	0,12	0,005	0,048	-	-

Рабочий, объем двигателя, л	*Тип двигателя*	*Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{xxik}), г/мин*						
		CO	*CH*	*NO_X*	*C*	*SO_2*	*Pb*	
							АИ-93	*А-92; А-76*
свыше 3,5	Б	6,0 3,2	0,70 0,31	0,05 0,05	-	0,015 0,013	0,008 0,007	0,004 0,004
	Д	0,4	0,17	0,21	0,008	0,065	-	-

Примечания к таблицам 1.5–1.6:
1 В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с впрыском топлива.
2. Для автомобилей, оборудованных сертифицированными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:
2. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.
3. Для автомобилей, оборудованных сертифицированными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:
для CO - на 0,2, CH и NO_X - на 0,3 при установке 3-компонентных нейтрализаторов;
для CO - на 0,2, CH - на 0,3 при установке 2-компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа)
Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту на нейтрализатор или инструкции по эксплуатации автомобиля

Таблица 1.7.

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей грузовых автомобилей, произведенных в странах СНГ

Грузоподъемность, т	*Тип двигателя*	*Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{прik}$), г/мин*																				
		CO			*CH*			*NO_X*			*C*			*SO_2*			*Pb*					
		T	*X*		*T*	*X*		*T*	*X*		*T*	*X*		*T*	*X*		*АИ-93*			*А-92; А-76*		
			БП	*СП*		*БП*	*СП*		*БП*	*СП*		*БП*	*СП*		*БП*	*СП*	*T*	*X*		*T*	*X*	
																		БП	*СП*		*БП*	*СП*
2	Б	5,0	9,1	6,2	0,65	1,00	0,80	0,05	0,07	0,05	-	-	-	0,013	0,016	0,014	0,007	0,009	0,008	0,003	0,004	0,004
	Д	1,5	2,4	1,9	0,20	0,50	0,30	0,40	0,60	0,40	0,01	0,040	0,026	0,054	0,065	0,059	-	-	-	-	-	-
свыше 2 до 5	Б	15,0	28,1	18,3	1,50	3,80	2,50	0,20	0,30	0,20	-	-	-	0,020	0,025	0,022	-	-	-	0,005	0,006	0,005
	Г	7,6	14,3	9,3	0,89	2,20	1,50	0,20	0,30	0,20	-	-	-	0,018	0,023	0,020	-	-	-	-	-	-
	Д	1,9	3,1	2,5	0,30	0,60	0,40	0,50	0,70	0,50	0,02	0,080	0,040	0,072	0,086	0,077	-	-	-	-	-	-
свыше 5 до 8	Б	18,0	33,2	19,5	2,60	6,60	4,10	0,20	0,30	0,20	-	-	-	0,028	0,036	0,032	-	-	-	0,006	0,008	0,007
	Г	9,2	16,9	10,0	1,53	3,90	2,40	0,20	0,30	0,20	-	-	-	0,026	0,033	0,029	-	-	-	-	-	-
	Д	2,8	4,4	3,6	0,38	0,80	0,50	0,60	0,80	0,60	0,03	0,120	0,060	0,090	0,108	0,097	-	-	-	-	-	-
свыше 8 до 16	Б	18,0	33,2	19,5	2,60	6,60	4,10	0,20	0,30	0,20	-	-	-	0,028	0,036	0,032	-	-	-	0,006	0,008	0,007
	Д	3,0	8,2	5,3	0,40	1,10	0,70	1,00	2,00	1,00	0,04	0160	0,080	0,113	0,136	0,122	-	-	-	-	-	-
свыше 16	Д	3,0	8,2	5,3	0,40	1,10	0,70	1,00	2,00	1,00	0,04	0,160	0,080	0,113	0,136	0,122	-	-	-	-	-	-

Примечания:
1. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.
2. При комплектации автомобилей дизелями, удовлетворяющими требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принимаются по таблице 1.10.

Таблица 1.8

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ грузовыми автомобилями, произведенными в странах СНГ

Грузоподъемность, т	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{Lik}), г/км***													
		CO		***CH***		***NO_X***		***C***		***SO_2***		***Pb***			
												АИ-93		***А-92; А-76***	
		T	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***m***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***
до 2	Б	22,7	28,5	2,8	3,5	0,6	0,6	-	-	0,09	0,11	0,044	0,054	0,021	0,026
	Д	2,3	2,8	0,6	0,7	2,2	2,2	0,15	0,20	0,33	0,41	-	-	-	-
свыше 2 до 5	Б	29,7	37,3	5,5	6,9	0,8	0,8	-	-	0,15	0,19	-	-	0,035	0,043
	Г	15,2	19,0	3,3	4,1	0,8	0,8	-	-	0,14	0,17	-	-	-	-
	Д	3,5	4,3	0,7	0,8	2,6	2,6	0,20	0,30	0,39	0,49	-	-	-	-
свыше 5 до 8	Б	47,4	59,3	8,7	10,3	1,0	1,0	-	-	0,18	0,22	-	-	0,044	0,054
	Г	24,2	30,2	5,1	6,1	1,0	1,0	-	-	0,16	0,20	-	-	-	-
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5	0,25	0,35	0,45	0,56	-	-	-	-
свыше 8 до 16	Б	79,0	98,8	10,2	12,4	1,8	1,8	-	-	0,24	0,28	-	-	0,059	0,069
	Д	6,1	7,4	1,0	1,2	4,0	4,0	0,30	0,40	0,54	0,67	-	-	-	-
свыше 16	Д	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	4,5	0,40	0,50	0,78	0,97	-	-	-	-

Таблица 1.9.

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу грузовыми автомобилями, произведенными в странах СНГ

Грузоподъемность, т	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{xxik}), г/мин***						
		CO	***CH***	***NO_X***	***C***	***SO_2***	***Pb***	
							АИ-93	***А-92; А-76***
до 2	Б	4,5	0,40	0,05		0,012	0,007	0,003
	Д	0,8	0,20	0,16	0,015	0,054	-	-
свыше 2 до 5	Б	10,2	1,70	0,20	-	0,020	-	0,005
	Г	5,2	1,00	0,20	-	0,018	-	-
	Д	1,5	0,25	0,50	0,020	0,072	-	-
свыше 5 до 8	Б	13,5	2,20	0.20	-	0,029	-	0,006
	Г	6,9	1,30	0,20	-	0,026	-	-
	Д	2,8	0,35	0,60	0,030	0,090	-	-

Грузоподъемность, т	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{xxk}), г/мин						
		CO	CH	NO_X	C	SO_2	Pb	
							АИ-93	А-92; А-76
свыше 8 до 16	Б	13,5	2,90	0,20	-	0,029	-	0,006
	Д	2,9	0,45	1,00	0,040	0,100	-	-
свыше 6	Д	2,9	0,45	1,00	0,040	0,100	-	-

Примечания к таблицам 1.8–1.9:

1. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, $S0_2$ и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.
2. При комплектации автомобилей дизелями, удовлетворяющими требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принимаются по таблице 1.10–1.11.
3. Для грузовых автомобилей, оборудованных сертифицированными 2-компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бензине значения выбросов CO должны умножаться на коэффициент 0,2, CH - 0,3.

Таблица 1.10.

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей иностранных грузовых автомобилей выпуска после 01.01.94 г.

Грузоподъемность, т	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{прik}$), г/мин																				
		CO			CH			NO_X			C			SO_2			Pb					
		T	X		T	X		T	X		T	X		T	X		АИ-93			А-92; А-76		
			БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП	T	X		T	X	
																		БП	СП		БП	СП
до 2	Б	4,5 2,9	8,8 5,7	5,7 3,7	0,44 0,16	0,66 0,24	0,53 0,21	0,03 0,03	0,04 0,04	0,03 0,03	-	-	-	0,012 0,011	0,014 0,013	0,013 0,012	0,007 0,006	0,009 0,008	0,008 0,007	0,003 0,003	0,004 0,004	0,004 0,004
	Д	0,35	0,53	0,42	0,14	0,17	0,15	0,13	0,20	0,16	0,005	0,010	0,007	0,048	0,058	0,052	-	-	-	-	-	-
свыше 2 до 5	Д	0,58	0,87	0,70	0,25	0,30	0,27	0,22	0,33	0,26	0,008	0,016	0,011	0,065	0,078	0,070	-	-	-	-	-	-
свыше 5 до 8	Д	0,86	1,29	1,03	0,38	0,46	0,41	0,32	0,48	0,38	0,012	0,024	0,016	0,081	0,097	0,087	-	-	-	-	-	-
свыше 8 до 18	Д	1,34	2,00	1,60	0,59	0,71	0,64	0,51	0,77	0,62	0,019	0,038	0,025	0,100	0,120	0,108	-	-	-	-	-	-
свыше 18	Д	1,65	2,50	2,00	0,80	0,96	0,86	0,62	0,93	0,74	0,023	0,046	0,030	0,112	0,134	0,121	-	-	-	-	-	-

Примечания:

1. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с впрыском топлива.
2. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.

Таблица 1.11

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ иностранными грузовыми автомобилями выпуска после 01.01.94 г.

Грузоподъемность, т	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{Lik}), г/км***													
		CO		***CH***		***NO_X***		***C***		***SO_2***		***Pb***			
												АИ-93		***А-92; А-76***	
		T	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***
до 2	Б	15, 8 11,2	19,8 14,0	2,0 1,7	2,9 2,5	0,3 0,3	0,3 0,3	-	-	0,080 0,070	0,100 0,090	0,038 0,034	0,047 0,043	0,018 0,016	0,022 0,020
	Д	1,8	2,2	0,4	0,5	1,9	1,9	0,10	0,15	0,250	0,313	-	-	-	-
свыше 2 до 5	Д	2,9	3,5	0,5	0,6	2,2	2,2	0,13	0,20	0,340	0,430	-	-	-	-
свыше 5 до 8	Д	4,1	4,9	0,6	0,7	3,0	3,0	0,15	0,23	0,400	0,500	-	-	-	-
свыше 8 до 16	Д	4,9	5,9	0,7	0,8	3,4	3,4	0,20	0,30	0,475	0,590	-	-	-	-
свыше 16	Д	6,0	7,2	0,8	1,0	3,9	3,9	0,30	0,45	0,690	0,860	-	-	-	-

Таблица 1.12

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу иностранными грузовыми автомобилями выпуска после 01.01.94 г.

Грузоподъемность, т	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{xxik}), г/мин***						
		CO	***CH***	***NO_X***	***C***	***SO_2***	***Pb***	
							АИ-93	***А-92; А-76***
до 2	Б	3,5 1,9	0,35 0,15	0,03 0,03	-	0,011 0,010	0,006 0,005	0,003 0,003
	Д	0,22	0,11	0,12	0,005	0,048	-	-
свыше 2 до 5	Д	0,36	0,18	0,20	0,008	0,065	.	
свыше 5 до 8	Д	0,54	0,27	0,29	0,012	0,081	-	-
свыше 8 до 16	Д	0,84	0,42	0,46	0,019	0,100	-	.
свыше 16	Д	1,03	0,57	0,56	0,023	0,112	-	-

Примечания к таблицам 1.11–1.12:

1. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с впрыском топлива.
2. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.
3. Для грузовых автомобилей, оборудованных штатными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:

для CO - на 0,2, CH и NO_X - на 0,3 при установке 3-компонентных нейтрализаторов;

для CO - на 0,2, CH на 0,3 при установке 2-компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).

Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту нейтрализатора или инструкции по эксплуатации на автомобиль.

Таблица 1.13

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей автобусов, произведенных в странах СНГ

Класс автобуса (габаритная длина, м)	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{пр}^{k}$), г/мин											
		CO			CH			NO_X			C		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП
Особо малый (до 5,5)	Б	5,0	9,1	6,2	0,65	1,00	0,80	0,05	0,07	0,05	-	-	-
	Д	1,5	2,4	1,9	0,20	0,50	0,30	0,40	0,60	0,40	0,010	0,040	0,026
Малый (6,0 - 7,5)	Б	15,0	28,1	18,3	1,50	3,80	2,50	0,20	0,30	0,20	-	-	-
	Д	1,9	3,1	2,5	0,30	0,60	0,40	0,50	0,70	0,50	0,020	0,080	0,040
Средний (8,0 - 10,0)	Б	18,0	33,2	19,5	2,60	6,60	4,10	0,20	0,30	0,20	-	-	-
	Д	2,8	4,4	3,6	0,40	0,80	0,50	0,60	0,80	0,60	0,030	0,120	0,068
Большой (10,5 - 12,0)	Б	22,8	42,0	24,8	3,10	7,70	5,00	0,20	0,30	0,20	-	-	-
	Д	4,6	8,2	5,3	0,45	1,10	0,70	1,00	2,00	1,00	0,040	0,160	0,080
Особо большой (сочлененный 16,5 - 24,0)	Д	4,6	8,2	5,3	0,45	1,10	0,70	1,00	2,00	1,00	0,040	0,160	0,080

Продолжение таблицы 1.13

Класс автобуса (габаритная длина, м)	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{пр}^{k}$), г/мин								
		SO_2			Pb					
					АИ-93			А-92; А-76		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП
Особо малый (до 5,5)	Б	0,013	0,016	0,014	0,007	0,009	0,008	0,003	0,004	0,004
	Д	0,054	0,065	0,059	-	-	-	-	-	-
Малый (6,0 - 7,5)	Б	0,020	0,025	0,022	-	-	-	0,005	0,006	0,005
	Д	0,072	0,086	0,077	-	-	-	-	-	-
Средний (8,0 - 10,0)	Б	0,028	0,036	0,032	-	-	-	0,005	0,008	0,007
	Д	0,090	0,108	0,097	-	-	-	-	-	-
Большое (10,5 - 12,0)	Б	0,033	0,043	0,039	-	-	-	0,006	0,009	0,008
	Д	0,113	0,136	0,122	-	-	-	-	-	-
Особо большой (сочлененный 16,5 - 24,0)	Д	0,113	0,136	0,122	-	-	-	-	-	-

Примечания:

1. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.
2. При комплектации автобусов дизелями, удовлетворяющими требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принимаются по таблице 1.16.

Таблица 1.14

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ автобусами, произведенными в странах СНГ

Класс автобуса (габаритная длина, м)	*Тип двигателя*	*Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{Lik}), г/км*													
		CO		*CH*		*NO_X*		*C*		*SO_2*		*Pb*			
												АИ-93		*А-92; А-76*	
		T	*X*	*T*	*X*	*T*	*X*	*T*	*X*	*T*	*X*	*T*	*X*	*T*	*X*
Особо малый (до 5,5)	Б	22,7	28,5	2,8	3,5	0,6	0,6	-	-	0,09	0,11	0,040	0,054	0,021	0,026
	Д	2,3	2,8	0,6	0,7	2,2	2,2	0,15	0,20	0,33	0,41	-	-	-	-
Малый (6,0–7,5)	Б	29,7	37,3	5,5	6,9	0,8	0,8	-	-	0,15	0,19	-	-	0,035	0,043
	Д	3,5	4,3	0,7	0,8	2,6	2,6	0,20	0,30	0,39	0,49	-	-	-	-
Средний (8,0–10,0)	Б	47,4	59,3	8,7	10,3	1,0	1,0	-	-	0,18	0,22	-	-	0,044	0,054
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5	0,20	0,30	0,45	0,56	-	-	-	-
Большой (10,5–12,0)	Б	55,3	68,8	9,9	11,9	1,2	1,2	-	-	0,22	0,26	-	-	0,053	0,065
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5	0,25	0,35	0,45	0,56	-	-	-	-
Особо большой (сочлененный, 16,5–24,0)	Д	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	4,5	0,30	0,40	0,78	0,97	-	-	-	-

Таблица 1.15

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу автобусами, произведенными в странах СНГ

Класс автобуса (габаритная длина, м)	*Тип двигателя*	*Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{xxik}), г/мин*						
		CO	*CH*	*NO_X*	*C*	*SO_2*	*Pb*	
							АИ-93	*А-92; А-76*
Особо малый (до 5,5)	Б	4,5	0,40	0,05	-	0,012	0,007	0,003
	Д	0,8	0,20	0,16	0,01	0,054	-	-
Малый (6,0–7,5)	Б	10,2	1,70	0,20	-	0,020	-	0,005
	Д	1,5	0,25	0,50	0,02	0,072	-	-
Средний (8,0–10,0)	Б	13,5	2,20	0,25	-	0,029	-	0,006
	Д	2,8	0,30	0,60	0,03	0,090	-	-
Большой (10,5–12,0)	Б	17,2	2,80	0,30	-	0,029	-	0,007
	Д	3,5	0,40	0,80	0,04	0,100	-	-
Особо большой (сочлененный 16,5–24,0)	Д	3,5	0,40	0,80	0,04	0,100	-	-

Примечания:

1. При комплектации автобусов дизелями, удовлетворяющими требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принимаются по таблице 1.17 и 1.18.

2. Для автобусов, оборудованных сертифицированными 2-компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бензине значения выбросов CO должны умножаться на коэффициент 0,2, CH - 0,3.

3. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.

Таблица 1.16

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей иностранных автобусов выпуска после 01.01.94 г.

Класс автобуса (габаритная длина, м)	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ ($M_{прik}$), г/мин***																				
		CO			***CH***			***NOx***			***C***			***SO₂***			***Pb***					
																	АИ-93			***А-92; А-76***		
		T	***X***		***T***	***X***		***T***	***X***		***T***	***X***		***T***	***X***		***T***	***X***		***T***	***X***	
			БП	***СП***		***БП***	***СП***		***БП***	***СП***		***БП***	***СП***		***БП***	***СП***		***БП***	***СП***		***БП***	***СП***
Особо малый (до 5,5)	Б	4,5 2,9	8,8 5,7	5,7 3,7	0,44 0,16	0,66 0,24	0,53 0,21	0,03 0,03	0,04 0,04	0,03 0,03	-	-	-	0,012 0,011	0,014 0,013	0,013 0,012	0,007 0,006	0,009 0,008	0,008 0,007	0,003 0,003	0,004 0,004	0,004 0,004
	Д	0,35	0,53	0,42	0,14	0,17	0,15	0,13	0,20	0,16	0,005	0,010	0,007	0,048	0,058	0,052	-	-	-	-	-	-
Малый (6,0–7,5)	Д	0,48	0,72	0,58	0,21	0,25	0,23	0,23	0,35	0,28	0,007	0,014	0,010	0,056	0,067	0,060	-	-	-	-	-	-
Средний (8,0–10,0)	Д	1,22	1,82	1,46	0,53	0,64	0,58	0,57	0,86	0,68	0,016	0,032	0,021	0,084	0,100	0,091	-	-	-	-	-	-
Большой (10,5–12,0)	Д	1,49	2,23	1,78	0,66	0,79	0,71	0,69	1,04	0,83	0,020	0,040	0,030	0,100	0,120	0,108	-	-	-	-	-	-
Особо большой сочлененный 16,5–24,0)	Д	1,49	2,23	1,78	0,66	0,79	0,71	0,69	1,04	0,83	0,020	0,040	0,030	0,100	0,120	0,108	-	-	-	-	-	-

Таблица 1.17

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ иностранными автобусами выпуска после 01.01.94 г.

Класс автобуса (габаритная длина, м)	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (M_{Lik}), г/км***													
		CO		***CH***		***NOx***		***C***		***SO₂***		***Pb***			
												АИ-93		***А-92; А-76***	
		T	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***	***T***	***X***
Особо малый (до 5,5)	Б	15,8 11,2	19,8 14,0	2,0 1,7	2,9 2,5	0,3 0,3	0,3 0,3	-	-	0,080 0,070	0,100 0,090	0,038 0,034	0,047 0,043	0,018 0,016	0,022 0,020
	Д	1,8	2,2	0,4	0,5	1,9	1,9	0,10	0,15	0,250	0,313	-	-	-	-
Малый (6,0 - 7,5)	Д	2,9	3,5	0,5	0,6	2,2	2,2	0,13	0,20	0,340	0,430	-	-	-	-
Средний (8,0 - 10,0)	Д	4,1	4,9	0,6	0,7	3,0	3,0	0,15	0,23	0,400	0,500	-	-	-	-
Большой (10,5 - 12,0)	Д	4,9	5,9	0,7	0,8	3,4	3,4	0,20	0,30	0,475	0,590	-	-	-	-
Особо большой (сочлененный, 16,5 - 24,0)	Д	5,5	6,7	0,8	1,0	3,8	3,8	0,25	0,35	0,600	0,780	-	-	-	-

Примечания к таблицам 1.16-1.17:
1. В числителе приведены данные для автобусов, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с впрыском топлива.
2. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_X, равны выбросам в холодный период.
3. Значения выбросов для автобусов Икарус с двигателями Д2156 НМ6U и D2156 НМ6UT принимаются по табл. 1.13–1.14
4. Для автобусов, оборудованных штатными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:
для CO - на 0,2, CH и NO_X - на 0,3 при установке 3-компонентных нейтрализаторов;
для CO - на 0,2, CH - на 0,3 при установке 2-компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).
Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту нейтрализатора или инструкции по эксплуатации на автомобиль.

Таблица 1.18

Удельные выбросы загрязняющих веществ из холостом ходу иностранными автобусами выпуска после 01.01.94 г.

Класс автобуса (габаритная длина, м)	***Тип двигателя***	***Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{xxk}), г/мин***						
		CO	***CH***	***NO_X***	***C***	***SO_2***	***Pb***	
							АИ-93	***А-92; А-76***
Особо малый (до 5,5)	Б	3,50 1,90	0,35 0,15	0,03 0,03	-	0,011 0,010	0,006 0,005	0,003 0,003
	Д	0,22	0,11	0,12	0,005	0,048	-	-
Малый (6,0 - 7,5)	Д	0,30	0,15	0,21	0,007	0,056	-	-
Средний (8,0 - 10,0)	Д	0,76	0,38	0,52	0,016	0,084	-	-
Большой (10,5 - 12,0)	Д	0,93	0,47	0,63	0,020	0,100	-	-
Особо большой (сочлененный 16,5 - 24,0)	Д	0,93	0,47	0,63	0,020	0,100	-	-

Примечания:
1. В числителе приведены данные для автобусов, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с впрыском топлива.
2. Значения выбросов для автобусов Икарус с двигателями Д2156 НМ6U и D2156 НМ6UT принимаются по табл. 1.15
3. Для автобусов, оборудованных штатными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:
для CO - на 0,2, CH и NO_X - на 0,3 при установке 3-компонентных нейтрализаторов;
для CO - на 0,2, CH - на 0,3 при установке 2-компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).
Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту нейтрализатора или инструкции по эксплуатации на автомобиль.

Таблица 1.19

Значения коэффициентов снижения удельных выбросов

Тип двигателя	**Значения k_i**					
	CO	**CH**	**NO_X**	**C**	**SO_2**	**Pb**
Б	0,80	0,90	1,00	-	0,95	0,95
Д	0,90	0,90	1,00	0,80	0,95	-

Таблица 1.20

Время прогрева двигателя $t_{пр}$ в зависимости от температуры воздуха (открытые и закрытые не отапливаемые стоянки)

Категория автомобиля	***Время прогрева $t_{пр}$, мин.***						
	выше 5 ℃	***ниже 5 ℃ до -5 ℃***	***ниже -5 ℃ до -10 ℃***	***ниже -10 ℃ до -15 ℃***	***ниже -15 ℃ до -20 ℃***	***ниже -20 ℃ до -25 ℃***	***ниже -25 ℃***
Легковой автомобиль	3	4	10	15	15	20	20
Грузовой автомобиль и автобус	4	6	12	20	25	30	30
Количество дней с установленной температурой для г. Екатеринбург	120	92	21	90	15	10	7

Примечания:

1. При хранении автомобилей на теплых закрытых стоянках принимаются значения $t_{пр}$ = 1,5 мин
2. Для маршрутных автобусов, хранящихся на открытых стоянках без средств подогрева при температуре воздуха ниже -10 °С, принимается $t_{пр}$ = 8 мин. при условии периодического прогрева двигателя по 15 мин. Этот дополнительный выброс должен учитываться при расчете выбросов по формуле 1.1.
3. При хранении грузовых автомобилей и автобусов на открытых стоянках, оборудованных средствами подогрева, при температуре воздуха ниже - 5 °С $t_{пр}$ = 6 мин., при хранении легковых автомобилей - $t_{пр}$ = 4 мин.
4. В неучтенных ситуациях $t_{пр}$ может приниматься по фактическим замерам.

ЗАДАЧА 2. РАСЧЕТ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ ОТ МОЙКИ АВТОТРАНСПОРТА

Определение нормативов допустимого сброса от мойки транспортных средств осуществляется в соответствии с требованиями методических рекомендаций [5].

При осуществлении мойки транспортных средств в окружающую среду поступают следующие вещества [6]:

Взвешенные вещества;

Нефтепродукты;

СПАВ;

Хлориды (солесодержание в зимний период);

Железо;

Тетрахлорсвинец;

Величины НДС определяются для всех категорий водопользователей по формуле:

$$НДС = q_{ст} \cdot C_{НДС} \quad \textbf{(2.1)}$$

где, $q_{ст}$ – максимальный часовой расход сточных вод, м^3/ч (м^3/год);

$C_{НДС}$ – допустимая концентрация загрязняющего вещества, г/м^3 (т/м^3).

При этом должны выполняться следующие условия:

$C_{НДС} = C_{ПДК}$, в том случае, если в расчетном створе $C_i \geq C_{ПДК,}$ тогда сброс *i*-го загрязняющего вещества невозможен;

$C_{НДС} = C_{ст,}$ в том случае, если в расчетном створе $C_i < C_{ПДК,}$ тогда сброс *i*-го загрязняющего вещества допускается.

Таким образом, величина фактического сброса сточной воды после мойки автотранспортного средства равна:

$$Gi = q_{ст} \cdot C_{ст}, \text{ г/час} \quad (2.2)$$

$$Mi = k \cdot q_{ст} \cdot C_{ст} \cdot 10^{-6} \text{ т/год} \quad (2.3)$$

Где, k – количество моек в год, раз

Величина нормативного сброса сточной воды после мойки автотранспортного средства равна:

$$Gi = q_{ст} \cdot C_{НДС} \quad (2.4)$$

$$Mi = k \cdot q_{ст} \cdot C_{НДС} \cdot 10^{-6} \quad (2.5)$$

Где, k – количество моек в год, раз

Величина допустимой концентрации *i*-го загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$C_i = C_ф + \frac{C_{ст}+C_ф}{n} \quad (2.6)$$

где, $C_{ст}$ – концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, г/м^3;

$C_ф$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, г/м^3;

n – кратность общего разбавления сточных вод в водотоке.

Определить кратность разбавления сточных вод расчетном створе при сбросе сточных вод в водоем культурно – бытового назначения, находящийся на расстоянии ($L\phi$) - 500 м от места выпуска сточных вод, можно по формуле:

$$n = \frac{q+\gamma \cdot Q}{q} \quad (2.7)$$

γ - коэффициент смешения, показывающий какая часть речного расхода смешивается со сточными, в том числе дренажными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа:

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{1-exp\left(-\alpha \cdot \sqrt[3]{L_ф}\right)}{1+\frac{Q}{q} \cdot exp\left(-\alpha \cdot \sqrt[3]{L_ф}\right)}} \quad \textbf{(2.8)}$$

α- коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке:

$$\boldsymbol{\alpha = \phi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}}} \quad \textbf{(2.9)}$$

φ - коэффициент извилистости (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой);

ξ - коэффициент, зависящий от места выпуска сточных, в том числе дренажных вод (при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске в стрежень реки $\xi = 1{,}5$);

D - коэффициент турбулентной диффузии, м^2/с

$$\boldsymbol{D = \frac{g \cdot V_{ср} \cdot H_{ср}}{M_ш \cdot C_ш}} \quad \textbf{(2.10)}$$

g - ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с^2;

Vср - средняя скорость течения реки, м/с;

Нср - средняя глубина реки, м;

Мш - коэффициент шероховатости ложа реки;

Сш - коэффициент Шези.

$$\boldsymbol{M_ш = 0{,}7 \cdot C_ш + 6} \quad \textbf{(2.11)}$$

Качество и состав сточной воды для автотранспортных предприятий приведен в таблице 2.1 с учетом расхода воды на одну единицу транспортного средства.

В приложении 2 приведены данные по вариантам для водотоков

Таблица 2.1

Характеристика сточных вод от участков мойки транспорта

ЗВ	***ПДК, ($C_{ПДК}$) мг/л***	***Концентрация ($C_{ст}$) мг/л***		
		легковой	***грузовой***	***автобус***
Взвешенные вещества	0,25	2800	3420	2260
Нефтепродукты	0,3	100	100	55
СПАВ	0,5	900	900	900
Хлориды (солесодержание в зимний период)	350	1850	1850	1370
Железо	0,3	5,0	5,0	5,0
Сухой остаток	1000	10000	10000	10000
Тетрахлорсвинец	0	0,02	0,02	0,02
Температура	+3ºС от естественной температуры воды водного объекта	40	40	40
БПКполн	6 мгO_2/л	140	140	80
pH	6,5-8,5	8	8	8
Удельный расход воды на мойку, (q) $м^3$/сут	х	0,11	0,20	0,22

Полученные по формулам 2.2–2.5 результаты сводят в таблицу:

№ п.п.	***Загрязняющее вещество***	***Фактическая масса сброса***		***Норматив сброса***	
		(г/ч)	***(т/год)***	***(г/ч)***	***(т/год)***

ЗАДАЧА 3. РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ОТ АВТОТРАНСПОРТА

Расчет нормативов образования отходов от автотранспорта осуществляется в соответствии с методиками [7-8]

При техническом обслуживании и ремонте автомобильной, дорожной техники образуются следующие типы отходов:

1. Отходы аккумуляторов свинцовых отработанных;
2. Отходы масел моторных / гидравлических / трансмиссионных отработанных;
3. Отходы промасленной ветоши;
4. Отходы отработанных масляных и воздушных фильтров;
5. Отходы лома цветных и черных металлов;
6. Покрышки пневматических шин с металлическим кордом
7. Тормозные колодки отработанные

Годовой норматив образования отхода определяется по формуле:

$$Но = \frac{М}{g.} \quad \textbf{(3.1)}$$

Где, М - количество отходов, образующихся за единицу времени в тоннах;
g – планируемый годовой объем выпускаемой продукции, перерабатываемого сырья, выполненных услуг, относительно которых рассчитан норматив образования отходов.

Для определения норматива образования отходов аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с электролитом (код ФККО 9 20 110 01 53 2) используют формулу:

$$\mathbf{M = N * n * m_{ак} * 0{,}001 / T,\ т/год} \quad \textbf{(3.2)}$$

Где, N – количество транспортных средств, шт;

n - количество аккумуляторов на ед. техники, шт;

Т - нормативный срок службы аккумулятора, лет, (Т = 3 года);

$m_{ак}$ - масса одного аккумулятора с электролитом, кг;

Определение норматива образования отходов минеральных масел моторных (код ФККО 4 06 110 01 31 3), минеральных масел гидравлических, не содержащих галогены (код ФККО 4 06 120 01 31 3), отходы минеральных масел трансмиссионных (код ФККО 4 06 150 01 31 3) осуществляют по формулам в зависимости от типа транспортного средства:

а) для автомобильной техники:

$$\mathbf{M = N * q * L * n * H * \rho * 0{,}0000001,\ т/год} \qquad \mathbf{(3.3)}$$

Где, N – количество транспортных средств, шт;

q - норма расхода топлива на 100 км пробега, л/100 км:

L - средний годовой пробег автомобиля, тыс. км/год;

n - норма расхода моторного / гидравлического / трансмиссионного масла на 100 л топлива, л/100л.;

Н - норма сбора отработанных нефтепродуктов, доли от 1, (Н = 0,15);

ρ - плотность отработанного масла, кг/л, (ρ = 0,9)

б) для дорожной техники:

$$\mathbf{M = N * V * T * k * \rho * 0{,}001 / T_н,\ т/год} \qquad \mathbf{(3.4)}$$

Где, N – количество транспортных средств, шт;

V - объем заливаемого моторного / гидравлического / трансмиссионного масла при ТО, л.;

Т - годовой пробег, моточас;

k - коэффициент полноты слива масла, (k = 0,9);

Тн - норма пробега до замены масла, моточас.

Расчет годового норматива образования обтирочных материалов, загрязненных нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов 15% и более) (код ФККО 9 19 204 01 60 3) при обслуживании и ремонте автомобильной техники:

$$M = q * L / 1000000, \text{ т/год} \quad (3.5)$$

Где, L - суммарный годовой пробег, км (моточас);

q - норматив образования ветоши, кг /10 тыс. км (моточас), (q = 1,05…3,0);

Расчет годового норматива образования лома и отходов, содержащих несортированные цветные и черные металлы в виде изделий (код ФККО 4 62 011 92 20 4) осуществляется по формуле 3.5, где значение q характеризуется как норматив образования лома цветных металлов, кг/10 тыс. км (100 моточас) и применяется равным в диапазоне от 0,1 до 31 кг.

Годовой норматив образования отходов фильтров очистки масла автотранспортных средств отработанных (код ФККО 9 21 302 01 52 3) и фильтров воздушных автотранспортных средств отработанных (код ФККО 9 21 301 01 52 4) рассчитывается по формуле:

$$M = N * g * (L / L_н) * 0,001, \text{ т/год} \quad (3.6)$$

Где, N – количество масляных / воздушных фильтров в а/м, шт;

L - среднегодовой пробег, тыс. км;

Lн - норма пробега до замены масляного / воздушного фильтра, тыс. км;

g - вес одного масляного фильтра, кг g = (0,05–5,0)

Расчет годового норматива образования покрышек пневматических шин с металлическим кордом отработанных (код ФККО 9 21 130 02 50 4) осуществляется по формуле:

$$M = N * n * m * (L / L_н) * 0,001, \text{ т/год} \quad (3.7)$$

Где, N – количество транспортных средств, шт;

n - количество шин, установленных на автомашине, шт;

m - вес одной изношенной шины, кг;

L - годовой пробег (км) или наработка (моточас);

Lн - нормативный пробег (км) или наработка (моточас) до замены шин.

Расчет годового норматива образования отходов тормозных колодок, отработанных без накладок асбестовых (код ФККО 9 20 310 01 52 5) осуществляется по формуле:

$$M = (L / L_н) * (m_т + m_c) * k * 0{,}001, \text{ т/год} \quad (3.8)$$

Где, L - суммарный годовой пробег (км) или наработка (моточас);

Lн - норма пробега до замены тормозных накладок и дисков сцепления, км (моточас);

$m_т$ - вес тормозной накладки, кг;

mc - вес накладки сцепления, кг;

k - коэффициент, учитывающий степень износа, (k = 0,9).

Итоговые значения годовых нормативов образования отходов производства и потребления, определенных по формулам 3.2–3.8, заносятся в таблицу:

N п/п	***Наименование вида отхода***	***Код по ФККО***	***Класс опасности***	***Отходообразующий вид деятельности, процесс***	***Годовой норматив образования отхода, Но, т***
Всего по каждому классу опасности					
ИТОГО					

ЗАДАЧА 4. РАСЧЕТ РАЗМЕРА ПЛАТЫ ЗА НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТ ЭКСЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА

Расчет размера платы за негативное воздействие на окружающую среду осуществляется на основании с методики [9].

Плата за негативное воздействие осуществляется:

а) выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками (далее - выбросы загрязняющих веществ);

б) сбросы загрязняющих веществ в водные объекты (далее - сбросы загрязняющих веществ);

в) хранение, захоронение отходов производства и потребления (далее - размещение отходов).

Плата в пределах (равных или менее) нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ либо в соответствии с отчетом об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля, отчетностью о выбросах вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух для объектов, оказывающих негативное воздействие, III категории или сбросов загрязняющих веществ ($П_{нд}$) рассчитывается по формуле:

$$П_{нд} = \sum_{i=1}^{n} М_{нді} \times Н_{плі} \times К_{от} \times К_{нд}\ , \qquad \textbf{(4.1)}$$

Где, $М_{нді}$ - платежная база за выбросы или сбросы i-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как масса или объем выбросов загрязняющих веществ или сбросов загрязняющих веществ в количестве равном либо менее установленных нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ или сбросов загрязняющих веществ, тонна (куб. м);

$Н_{плі}$ - ставка платы за выброс или сброс i-го загрязняющего вещества в соответствии с постановлением N 913, рублей/тонна (рублей/куб. м);

$К_{от}$ - дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2;

$К_{нд}$ - коэффициент к ставкам платы за выброс или сброс i-го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах нормативов допустимых выбросов, нормативов допустимых сбросов, равный 1;

n - количество загрязняющих веществ.

Плата за размещение отходов в пределах лимитов на размещение отходов, а также в соответствии с отчетностью об образовании, утилизации, обезвреживании и о размещении отходов, представляемой субъектами малого и среднего предпринимательства согласно законодательству Российской Федерации в области обращения с отходами ($П_{лр}$), рассчитывается по формуле:

$$П_{лр} = \sum_{j=1}^{m} М_{лj} \times Н_{плj} \times К_{от} \times К_{л} \times К_{ст} , \quad \textbf{(4.2)}$$

Где, $М_{лj}$ - платежная база за размещение отходов j-го класса опасности, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как масса или объем размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов на размещение отходов, тонна (куб. м);

$Н_{плj}$ - ставка платы за размещение отходов j-го класса опасности в соответствии с постановлением N 913, постановлением N 758, рублей/тонна (рублей/куб. м);

$К_{л}$ - коэффициент к ставке платы за размещение отходов j-го класса опасности за объем или массу отходов производства и потребления, размещенных в пределах лимитов на их размещение, а также в соответствии с отчетностью об образовании, использовании, обезвреживании и о размещении отходов производства и потребления, представляемой в соответствии с

законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами, равный 1;

$К_{ст}$ - стимулирующий коэффициент к ставке платы за размещение отходов j-го класса опасности, принимаемый в соответствии с пунктом 6 статьи 16.3 Федерального закона "Об охране окружающей среды";

m - количество классов опасности отходов.

Плата в пределах временно разрешенных выбросов, временно разрешенных сбросов, превышающих нормативы допустимых выбросов или сбросов, технологические нормативы ($П_{вр}$), рассчитывается по формуле:

$$П_{вр} = \sum_{i=1}^{n} М_{врi} \times Н_{плi} \times К_{от} \times К_{вр} \text{ ,} \quad \textbf{(4.3)}$$

Где, $М_{врi}$ - платежная база за выброс или сброс i-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом выбросов загрязняющих веществ или сбросов загрязняющих веществ в количестве, равном либо менее временно разрешенных выбросов, временно разрешенных сбросов, и массой или объемом выбросов загрязняющих веществ или сбросов загрязняющих веществ в пределах установленных нормативов допустимых выбросов (сбросов), технологических нормативов, тонна (куб. м);

$К_{вр}$ - коэффициент к ставкам платы за выброс или сброс i-го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах установленных временно разрешенных выбросов, временно разрешенных сбросов загрязняющих веществ, равный 5.

Плата за размещение отходов с превышением установленных лимитов на их размещение либо указанных в декларации о воздействии на окружающую среду, а также при выявлении превышения фактических значений размещенных отходов над указанными в отчетности об образовании,

утилизации, обезвреживании и о размещении отходов производства и потребления, представляемой субъектами малого и среднего предпринимательства в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами ($П_{сл}$), рассчитывается по формуле:

$$П_{сл} = \sum_{j=1}^{m} М_{слj} \times Н_{плj} \times К_{от} \times К_{ст} \times К_{сл} \text{ ,} \quad \textbf{(4.4)}$$

Где, $М_{слj}$ - платежная база за размещение отходов j-го класса опасности, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом размещенных отходов и массой или объемом установленных лимитов на их размещение, тонна (куб. м);

$К_{сл}$ - коэффициент к ставке платы за размещение отходов j-го класса опасности за объем или массу отходов, размещенных с превышением установленных лимитов на их размещение либо указанных в декларации о воздействии на окружающую среду, а также с превышением объема или массы отходов, указанных в отчетности об образовании, использовании, обезвреживании и о размещении отходов производства и потребления, представляемой субъектами малого и среднего предпринимательства в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами, равный 5.

Плата при превышении выбросов загрязняющих веществ или сбросов загрязняющих веществ, установленных соответственно в комплексном экологическом разрешении, декларации о воздействии на окружающую среду, ($П_{ср}$), рассчитывается по формуле:

$$П_{ср} = \sum_{i=1}^{n} М_{срi} \times Н_{плi} \times К_{от} \times К_{ср} \text{ ,} \quad \textbf{(4.5)}$$

Где, $М_{срi}$ - платежная база за выброс или сброс соответствующего i-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за

отчетный период как разница между массой или объемом выбросов или сбросов загрязняющих веществ в количестве, превышающем установленные в соответствующих разрешениях выбросы или сбросы загрязняющих веществ, и массой или объемом временно разрешенных выбросов, временно разрешенных сбросов либо при их отсутствии нормативно допустимых выбросов или сбросов загрязняющих веществ, тонна (куб. м);

$К_{ср}$ - коэффициент к ставкам платы за выброс или сброс соответствующего i-го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные разрешениями на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, разрешениями на сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, равный 25.

В целях стимулирования юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную и (или) иную деятельность, к проведению мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и внедрению наилучших доступных технологий при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду к ставкам такой платы применяются следующие коэффициенты:

- **коэффициент 0** - за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах технологических нормативов после внедрения наилучших доступных технологий на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду; за объем или массу отходов производства и потребления, подлежащих накоплению и фактически утилизированных с момента образования в собственном производстве в соответствии с технологическим регламентом или переданных для утилизации в течение срока, предусмотренного законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами;

- **коэффициент 1** - за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах нормативов допустимых выбросов, нормативов допустимых сбросов; за объем или массу отходов производства и потребления, размещенных в пределах лимитов на их размещение, а также в соответствии с отчетностью об образовании, утилизации, обезвреживании, о размещении отходов производства и потребления, представляемой в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами;

- **коэффициент 25** - за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах временно разрешенных выбросов, временно разрешенных сбросов, а также за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные для объектов III категории нормативы допустимых выбросов, нормативы допустимых сбросов; за объем или массу отходов производства и потребления, размещенных с превышением установленных лимитов на их размещение либо указанных в декларации о воздействии на окружающую среду, а также в отчетности об образовании, утилизации, обезвреживании, о размещении отходов производства и потребления, представляемой в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами;

- **коэффициент 100** - за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные для объектов I категории такие объем или массу, а также превышающих указанные в декларации о воздействии на окружающую среду для объектов II категории такие объем или массу.

В целях стимулирования юридических и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную и (или) иную деятельность, к проведению мероприятий по снижению негативного

воздействия на окружающую среду при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду при размещении отходов к ставкам такой платы применяются следующие коэффициенты:

коэффициент 0 при размещении отходов V класса опасности добывающей промышленности посредством закладки искусственно созданных полостей в горных породах при рекультивации земель и почвенного покрова (в соответствии с разделом проектной документации "Перечень мероприятий по охране окружающей среды" и (или) техническим проектом разработки месторождения полезных ископаемых);

коэффициент 0,3 при размещении отходов производства и потребления, которые образовались в собственном производстве, в пределах установленных лимитов на их размещение на объектах размещения отходов, принадлежащих юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю на праве собственности либо ином законном основании и оборудованных в соответствии с установленными требованиями;

коэффициент 0,5 при размещении отходов IV, V классов опасности, которые образовались при утилизации ранее размещенных отходов перерабатывающей и добывающей промышленности;

коэффициент 0,67 при размещении отходов III класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания отходов II класса опасности;

коэффициент 0,49 при размещении отходов IV класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания отходов III класса опасности;

коэффициент 0,33 при размещении отходов IV класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 01.03 2022 г. N 274 «О применении в 2022 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду» определены ставки платы за НВОС на текущий год.

В 2022 г. ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду будут применяться с коэффициентом 1,19. Ставка платы за выбросы пыли каменного угля в атмосферу стационарными источниками составит 67,12 руб. за тонну.

Ставки платы приведены в приложении 3.

Полученные по формулам 4.1–4.5 результаты сводят в таблицу:

№ п.п.	***Загрязняющее вещество / класс опасности***	***Масса выброса / сброса / отхода М (т/год)***		***Сумма платы за НВОС***
		В пределах установленного лимита	***Сверхлимитная***	
Плата за выбросы ЗВ				
Пата за сбросы ЗВ				
Плата за размещение отходов				
ИТОГО				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Минприроды России от 19.11.2021 N 871 «Об утверждении Порядка проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.11.2021 N 66125).

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.07.2019 N 891 «Об утверждении Правил проведения инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду»

3. Приказ Минприроды России от 25.02.2010 N 49 «Об утверждении Правил инвентаризации объектов размещения отходов» (Зарегистрировано в Минюсте России 08.06.2010 N 17520).

4. Министерство транспорта Российской Федерации «Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)». М, 1998, (Согласовано Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды и гидрометеорологии 26.08.1998 г. N 05–12/16–389).

5. Приказ Минприроды России от 29.12.2020 N 1118 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61973).

6. ОНТП-01-91. РД 3107938-0176-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта (Утверждено протоколом концерна «Росавтотранс» 07.08.1991 N 3)

7. Приказ Минприроды России от 07.12.2020 N 1021 «Об утверждении методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение» (Зарегистрировано в Минюсте России 25.12.2020 N 61835).

8. «Методические рекомендации по расчету нормативов образования отходов для автотранспортных предприятий», С-Пб, 2003 (Утвержден НИИ Атмосфера, Госкомприроды РФ, 01.01.2003)

9. Постановление Правительства РФ от 03.03.2017 N 255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» (вместе с «Правилами исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду»)

10. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 N 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов»

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П.1

Характеристики типовых транспортных средств

№ п.п.	*Показатель*	*Ед. изм*	*Значение*		
	Параметры транспортного средства				
1.	Тип транспортного средства (Грузовой, Легковой, Автобус)	Б / Д / Г	Грузовой	Легковой	Автобус
2.	Марка транспортного средства	-	КамАЗ	Hyundai H-1	Икарус
3.	Год выпуска	год	1992	2005	1998
4.	Тип двигателя (Карбюраторный, Инжекторный, Дизельный)	-	Диз	Бенз	Диз
5.	Тип используемого топлива (Бензин, Газ, Дизельное топливо)	-	ДТ	Бенз	ДТ
6.	Объем двигателя (для легковых)	Литр	-	2,5	-
7.	Грузоподъемность (для грузовых)	Тонн	10	-	-
8.	Габаритная длина (для автобусов)	Метр	-	-	4
9.	Количество выездов в сутки	Раз / день	2	2	2
10.	Количество выездов за 1 час	Раз	1	1	1
11.	Время работы ДВС на территории стоянки в сутки	Час	0,5	0,2	0,3
12.	Время прогрева двигателя, $t_{пр}$ Холодный период Переходный период Теплый период	Минут	 25 15 5	 20 10 5	 25 15 5
13.	Время работы двигателя на холостом ходу при выезде с территории стоянки и возврате на неё, $t_{хх1}$, $t_{хх2}$	Минут	1	1	1
14.	Количество рабочих дней в год	Дней	220	360	150
15.	Наличие контроля токсичности выхлопных газов, периодичность	Раз / день	-	-	-
16.	Количество ТО и ТР за год	Раз / год	1	1	1
17.	Количество моек транспортного средства, k	Раз / год	12	24	12
	Параметры стоянки транспортного средства				
18.	Тип стоянки (открытая или закрытая неотапливаемая стоянка; открытая стоянка, оборудованная средствами подогрева; теплая закрытая стоянка (гараж); многоэтажная неотапливаемая стоянка; теплая закрытая многоэтажная стоянка (гараж))	БП / СП	БП	СП	БП
19.	Пробег техники до выезда со стоянки, L_1	километр	0,04	0,1	0,01
20.	Пробег техники до въезда со стоянки, L_2	километр	0,04	0,1	0,01
21.	Протяженность внутреннего проезда	километр	0,04	0,1	0,01

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П.2

Исходные данные

№ варианта	Характеристики водного объекта						Сф (мг/л)							
	Q ($м^3/с$)	Hср (м)	Vср (м)	Сш (м/с)	T (^oC)	φ	Взвешенные вещества	Нефтепродукты	СПАВ	Хлориды (солесодержание в зимний период)	Железо	Сухой остаток	Свинец	$БПК_{полн}$
1	12,000	1,0	1,5	20	4,0	1,00	0,05	0,022	0	10	0,01	240	0,001	2,5
2	13,000	1,1	1,6	21	4,5	1,01	0,06	0,023	0,0001	11	0,02	243	0,002	2,6
3	14,000	1,2	1,7	22	5,0	1,02	0,07	0,024	0,0002	12	0,03	246	0,003	2,7
4	15,000	1,3	1,8	23	5,5	1,03	0,08	0,025	0,0003	13	0,04	249	0,004	2,8
5	16,000	1,4	1,9	24	6,0	1,00	0,09	0,026	0,0004	14	0,05	252	0,005	2,9
6	1,000	1,5	2,0	25	6,5	1,01	0,10	0,027	0,0005	15	0,06	255	0	3,0
7	2,000	1,6	2,1	26	7,0	1,02	0,11	0,028	0,0006	16	0,07	258	0,001	3,1
8	3,000	1,7	2,2	27	7,5	1,03	0,12	0,029	0,0007	17	0,08	261	0,002	3,2
9	4,000	1,8	2,3	28	8,0	1,00	0,13	0,03	0,0008	18	0,09	264	0,003	3,3
10	5,000	1,9	2,4	29	8,5	1,01	0,14	0,031	0,0009	19	0,10	267	0,004	3,4
11	0,001	2,0	2,5	30	9,0	1,02	0,15	0,032	0,001	20	0,11	270	0,005	3,5
12	0,002	2,1	2,6	20	9,5	1,03	0,16	0,033	0,0011	21	0,12	273	0	3,6
13	0,003	2,2	2,7	21	10,0	1,00	0,17	0,034	0,0012	22	0,13	276	0,001	3,7
14	0,004	2,3	2,8	22	10,5	1,01	0,18	0,035	0	23	0,14	279	0,002	3,8
15	0,005	2,4	2,9	23	11,0	1,02	0,19	0,036	0,0001	24	0,15	282	0,003	3,9
16	0,006	2,5	3,0	24	11,5	1,03	0,20	0,037	0,0002	25	0,16	285	0,004	4,0
17	0,007	2,6	3,1	25	12,0	1,00	0,21	0,038	0,0003	26	0,17	288	0,005	4,1
18	0,008	2,7	3,2	26	12,5	1,01	0,22	0,039	0,0004	27	0,18	291	0	4,2
19	0,009	2,8	3,3	27	13,0	1,02	0,23	0,04	0,0005	28	0,19	294	0,001	4,3
20	0,010	2,9	3,4	28	13,5	1,03	0,24	0,041	0,0006	29	0,20	297	0,002	4,4
21	0,011	3,0	3,5	29	14,0	1,00	0,25	0,042	0,0007	30	0,21	300	0,003	4,5
22	0,012	3,1	3,6	30	14,5	1,01	0,26	0,043	0,0008	10	0,22	303	0,004	4,6
23	0,013	3,2	3,7	20	15,0	1,02	0,27	0,044	0,0009	11	0,23	306	0,005	4,7
24	0,014	3,3	3,8	21	15,5	1,03	0,28	0,045	0,001	12	0,24	309	0	4,8
25	0,015	3,4	3,9	22	16,0	1,00	0,29	0,046	0,0011	13	0,25	312	0,001	4,9
26	0,016	3,5	4,0	23	16,5	1,01	0,30	0,047	0,0012	14	0,26	315	0,002	5,0
27	0,017	3,6	4,1	24	17,0	1,02	0,31	0,048	0	15	0,27	318	0,003	5,1
28	0,018	3,7	4,2	25	17,5	1,03	0,32	0,049	0,0001	16	0,28	321	0,004	5,2
29	0,019	3,8	4,3	26	18,0	1,00	0,33	0,001	0,0002	17	0,29	324	0,005	5,3
30	0,020	3,9	4,4	27	18,5	1,01	0,34	0,002	0,0003	18	0,30	327	0	5,4
31	0,021	4,0	4,5	28	19,0	1,02	0,35	0,003	0,0004	19	0,31	330	0,001	5,5
32	0,022	4,1	4,6	29	19,5	1,03	0,36	0,004	0,0005	20	0,32	333	0,002	5,6
33	1,150	4,2	4,7	30	20,0	1,00	0,37	0,005	0,0006	21	0,33	336	0,003	5,7
34	3,160	4,3	4,8	20	20,5	1,01	0,38	0,006	0,0007	22	0,34	339	0,004	5,8

№ варианта	Характеристики водного объекта						Сф (мг/л)							
	Q ($м^3/с$)	Hср (м)	Vср (м)	Сш (м/с)	T (^oC)	φ	Взвешенные вещества	Нефтепродукты	СПАВ	Хлориды (солесодержание в зимний период)	Железо	Сухой остаток	Свинец	$БПК_{полн}$
35	5,170	4,4	4,9	21	21,0	1,02	0,39	0,007	0,0008	23	0,35	342	0,005	5,9
36	7,180	4,5	5,0	22	21,5	1,03	0,40	0,008	0,0009	24	0,36	345	0	6,0
37	9,190	4,6	5,1	23	22,0	1,00	0,41	0,009	0,001	25	0,37	348	0,001	6,1
38	11,200	4,7	5,2	24	22,5	1,01	0,42	0,010	0,0011	26	0,38	351	0,002	6,2
39	13,210	4,8	5,3	25	23,0	1,02	0,43	0,011	0,0012	27	0,39	354	0,003	6,3
40	15,220	4,9	5,4	26	23,5	1,03	0,44	0,012	0	28	0,40	357	0,004	6,4
41	17,230	5,0	5,5	27	24,0	1,00	0,45	0,013	0,0001	29	0,41	360	0,005	6,5
42	19,240	5,1	5,6	28	24,5	1,01	0,46	0,014	0,0002	30	0,42	363	0	6,6
43	21,250	5,2	2,5	29	25,0	1,02	0,47	0,015	0,0003	10	0,43	366	0,001	6,7
44	23,260	5,3	2,6	30	25,5	1,03	0,48	0,016	0,0004	11	0,44	369	0,002	6,8
45	25,270	5,4	2,7	25	26,0	1,00	0,49	0,017	0,0005	12	0,45	372	0,003	6,9
46	27,280	5,5	2,8	26	26,5	1,01	0,50	0,018	0,0006	13	0,46	375	0,004	4,9
47	29,290	5,6	2,9	27	27,0	1,02	0,51	0,019	0,0007	14	0,47	378	0,005	5,0
48	31,300	5,7	3,0	28	27,5	1,03	0,52	0,020	0,0008	15	0,48	381	0	5,1
49	33,310	5,8	1,5	29	12,0	1,00	0,53	0,021	0,0009	16	0,49	384	0	5,2
50	35,320	5,9	1,6	30	12,5	1,02	0,54	0,022	0,001	17	0,50	387	0	5,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П.3

Ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду (рублей)

Наименование загрязняющих веществ		Ставки платы за 1 тонну загрязняющих веществ (отходов производства и потребления)		
		2016 год	2017 год	2018 год
I. Ставки платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками				
1.	Азота диоксид	133,1	138,8	138,8
2.	Азота оксид	89,6	93,5	93,5
3.	Взвешенные вещества	35,1	36,6	36,6
4.	Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	17492,5	18244,1	18244,1
5.	Серы диоксид	43,5	45,4	45,4
6.	Углерода оксид	1,5	1,6	1,6
7.	Углеводороды предельные С1-С5 (исключая метан)	103,5	108	108
8.	Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	3,1	3,2	3,2
9.	Бензин сланцевый (в пересчете на углерод)	105	109,5	109,5
10.	Керосин	6,4	6,7	6,7
11.	Минеральное масло	43,5	45,4	45,4
II. Ставки платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты				
12.	Аммоний-ион	1140,6	1190,2	1190,2
13.	Аммиак	14105,6	14711,7	14711,7
14.	Железо	5702,9	5950,8	5950,8
15.	Нефтепродукты (нефть)	14105,6	14711,7	14711,7
16.	Нитрат-анион	14,3	14,9	14,9
17.	Нитрит-анион	7129,1	7439	7439
18.	Свинец	95039,9	99172,1	99172,1
19.	АСПАВ (анионные синтетические поверхностно-активные вещества)	1142,6	1192,3	1192,3
20.	Сульфат-анион (сульфаты)	5,8	6	6
21.	Сульфиды	114048,7	119007,4	119007,4
22.	Тетраэтилсвинец	70523113	73553403	73553403
23.	Хлорид-анион (хлориды)	2,3	2,4	2,4
24.	Хром трехвалентный	8145,5	8499,6	8499,6
25.	Хром шестивалентный	28512,2	29751,8	29751,8
26.	БПК полн.	233	243	243
27.	Взвешенные вещества	937	977,2	977,2
28.	Сухой остаток	0,5	0,5	0,5
III. Ставки платы при размещении отходов)				
29.	Отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные)	4452,4	4643,7	4643,7
30.	Отходы II класса опасности (высокоопасные)	1908,2	1990,2	1990,2
31.	Отходы III класса опасности (умеренно опасные)	1272,3	1327	1327
32.	Отходы IV класса опасности (малоопасные) (за исключением твердых коммунальных отходов IV класса опасности (малоопасные)	635,9	663,2	663,2
33.	Отходы V класса опасности (практически неопасные):			
34.	добывающей промышленности	1	1,1	1,1
35.	перерабатывающей промышленности	38,4	40,1	40,1
36.	прочие	16,6	17,3	17,3

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

ММ. ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНОВ

СГ.10 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Специальность
15.02.16 ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Программа подготовки специалистов среднего звена
Форма обучения: очная

Автор: Самигуллина В.А. – преподаватель СПО

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Природообустройства и водопользования	ГМФ
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой	Председатель
(подпись)	*(подпись)*
Гревцев Н.В.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 08.09.2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
1. Пояснительная записка 4
2. УРОВНИ, ФОРМЫ И ВИДЫ СРС 7
3. Методы и приемы самостоятельной работы студентов 10
3.1. Работа с научной литературой 10
3.2. Методические рекомендации по составлению конспекта 13
3.3. Подготовка реферата (доклада) 16
3.4. Создание материалов-презентаций 21
3.5. Практико-ориентированные задания для самостоятельного выполнения 25

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов (далее – **СРС**) являются **обязательной частью** учебно-методических комплексов учебных дисциплин, реализуемых на Инженерно-экономическом факультете «Уральского государственного горного университета» по всем направлениям подготовки.

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов наряду с методическими рекомендациями по подготовке к семинарским / практическим занятиям и работе с лекционным материалом; по формам текущего, промежуточного и итогового контроля; по подготовке курсовых работ; по подготовке и защите выпускных квалификационных работ составляют единый комплекс методического обеспечения УМК каждой учебной дисциплины.

Цель методических рекомендаций СРС:

определить роль и место самостоятельной работы студентов в учебном процессе;

конкретизировать ее уровни, формы и виды;

обобщить методы и приемы выполнения определенных типов учебных заданий, традиционных для математического и естественнонаучного образования;

объяснить критерии оценивания.

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

СРС – 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 (возможно частичное непосредственное участие преподавателя при сохранении ведущей роли студентов).

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней.

Задачи СРС:

систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

углубление и расширение теоретической подготовки

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 практических занятиях, и в дальнейшей

реализации при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к текущей и промежуточной аттестации.

Функции СРС:

развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);

информационно-обучающая (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);

ориентирующая и стимулирующая (процессу обучения придается ускорение и мотивация);

воспитательная (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста и гражданина);

исследовательская (новый уровень профессионально-творческого мышления).

В основе СРС лежат следующие принципы:

развития творческой деятельности;

целевого планирования;

личностно-деятельностного подхода.

СРС – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом.

Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины.

Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами по образовательным программам различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Планируемые результаты грамотно организованной СРС предполагают:

усвоение знаний, формирование профессиональных умений, навыков и компетенций будущего специалиста;

закрепление знания теоретического материала практическим путем;

воспитание потребности в самообразовании;

максимальное развитие познавательных и творческих способностей личности;

побуждение к научно-исследовательской работе;

повышение качества и интенсификации образовательного процесса; формирование интереса к избранной профессии и овладению ее особенностями;

осуществление дифференцированного подхода в обучении.

применение полученных знаний и практических навыков для анализа ситуации и выработки правильного решения, для формирования собственной позиции, теории, модели.

Достижение планируемых результатов позволит придать инновационный характер современному естественнонаучному образованию, а, следовательно, решить задачи его модернизации.

Реализация СРС осуществляется в соответствии с графиком СРС по каждой учебной дисциплине. Выбор учебных заданий определяется учебным

планом по всем направлениям подготовки. При этом учитывается количество часов, отведенных на контролируемую СРС и СРС, не предполагающую выделение дополнительных часов на осуществление контроля преподавателем.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся (СРО)

Суммарный объем часов на СРО *очной формы обучения* составляет 30 часов.

п/п	***Виды самостоятельной работы***	***Единица измерения***	***Норма времени, час***	***Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.***	***Принятая трудоемкость СРО, час.***
1.	Повторение материала уроков	1 час	0,1-4,0	0,1 х 10 = 1	1
2.	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	0,3 х 6 = 1,8	1,8
3.	Подготовка к семинарским занятиям	1 тема	1,0-8,0	1,0 х 1 = 1	1
4.	Подготовка к защите доклада	1 тема	1,0-8,0	1,0 х 1 = 1	1
5.	Подготовка к зачету	1 тема	0,1-0,75	0,12 х 10 =1,2	1,2
	Итого:				6

Руководство самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций, контроль – на практических и лекционных занятиях, индивидуальных консультациях, зачёте.

2. УРОВНИ, ФОРМЫ И ВИДЫ СРС

Для индивидуализации образовательного процесса СРС можно разделить на базовую и дополнительную.

Базовая СРС обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям и контрольным мероприятиям для дисциплины. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях и в качестве

выполненных практических работ, тестовых заданий, сделанных докладов и других форм текущего контроля. Базовая СРС может включать следующие ***формы*** работ:

изучение лекционного материала, предусматривающие проработку конспекта лекций и учебной литературы;

выполнение домашнего задания, выдаваемых на практических занятиях;

подготовка к практическим занятиям;

написание реферата по заданной проблеме.

Дополнительная СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины. К ней относятся:

подготовка к промежуточной аттестации;

поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;

изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение;

исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;

анализ научной публикации по заранее определенной преподавателем теме;

анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов и др.

В рамках освоения дисциплины **«Экологические основы природопользования»** выделяется два ***вида*** самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

1. **Аудиторная** самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданиям. Основными ***формами*** самостоятельной работы студентов с участием преподавателя являются:

- текущие консультации;
- прием и разбор домашних заданий;
- выполнение тестовых заданий в рамках дисциплины;
- подготовка к деловой игре;
- выполнение практических работ;

2. **Внеаудиторная** самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Основными ***формами*** самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- подбор материала, который может быть использован для написания реферата, написание рефератов;
- подготовка к практическим занятиям (дополнительное изучение теоретического материала, оформление домашних практических работ);
- овладение студентами конкретных тем, вынесенных на самостоятельное изучение;
- подготовка презентации.

Границы между этими видами работ относительны, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

3. МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

3.1. Работа с научной литературой

При работе с учебной литературой необходим иметь навык подбора литературных источников, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги. Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой позволяют экономить время и повышают продуктивность.

Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования научного способа познания. 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.

Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Организуя самостоятельную работу студентов с книгой, преподаватель обязан настроить их на серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности.

Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге. Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т. д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студенты с этой целью заводят специальные тетради или блокноты. Важная роль, в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т. п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат

наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких *видов чтения*:

библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи, с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной 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.

Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

В ходе проведения лекционных занятий, повторения материалов лекций и самостоятельного изучения материалов лекций (тем), нацеленных на усвоение студентом материала необходимо использовать не только основные источники литературы, а также дополнительную литературу, предлагаемую преподавателем, в том числе, литературу, подобранную студентом самостоятельно.

3.2. Методические рекомендации по составлению конспекта

Основные виды систематизированной записи прочитанного

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта:

Внимательно прочитайте текст.

Уточните в справочной литературе непонятные слова.

При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта.

Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта.

Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис — это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры.

Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в

определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Конспект оформляется в соответствии с общими правилами, но, учитываются и особенности конспектирования материала, так как каждый студент способен воспринимать тот или иной материал по-разному:

Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

При самостоятельной подготовке конспекта необходимо помечать непонятные положения, фиксировать возникшие вопросы. Важно помнить, ответ на возникший вопрос Вы сможете получить, используя дополнительные источниками литературы, в том числе и интернет-источниками. Поэтому при поиске ответов на поставленные вопросы, зафиксируйте в конспекте возможные решения проблем, а затем, уточните у преподавателя.

Самостоятельные поиски ответов развивают не только навык работы с информационными ресурсами, но и расширяет кругозор студента. Поиск необходимой информации и решение самостоятельно поставленных задач позволяет лучше усвоить материал.

3.3. Подготовка реферата (доклада)

Это объемный вид самостоятельной работы студента, содержащий информацию, дополняющую и развивающую основную тему, изучаемую на аудиторных занятиях. Ведущее место занимают темы, представляющие профессиональный интерес, несущие элемент новизны. Реферативные материалы должны представлять письменную модель первичного документа – научной работы, монографии, статьи. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на определенную тему на семинарах, конференциях.

Регламент озвучивания реферата – 5–7 мин.

Слово "реферат" (от латинского – referre – докладывать, сообщать) означает сжатое изложение в устной или письменной форме содержания какого–либо вопроса или темы на основе критического обзора информации.

При подготовке реферата необходимо соблюдать следующие правила.

Определить идею и задачу реферата. Следует помнить, что реферат будут читать другие. Поэтому постоянно задавайте себе вопрос, будет ли понятно написанное остальным, что интересного и нового найдут они в работе.

Ясно и четко сформулировать тему или проблему. Она не должна быть слишком общей.

Найти нужную литературу по выбранной теме. Составить перечень литературы, которая обязательно должна быть прочитана.

Только после предварительной подготовки следует приступать к написанию реферата. Прежде всего, составить план, выделить в нем части.

Введение, в котором раскрывается цель и задачи сообщения; здесь необходимо сформулировать социальную или политическую проблему, которая будет проанализирована в реферате, изложить своё отношение к ней, то есть мотивацию выбора; определить особенность постановки данной проблемы авторами изученной литературы; объяснить актуальность и социальную значимость выбранной темы.

Основная часть. Разделы, главы, параграфы основной части должны быть направлены на рассмотрение узловых моментов в теме реферата. Изложение содержания изученной литературы предполагает его критическое осмысление, глубокий логический анализ.

Каждый раздел основной части реферата предполагает детальное изучение отдельного вопроса темы и последовательное изложение структуры текстового материала с обязательными ссылками на первоисточник. В целом, содержание основной части должно отражать позиции отдельных авторов, сравнительную характеристику этих позиций, выделение узловых вопросов дискурса по выбранной для исследования теме.

Студент должен показать свободное владение основными понятиями и категориями авторского текста. Для лучшего изложения сущности анализируемого материала можно проиллюстрировать его таблицами, графиками, сравнением цифр, цитатами.

Заключение. В заключении автор реферата должен сформулировать личную позицию в отношении изученной проблемы и предложить, может быть, свои способы её решения. Целесообразно сделать общие выводы по теме реферата и ещё раз отметить её актуальность и социальную значимость.

Список использованных источников и литературы.

Начать реферат можно с изложения яркого, впечатляющего факта, который требует пояснения. Далее изложение должно идти от простого – к сложному. Не останавливайтесь на подробностях. Главное требование к реферату – максимум пользы для читателя при минимуме информации.

Написание рефератов является одной из форм обучения студентов, направленных на организацию и повышение уровня самостоятельной работы студентов, а также на усиление контроля за этой работой.

Целью написания рефератов является привитие студентам навыков самостоятельной работы с литературой с тем, чтобы на основе их анализа и обобщения студенты могли делать собственные выводы теоретического и практического характера, обосновывая их соответствующим образом.

В отличие от теоретических семинаров, при проведении которых студент приобретает, в частности, навыки высказывания своих суждений и изложения мнений других авторов в устной форме, написание рефератов даст ему навыки лучше делать то же самое, но уже в письменной форме, грамотным языком и в хорошем стиле.

Представляется, что в зависимости от содержания и назначения в учебном процессе рефераты можно подразделить на две основные группы (типы): научно-проблемные и обзорно-информационные.

Научно-проблемный реферат. При написании такого реферата студент должен изучить и кратко изложить имеющиеся в литературе суждения по определенному, спорному в теории, вопросу (проблеме) по данной изучаемой теме, высказать по этому вопросу (проблеме) собственную точку зрения с соответствующим ее обоснованием.

На основе написанных рефератов возможна организация «круглого стола» студентов данной учебной группы. В таких случаях может быть поставлен доклад студента, реферат которого преподавателем признан лучшим, с последующим обсуждением проблемы всей группой студентов.

Обзорно-информационный реферат. Разновидностями такого реферата могут быть:

краткое изложение основных положений той или иной книги, монографии, другого издания (или их частей: разделов, глав и т.д.) как правило, только что опубликованных, содержащих материалы, относящиеся к изучаемой теме по курсу дисциплины. По рефератам, содержание которых может представлять познавательный интерес для других студентов, целесообразно заслушивать в учебных группах сообщения их авторов;

подбор и краткое изложение содержания статей по определенной проблеме (теме, вопросу), опубликованных в различных журналах за тот или иной период, либо в сборниках («научных трудах», «ученых записках» и т.д.).

Основные требования к оформлению рефератов

Доклад с презентацией - продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление с презентацией по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской и научной темы. Ниже представлена примерная тематика докладов, важно помнить, что в ходе подготовки и написания реферата тема может уточняться и изменяться. Сам перечень тем служит лишь направление для подготовки реферата.

Подготовка реферата:

- Объем реферата: 18-20 страниц машинописного текста;
- Гарнитура шрифта: Times New Roman / Arial / Calibri
- Размер текста не менее 12 кеглей;
- Размер междустрочного интервала 1,15 / 1,5;
- Красная строка (отступ абзаца): 1,25см;
- Размеры полей: Верхний и нижний колонтитулы по 2см, левый край абзаца – 3 см, правый край текста - не менее 1см.
- Реферат должен содержать:
- Титульный лист. (в том числе, с указанием темы, ФИО студента, группы, кафедры)
- Содержание.
- Введение. (должно содержать актуальность выбранной темы)
- Основная часть работы. (которая должна включать основные аспекты выбранной темы)
- Заключение. (выводы, которые можно сделать из актуальности темы и по ходу работы)
- Список используемой литературы. (в том числе, используемых интернет ресурсов, иных источников.

Защита реферата: 5-7 минут, включая конспектирование основных моментов, 2-3 минуты представляется для ответов на вопросы

3.4. Создание материалов-презентаций

Это вид самостоятельной работы студентов по созданию наглядных информационных пособий, выполненных с помощью мультимедийной компьютерной программы PowerPoint. Этот вид работы требует координации навыков студента по сбору, систематизации, переработке информации, оформления ее в виде подборки материалов, кратко отражающих основные вопросы изучаемой темы, в электронном виде. То есть создание материалов-презентаций расширяет методы и средства обработки и представления учебной информации, формирует у студентов навыки работы на компьютере.

Материалы-презентации готовятся студентом в виде слайдов с использованием программы Microsoft PowerPoint. В качестве материалов-презентаций могут быть представлены результаты любого вида внеаудиторной самостоятельной работы, по формату соответствующие режиму презентаций.

Форма доклад с презентацией заключается в выполнении самостоятельной работы отличается от написания реферата и доклада тем, что студент результаты своего исследования представляет в виде презентации. Серией слайдов он передаёт содержание темы своего исследования, её главную проблему и социальную значимость.

Слайды позволяют значительно структурировать содержание материала и, одновременно, заостряют внимание на логике его изложения. Происходит постановка проблемы, определяются цели и задачи, формулируются вероятные подходы её разрешения.

Слайды презентации должны содержать логические схемы реферируемого материала. Студент при выполнении работы может использовать картографический материал, диаграммы, графики, звуковое сопровождение, фотографии, рисунки и другое.

Каждый слайд должен быть аннотирован, то есть он должен сопровождаться краткими пояснениями того, что он иллюстрирует. Во время презентации студент имеет возможность делать комментарии, устно дополнять материал слайдов.

После проведения демонстрации слайдов реферата студент должен дать личную оценку социальной значимости изученной проблемной ситуации и ответить на заданные вопросы.

Основные требования к оформлению презентации

К выбранной теме реферата необходимо подготовить презентацию, излагающую и демонстрирующую суть Вашего реферата.

Подготовка презентации:

- Объем презентации: 8-10 слайдов;
- Гарнитура шрифта: Times New Roman / Arial / Calibri
- Размер текста не менее 18 кеглей;
- Размер междустрочного интервала 1,15 / 1,5;
- Размеры полей: не менее 1см с каждого края страницы.
- Доклад должен содержать:
- Титульный лист. (в том числе, с указанием темы, ФИО студента, группы, кафедры)
- Введение. (должно содержать актуальность выбранной темы)

- Основная часть работы. (которая должна включать основные аспекты выбранной темы)
- Заключение. (выводы, которые можно сделать из актуальности темы и по ходу работы)

Некоторые рекомендации по оформлению слайдов:

Фон слайда: следите за тем, чтобы текст не сливался с фоном (лучше подобрать контрастное сочетание цветов фона и машинописного текста), учитывайте, что на проекторе контрастность будет меньше, чем у вас на мониторе. Для оформления фона рекомендуют спокойные светлые тона (белый, серый, зеленый, голубой, синий),

Текст слайда: выбирайте цвет текста контрастный фоновому цвету, чтобы текст был читаемым (помните, что экран, на котором Вы будете показывать презентацию, скорее всего, будет достаточно далеко от зрителей. Презентация будет выглядеть меньше, чем на вашем экране во время создания. Отойдите от экрана компьютера на 2-3 метра и попытайтесь прочесть текст в презентации. Если слайды читаются с трудом, увеличивайте шрифт. Если текст не вмещается на один слайд, разбейте его на 2, 3 и более слайдов (главное, чтобы презентация была удобной для просмотра).

Размер шрифта для заголовка слайда должен быть не менее 24, а лучше от 32 и выше. Всегда указывайте заголовок слайда (каждого слайда презентации). Отвлёкшийся слушатель в любой момент должен понимать, о чём сейчас речь в вашем докладе!

Размер шрифта для основного текста лучше выбрать от 24 до 28 (зависит от выбранного типа шрифта).

Менее важный материал (дополнения и примечания) можно оформить шрифтом от 20 до 24.

Для выделения наиболее важной информации используйте **жирный**, *курсивный* шрифты или шрифт с подчеркиванием.

При выборе гарнитуры шрифта, также принимайте во внимание читаемость данного шрифта, старайтесь не использовать прописные гарнитуры, так как, они хуже воспринимаются при чтении.

Допускается использовать иные цвета, для выделения наиболее важной информации, заголовков, терминов, но старайтесь не увлекаться с выбором цветов, презентация будет смотреться гармоничней при использовании единой гарнитуры шрифта на всех слайдах, и старайтесь не использовать более трех цветов на одном слайде)

Обязательно нумеруйте страницы слайдов, таким образом зрителю будет проще ориентироваться в вашей презентации, или задавать интересующие вопросы.

Изображения: для лучшего усвоения материала, также необходимо в презентацию добавить таблицы, графики, схемы, изображения и (или) формулы:

Вставляя такой материал в презентацию убедитесь, чтобы данные изображения, схемы, таблицы, и т.д. легко просматривались и читались. Представление такого рода информации рекомендуется использовать белый фон слайдов.

Обязательно делать подпись к изображениям, схемам, таблица, формулам, и т.д.

Обратите внимание на шапку таблицы, она должна выделяться от основных значений в ячейках таблиц.

Допускается использовать динамические изображения, формата GIF, не загружайте слайд изобилием изображений, это отвлекает внимание зрителя. Старайтесь на слайде использовать не более 4 изображений одновременно. Лучше сделать больше слайдов.

При использовании на сладе схем, диаграмм и графиков, также обращайте внимание на нормальную читаемость такой информации. Используйте (по возможности) не более 5 цветов.

Анимация: для представления презентации используют различные анимационные эффекты для текста и перехода между слайдами. Следите, чтобы анимационные эффекты не были резкими. Желательно использовать один тип анимационного эффекта для текста, и для перехода между слайдами.

3.5. Практико-ориентированные задания для самостоятельного выполнения

Представляет собой вид аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студента. *Практико-ориентированное задание* - задание, в котором обучающемуся предлагают выполнить реальную профессионально-ориентированную задачу. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Практико-ориентированные задания включают комплексную практическую работу, состоящую из четырех задач, и которую необходимо решить на заранее подготовленных исходных данных.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров
27.10.2022

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПОДГОТОВКЕ ПРЕЗЕНТАЦИЙ

СГ.11 ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Направление подготовки
15.02.16 Технология машиностроения
программа подготовки специалистов среднего звена

Автор: Крюков К.Г.

Одобрена на заседании кафедры
Антикризисного управления и оценочной деятельности
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Мальцев Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 02.09.2022
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
Инженерно-экономического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Мочалова Л.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для обучения специалистов среднего звена при организации самостоятельной работы по дисциплине «Правовое обеспечение профессиональной деятельности» в рамках подготовки и защиты презентации.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки презентации, требования к её оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ ПРЕЗЕНТАЦИИ

Подготовка презентации по дисциплине «Правовое обеспечение профессиональной деятельности» является важным этапом образовательного процесса.

Целью работы над презентацией является приобретение навыков работы с компьютерной информацией, литературой, обобщения цифровых и литературных источников и практического материала по теме, способности грамотно излагать вопросы темы, делать выводы.

Задачами подготовки презентации по дисциплине «Правовое обеспечение профессиональной деятельности» являются:

- ознакомить обучаемых с основными понятиями и теориями научного знания в области права;
- ознакомить обучаемых с основополагающими источниками, регулирующими отношения;
- заложить основы профессионального уровня правового сознания и правовой культуры у обучаемых;
- подготовить обучаемых к практической деятельности, в той или иной степени затрагивающей сферу правовых отношений.

Презентация является важным видом самостоятельной работы, одной из форм изучения дисциплины, способствующей углублённому усвоению проблем курса, формированию навыков исследовательской работы учащихся.

Она требует от учащихся теоретического осмысления первоисточников, умения применять усвоенные знания в анализе исторических событий прошлого и современной общественно-политической жизни, получения навыков работы с информацией, грамотного изложения изученной темы.

ПРАВИЛА СОЗДАНИЯ УЧЕБНЫХ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ

Умение хорошо презентовать свою деятельность – одно из самых продуктивных средств привлечения внимания к своей работе. Удачная и качественная презентация будет влиять на ваш положительный имидж. Презентация сегодня выступает как ваша визитная карточка. Эта технология позволяет визуально воспринимать вашу работу. К сожалению, не каждую представленную работу можно назвать настоящей презентацией. Любая технология, в том

числе и создание презентаций, компьютерной или другой, имеет свои правила, принципы, приемы.

Надо понимать, что презентация – это не отчет о проделанной работе, к которой мы давно привыкли и которые научились составлять. Независимо от носителей, на которых она выполнена, презентация включает в себя и некоторые элементы отчетности (статистические данные), и элементы анализа, экспертной оценки, а также – прогнозирования, перспективного планирования и многое другое, что зависит от конкретных целей и задач.

Что такое компьютерная презентация?

Презентация (от английского слова – представление) – это набор цветных картинок-слайдов на определенную тему, который хранится в файле специального формата с расширением ppt или pptx. Термин «презентация» (иногда говорят «слайд-фильм») связывают, прежде всего, с информационными и рекламными функциями картинок, которые рассчитаны на определенную категорию зрителей (пользователей).

Мультимедийная компьютерная презентация – это:

– динамический синтез текста, изображения, звука;
– яркие и доходчивые образы;
– самые современные программные технологии интерфейса;
– интерактивный контакт докладчика с демонстрационным материалом;
– мобильность и компактность информационных носителей и оборудования;
– способность к обновлению, дополнению и адаптации информации;
– невысокая стоимость.

Подготовленную презентацию можно выпустить и отдельным печатным изданием, оформив его соответствующим образом, а можно представить в виде авторского электронного издания. Если есть возможность, можно опубликовать презентацию на страницах журналов и газет или выставить на сайт в Интернетпространстве.

Виды презентаций

С точки зрения организации презентации можно разделить на три класса:

•интерактивные презентации;
•презентации со сценарием;
•непрерывно выполняющиеся презентации.

Интерактивная презентация – диалог между пользователем и компьютером. В этом случае презентацией управляет пользователь, т.е. он сам осуществляет поиск информации, определяет время ее восприятия, а также объем необходимого материала. В таком режиме работает ученик с обучающей программой, реализованной в форме мультимедийной презентации. При
индивидуальной работе мультимедийный проектор не требуется.

Все интерактивные презентации имеют общее свойство: они управляются событиями. Это означает, что, когда происходит некоторое событие (нажатие кнопки мыши или позиционирование указателя мыши на экранном объекте), в ответ выполняется соответствующее действие. Например, после щелчка мышью на фотографии картины начинается звуковой рассказ об истории ее создания.

Презентация со сценарием – показ слайдов под управлением ведущего (докладчика). Такие презентации могут содержать «плывущие» по экрану титры, анимированный текст, диаграммы, графики и другие иллюстрации. При этом, автор должен понимать, что объекты, особенно меняющие положение, должны быть обоснованы целью презентации. Сами по себе эти объекты отвлекают внимание и могут мешать воспринимать информацию. Порядок смены слайдов, а также время демонстрации каждого слайда определяет докладчик. Он же произносит текст, комментирующий видеоряд презентации.

В ***непрерывно выполняющихся презентациях*** не предусмотрен диалог с пользователем и нет ведущего. Такие самовыполняющиеся презентации обычно демонстрируют на различных выставках.

Достоинства и недостатки презентаций

В чем достоинство презентаций?

1. Последовательность изложения. При помощи слайдов, сменяющих друг друга на экране, удержать внимание аудитории гораздо легче, чем бегая с указкой меж развешанных по всему залу плакатов. В отличие же от обычных слайдов, пропускаемых через диапроектор, компьютерные позволяют быстро вернуться к любому из уже рассмотренных вопросов или вовсе изменить последовательность изложения.

2. Конспект. Презентация – это не только то, что видит и слышит аудитория, но и заметки для выступающего: о чем не забыть, как расставить акценты. Эти заметки видны только докладчику: они выводятся на экран управляющего компьютера. При этом текст презентации не должен дублировать выступление докладчика, а лишь дополнять, структурировать, акцентировать внимание на важном.

3. Мультимедийные эффекты. Слайды презентации – не просто изображение. В нём, как и в любом компьютерном документе, могут быть элементы анимации, аудио- и видеофрагменты.

4. Копируемость. Копии электронной презентации создаются мгновенно и ничем не отличаются от оригинала. При желании слушатели могут получить все показанные материалы.

5. Транспортабельность. Носители информации (флэш карты, диски и дисковые накопители) с презентацией гораздо компактнее свертка плакатов и гораздо меньше пострадает от частых путешествий то на одно, то на другое «мероприятие». Более того, файл презентации можно переслать по электронной почте, а если есть необходимость и оборудование – и вовсе перенести выступление в Интернет и не тратить время на разъезды. Именно поэтому создание и применение электронных презентаций на сегодняшний день весьма актуально, как и разработка общих методических принципов для них.

Типичные недочеты и ошибки при создании презентаций

а) Недостатки структуры и формы представления информации:

– отсутствие Титульного слайда, содержащего: название проекта или темы урока (занятия); сведения об авторе; дата разработки; информация о местоположении ресурса в сети и др.;

– отсутствие Введения, в котором представлены: цели и задачи изучения темы, краткая характеристика содержания;

– отсутствие Оглавления (для развернутых разработок, при наличии в презентации разделов, подтем) с гиперссылками на разделы / подтемы презентации;

– отсутствие логического завершения презентации, содержащего: заключение, обобщения, выводы;

– перегрузка слайдов подробной текстовой информацией (не более трех мелких фактов на слайде и не более одного важного);

– неравномерное и нерациональное использование пространства на слайде;

– отсутствие связи фона презентации с содержанием.

б) Ошибки стиля и оформления:

– орфографические и стилистические ошибки, недопустимые в учебном процессе;

– отсутствие единства стиля страниц;

– одинаковая гарнитура и размер шрифта для всех заголовков (не менее 24 пунктов);

– одинаковая гарнитура и размер шрифта для текстовых фрагментов (не менее 18 пунктов);

– заголовки, номера страниц, кнопки перелистывания должны появляться в одном и том же месте экрана;

– одинаковая цветовая гамма на всех станицах и т.п.;

– неудачный выбор цветовой гаммы: использование слишком ярких и утомительных цветов, использование в дизайне более 3 цветов (цвет текста, цвет фона, цвет заголовка и/или выделения); использование темного фона со светлым текстом;
– использование разных фонов на слайдах в рамках одной презентации;
– отсутствие полей на слайдах;
– использование рисунков, фотографий плохого качества и с искажениями пропорций;
– использование шрифтов с засечками (типа Times), затрудняющих восприятие информации;
– отсутствие должного выравнивания текста, использование буквиц разного размера;
– низкая контрастность фон / текст;
– низкая контрастность гиперссылок (нужно помнить, что у гиперссылки три состояния: выбрана, по гиперссылке еще не переходили, по гиперссылке уже переходили – нужно обращать на цвет гиперссылки во всех состояниях);
– отсутствие или неясность связей в схемах или между компонентами материала на слайде;
– наличие различных эффектов переходов между слайдами и других раздражающих эффектов анимации, мешающих восприятию информации;
– слишком быстрая смена слайдов и анимационных эффектов (при автоматической настройке презентации), отсутствие учета скорости и законов восприятия зрительной информации.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ

Оптимальный объем

Выбор оптимального объема презентации очень важен и зависит от цели, для которой она создается, от предполагаемого способа ее использования (изучение нового материала, практическое занятие, аттестация, лекция и т.д.), а также от контингента учащихся (их возраста, подготовки и т.п.).

В общем случае объем презентации не должен быть менее 8–10 слайдов.

Опыт показывает, что для учебной презентации наиболее эффективен 12–15 зрительный ряд объемом не более 20 слайдов (оптимально зрительный ряд из большего числа слайдов вызывает утомление, отвлекает от сути изучаемой темы).

Рекомендуемый объем презентации

Презентация должна составлять не менее 10-ти слайдов. Исключения составляют презентации, предназначенные для длительной лекции ознакомительного характера с большим количеством визуального материала.

Однако и в этом случае объем презентации не должен превышать 50–60 слайдов, из расчета не менее чем 1 мин. на один слайд, а на некоторые слайды, содержащие ключевые моменты и основополагающие понятия, по 2 мин.

В связи с этим необходимо строго отбирать видеоматериал для презентации, исходя из принципа разумной достаточности. Не следует использовать изображения, относящиеся к понятиям, на обстоятельное раскрытие которых лектор не рассчитывает. Не должно быть «лишних» слайдов, которые не сопровождаются пояснением. Необходимо исключать дублирующие, похожие слайды.

Доступность

Обязателен учет возрастных особенностей и уровня подготовки зрителей. Нужно обеспечивать понимание смысла каждого слова, предложения, понятия, раскрывать их, опираясь на знания и опыт слушателей, использовать образные сравнения. Значение всех новых терминов должно быть разъяснено. Если для взрослой аудитории можно включать в презентацию схемы, графики, черно-белые фотографии, то для младших школьников нужно этих элементов избегать. Если в первом случае допустимо включать числовые значения величин, то во втором это

должны быть преимущественно величины сравнительные.

Научность

Необходимо построение всех положений, определений и выводов на строго научной основе. Яркие картинки не должны противоречить реальным фактам. Недопустимо добиваться красочности, изменения масштабов изображений и т.п. в ущерб научной достоверности.

Учет особенности восприятия информации с экрана

Известно, что глаз и мозг способны работать в двух режимах: в режиме быстрого панорамного обзора с помощью периферийного зрения и в режиме медленного восприятия детальной информации с помощью центрального зрения.

При работе в режиме периферийного зрения система глаз-мозг почти мгновенно воспринимает большое количество информации, при работе в режиме центрального зрения – производится тщательный последовательный анализ. Следовательно, когда человек читает текст, да ещё с экрана компьютера, мозг работает в замедленном режиме. Если же информация представлена в графическом виде, то глаз переключается во второй режим, и мозг работает быстрее. Именно поэтому в презентациях желательно свести текстовую информацию к минимуму, заменив ее схемами, диаграммами, рисунками, фотографиями, анимациями, фрагментами фильмов. Кроме того, понятия и абстрактные положения до сознания зрителя доходят легче, когда они подкрепляются конкретными фактами, примерами и образами; и потому для раскрытия их необходимо использовать различные виды наглядности.

Текст на слайде зрители практически не воспринимают. Поэтому в презентациях (в особенности гуманитарного профиля) лучше оставить текст только в виде имен, названий, числовых значений, коротких цитат. Лучше избегать обилия цифр. Числовые величины имеет смысл заменить сравнениями. Однако на этом пути тоже необходимо знать меру. Опыт работы показывает, что поток одних только ярких изображений воспринимается тоже не очень хорошо. Внимание, вначале непроизвольное, быстро падает, переходя в произвольное, поддержание которого требует уже больших усилий как со стороны лектора, так и со стороны зрителей. Хороший результат по переключению внимания даёт применение видеофрагментов, особенно озвученных. Они почти всегда вызывают оживление в аудитории. Зрители устают от голоса одного лектора, а здесь внимание переключается, и тем самым поддерживается острота восприятия.

Очень важным является соотношение количества различных элементов презентации и их последовательность. Понятно, что необходимо чередовать статичные изображения, анимацию и видеофрагменты. Однако практика показывает, что простое последовательное чередование элементов не совсем оправданно – зрители привыкают к нему, и внимание рассеивается. Правильнее будет использовать эффект неожиданности и разнообразить анимационные приемы.

Разнообразие форм

Это требование предполагает учет индивидуальных возможностей восприятия предложенного учебного материала. Индивидуальный подход может обеспечиваться различными средствами наглядности, несколькими уровнями дифференциации при предъявлении учебного материала по сложности, объему, содержанию. Разные люди в силу своих индивидуальных особенностей полнее воспринимают информацию, представленную разными способами. Кто-то из аудитории лучше воспринимает фотографии, кто-то схемы или таблицы и т.д. Использование в презентации разных форм представления одной и той же информации повышает полноту её восприятия практически каждым зрителем.

Занимательность

Включение (без ущерба научному содержанию) в презентацию смешных сюжетов, мультипликационных героев, оживляет занятие, создает положительный эмоциональный настрой, что способствует усвоению материала и более прочному запоминанию. В особенности это эффективно при создании учебных презентаций для младших классов.

Эстетичность

Немаловажную роль в положительном восприятии презентации играют гармоничные цветовые сочетания, выдержанность стиля и эстетичность в оформлении слайдов, музыкальное сопровождение. Эстетические качества учебной презентации особенно важны для младших школьников. Они мыслят формами, красками, звуками, именно отсюда вытекает необходимость наглядного обучения вообще, которое строится не на отвлеченных понятиях и словах, а на конкретных образах, непосредственно воспринимаемых зрителями.

Динамичность

Необходимо подобрать оптимальный для восприятия темп смены слайдов, анимационных эффектов. Оптимальное время, необходимое для восприятия образной, звуковой и вербальной информации, представленной на каждом слайде, а также время, необходимое на усвоение ключевых понятий, определяется опытным путем с учетом особенностей восприятия информации с экрана аудиторией соответствующего возраста и подготовки. При этом необходимо избежать как неоправданной торопливости в смене слайдов, затрудняющей полноценное восприятие конкретной аудиторией, так и потери темпа урока (лекции), что может привести к отвлечению учащихся от занятия и потере интереса к содержанию учебного материала.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕЗЕНТАЦИИ. СТРУКТУРА ПРЕЗЕНТАЦИИ

Каждая электронная презентация, с одной стороны, должна быть в значительной степени автономным программным продуктом, а с другой – отвечать некоторым общим стандартам по своей внутренней структуре и форматам, содержащихся в ней исходных данных (формат рисунков, дизайн таблиц и т.п.).

Это обеспечит возможность, при необходимости, связать презентации в единую обучающую систему, ориентированную, например, на изучение целого раздела (в идеале – предмета).

Информационное обеспечение презентации удобно организовать в виде гипертекстовой системы. Например, для удобства навигации по большой учебной презентации, состоящей из нескольких разделов, каждый из которых в свою очередь разбит на несколько структурных единиц, предусмотреть в ее начале подробное оглавление с гиперссылками на каждую структурную единицу, а на каждой странице презентации предусмотреть ссылку-возвращение на оглавление. С помощью гиперссылок можно получить на экране дополнительную или поясняющую информацию, организовать многократное обращение к одним и тем же информационным объектам из разных мест презентации.

Однако при этом следует учитывать, что содержание и организация электронных презентаций, выполняющих функции базовых конспектов, должны провести обучающегося по некоторому заранее определенному маршруту усвоения знаний. Поэтому не следует использовать гиперссылки для переходов на другие слайды, которые, в свою очередь, содержат гиперссылки с переходом на следующие страницы и т.д. Подобная навигация нарушает последовательность изложения материала и подходит только для энциклопедий или справочников.

Структура презентации

Презентация состоит из слайдов. Лучше всего придерживаться одного правила: один слайд – одна мысль. Убедительными бывают презентации, когда на одном слайде дается тезис и несколько его доказательств.

Профессионалы по разработке презентаций советуют использовать на слайде не более тридцати слов и пяти пунктов списка. Если на слайде идет список, его необходимо делать параллельным, имеется в виду, что первые слова в начале каждой строки должны стоять в

одной и той же форме (падеже, роде, спряжении и т.д.). Обязательно необходимо осмысление целевых заголовков, размер шрифта – не менее 18 пт.

Обычно план содержания презентации выглядит так.

Лист 1. Титульный лист. Первый слайд содержит название презентации, ее автора, контактную информацию автора.

Лист 2. Содержание. Тут расписывается план презентации, основные разделы или вопросы, которые будут рассмотрены.

Лист 3. Заголовок раздела.

Лист 4. Краткая информация. Пункты 3 и 4 повторяются только, сколько это необходимо. Главное тут придерживаться концепции: тезис – аргументы – вывод.

Лист 5. Резюме, выводы. Выводы должны быть выражены ясно и лаконично на отдельном слайде.

Лист 6 (последний). Спасибо за внимание. Здесь также обязательна Ваша контактная информация.

Важно учесть то, что нельзя написать на слайдах абсолютно все, что Вы будете говорить. Разместите на них только важные тезисы, термины, картинки, схемы, диаграммы, то есть все, что хорошо воспримется аудиторией.

Основными элементами управления являются:

– кнопки перехода из оглавления на начало тем;
– кнопки перехода со слайда на слайд вперед и назад;
– кнопка возврата в оглавление;
– кнопка вызова подсказки;
– кнопка перехода в словарь терминов;
– гиперссылки для вывода на экран иллюстраций, таблиц, графиков и пр.

Элементы управления презентацией, имеющие не очевидное представление, должны обеспечиваться всплывающими подсказками. Справочная система по работе с управляющими элементами презентации должна вызываться практически с любого слайда, и поэтому ее желательно представить на всех кадрах управляющей кнопкой на экране.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА СОЗДАНИЯ ПРЕЗЕНТАЦИИ

Прежде чем приступить к созданию презентации, следует четко представлять (понимать), что вы собираетесь донести до аудитории, что Вы собираетесь ей (аудитории) рассказать. Поэтому необходимо просмотреть как можно больше литературы по данной теме, составить список материалов и иллюстраций, которые Вам необходимы. Определить, какие материалы и иллюстрации необходимо отсканировать, найти в Интернете или, наконец, нарисовать самим.

Вам необходимо знать, кто будет вашими слушателями. Тогда вы сможете настроиться на аудиторию и тем самым задать нужный лад. Это является важным шагом к успеху.

В презентации не должно быть ничего лишнего. Каждый слайд должен представлять собой звено, логически связанное с темой повествования, и работать на общую идею презентации.

Не перегружайте слайды лишними деталями (не увлекайтесь анимацией).

Анимацию следует использовать только с целью привлечения внимания учеников к основным, ключевым моментам слайда. Не забывайте, что звуковые и визуальные эффекты не должны отвлекать внимание учащихся от основной (важной) информации.

Остановимся более подробно на ***основных этапах создания презентации***.

Этап 1. Начало работы

Выбор темы, постановка цели и задач презентации.

Этап 2. Определение содержания и дизайна презентации

1. Составление плана будущей презентации. Желательно, чтобы план был подробным. Необходимо на бумаге нарисовать структуру презентации, схематическое изображение слайдов и прикинуть, какой текст, рисунки, фотографии или другие материалы будут включены в тот или другой слайд. Составление списка рисунков, фотографий, звуковых файлов, видеороликов
(если они необходимы), которые будут размещены в презентации. Определение текстовой части презентации.

2. Определение условий демонстрации.

От этого будет зависеть объем текстовой информации, располагаемой на слайдах, и, как мы говорили выше, размер шрифта и вид навигации.

3. Определение количества слайдов в вашей презентации (оно может потом изменяться).

4.Определение примерного дизайна ваших слайдов.

Цветовая гамма фонов слайдов, формат заголовков (желательно, чтобы во всех слайдах был выдержан один формат и соблюден единый стиль).

Этап 3. Порядок создания презентации

1. Ввод и редактирование текста.

Создаются текстовые слайды, на каждом слайде вводится только текстовая информация. После ввода текста необходимо определиться с его расположением на каждом слайде, продумать его форматирование, т.е. определить размер, цвет шрифта, заголовков и основного текста. При подборе цвета текста помните, что текст должен быть «читаем», т.е. фон слайдов не должен «глушить» текст. Не «берите» редкие виды шрифтов, их может не быть на других компьютерах, с помощью которых презентация будет демонстрироваться в других аудиториях. Определите, не перегружены ли слайды текстом, возможно, придется часть текста включить в устный доклад, а если презентация демонстрируется без сопровождения докладчика, то необходимо продумать содержание текста так, чтобы он не потерял смысл и был доступен для понимания. И не забывайте об орфографии, ничто не портит так представление о вас и вашей работе, как орфографические ошибки в тексте презентации.

2. Графики, диаграммы, таблицы.

Если вы планируете разместить в вашей презентации графики и диаграммы, то продумайте их расположение, определите, читаются ли надписи, и не перегружайте один слайд несколькими графиками или диаграммами – информация будет хуже восприниматься учениками. То же самое относится и к таблицам, текст в таблицах должен быть хорошо виден, для наглядности в таблицах можно применять слабую (по цвету) заливку ячеек.

3. Изображения, рисунки, фон.

Очень важным является фон слайдов, он создает определенное настроение у аудитории и должен соответствовать теме презентации. Серьезные презентации не должны быть пестрыми, содержать яркие, «ядовитые» цвета и менять цветовую гамму от слайда к слайду. Если презентация состоит из нескольких больших тем, то каждая тема может иметь свою цветовую гамму, но не сильно отличаться от общей цветовой гаммы презентации. Не делайте фон слишком пестрым, это отвлекает аудиторию и затрудняет чтение текста. Теперь поговорим об иллюстрациях. Размещенные в презентации графические объекты должны быть, в первую очередь, оптимизированными, четкими и с хорошим разрешением. Графические объекты не располагаются в средине текста, это плохо смотрится.

4. Вставка анимации.

С помощью анимационных эффектов можно существенно улучшить восприятие презентации и обратить внимание аудитории на наиболее важные моменты, отраженные на слайдах или в самой презентации. Прежде чем применять эффекты анимации, необходимо внимательно изучить возможности внутрислайдовой и межслайдовой анимации и продумать, как и где ее применять. Необходимость и тип анимации должен быть логически увязан со структурой

доклада, зритель должен быть готов увидеть объекты, расположенные на слайде в определенном месте, а не бегать глазами по слайду. Можно использовать указку или указатель мышки для подсказки зрителям в поиске того, о чем вы уже начали говорить.
Делайте небольшие паузы между сладами, чтобы аудитория успела усвоить то, что вы им рассказали, не тараторьте, но и не мямлите. Выступление должно быть энергичным, но не оглушать слушателей. Впрочем, мы забегаем немного вперед, говоря об искусстве выступления, об ораторском искусстве; об этом мы поговорим подробно немного позже.
5. Звуковое сопровождение.
Если вы решили вставить в свою презентацию звуковое сопровождение, то будьте очень аккуратны. Музыка не должна в первую очередь заглушать докладчика, раздражать слух, иметь резкие переходы, а также усыплять слушателей. Звуковое сопровождение должно органично вписываться в тему вашей презентации. Если вы не уверены в необходимости или выборе
звукового сопровождения презентации, то лучше вообще от него отказаться.
6. Доводка презентации.
Доводка презентации заключается в неоднократном просмотре всей презентации, определении временных интервалов, необходимых аудитории для просмотра каждого слайда, и времени их смены. Помните, что слайд должен быть на экране столько времени, чтобы аудитория могла рассмотреть, запомнить, осознать его содержимое. Между тем большой интервал между
сменами слайдов снижает интерес. Возможно, при окончательном просмотре вам придется поменять местами некоторые слайды для создания логической структуры презентации или внести в неё другие коррективы. Презентация должна заканчиваться итоговым слайдом, на котором следует поместить основные выводы доклада в концентрированном виде.
7. Требования к оформлению презентаций.
Для создания качественной презентации необходимо соблюдать ряд требований, предъявляемых к организации и оформлению данных блоков.
Презентация предполагает сочетание информации различных типов: текста, графических изображений, музыкальных и звуковых эффектов, анимации и видеофрагментов. Поэтому необходимо учитывать специфику комбинирования фрагментов информации различных типов. Кроме того, оформление и демонстрация каждого из перечисленных типов информации также подчиняется определенным правилам. Так, например, для текстовой информации важен выбор шрифта, для графической – яркость и насыщенность цвета, для наилучшего их совместного восприятия необходимо оптимальное взаиморасположение на слайде.
Следует выделить наиболее общие требования к средствам, формам и способам представления содержания учебного материала в электронной презентации. Рассмотрим рекомендации по оформлению и представлению на экране материалов различного вида.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Объем и форма представления информации
• Рекомендуется сжатый, информационный способ изложения материала.
• Не стоит заполнять один слайд слишком большим объемом информации: человек в среднем может единовременно запомнить не более трех фактов, выводов, определений.
• Один слайд учебной презентации в среднем рассчитывается на 1,5–2 минуты.
• Для достижения наибольшей эффективности ключевые пункты отображаются по одному на каждом отдельном слайде.
• Желательно присутствие на слайде блоков с разнотипной информацией (текст, графики, диаграммы, таблицы, рисунки), дополняющей друг друга.
• Заголовки должны быть краткими и привлекать внимание аудитории.

• В текстовых блоках необходимо использовать короткие слова и предложения.
• Рекомендуется минимизировать количество предлогов, наречий, прилагательных.
• В таблицах рекомендуется использовать минимум строк и столбцов.
• Вся вербальная информация должна тщательно проверяться на отсутствие орфографических, грамматических и стилистических ошибок.
• При проектировании характера и последовательности предъявления учебного материала должен соблюдаться принцип стадийности: информация может разделяться в пространстве (одновременное отображение в разных зонах одного слайда) или во времени (размещение информации на последовательно демонстрируемых слайдах).
• Презентация должна дополнять, иллюстрировать то, о чем идет речь в докладе. С одной стороны, не должна становиться главной частью выступления, а с другой, не должна полностью дублировать материал.

Расположение информационных блоков на слайде

• Структура слайда должна быть одинаковой на всей презентации.
• Логика предъявления информации на слайдах и в презентации должна соответствовать логике ее изложения.
• Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.
• Информационных блоков на слайде не должно быть слишком много (оптимально 3, максимум 5).
• Рекомендуется объединение семантически связанных информационных элементов в целостно воспринимающиеся группы.
• Рекомендуемый размер одного информационного блока – не более 1/2 размера слайда.
• Информационные блоки рекомендуется располагать горизонтально, связанные по смыслу блоки – слева направо.
• Поясняющая надпись должна располагаться под рисунком (фотографией, диаграммой, схемой).

Способы и правила выделения информации

• Все информационные элементы (текст, изображения, диаграммы, элементы схем, таблицы) должны ясно и рельефно выделяться на фоне слайда, для этого используются:
– рамки, прорисовка границ (для оформления изображений, таблиц);
– тени (для отделения контура текста и объектов от фона);
– заливка, штриховка (для дизайна основ информационных блоков);
– стрелки (для оформления схем и логических блоков).
• Ключевые слова в информационном блоке необходимо выделить (цветом, подчеркиванием, полужирным и курсивным начертанием размером шрифта).
• Однако при выделении следует соблюдать меру – выделенные элементы не должны превышать 1/3–1/2 общего объема текста слайда.
• Для иллюстрации наиболее важных фактов используются рисунки, диаграммы, схемы.

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ПРЕЗЕНТАЦИЙ:

1. Право в повседневной жизни.
2. Понятие государства и права, их признаки.
3. Система юридических наук.
4. Общество и государство, политическая власть.
5. Роль и значение власти в обществе.
6. Типы и формы государства.
7. Формы правления, государственного устройства, политического режима.
8. Государство и гражданское общество.

9. Правовое государство: понятие и признаки.
10. Проблемы и пути формирования правового государства в России.
11. Понятие системы права. отрасли права.
12. Соотношение права и государства.
13. Функции права и сферы его применения.
14. Норма права, ее структура.
15. Формы (источники) права.
16. Закон и подзаконные акты. Конституция - основной закон государства и общества.
17. Понятие норм морали. Общие черты и отличие норм права и норм морали.
18. Правовое сознание. Правовая и политическая культура.
19. Понятие и состав правоотношения.
20. Участники (субъекты) правоотношений.
21. Физические и юридические лица, их правоспособность и дееспособность.
22.Деликтоспособность.
23. Субъекты публичного права. Государственные органы и должностные лица.
24. Понятия компетенции и правомочий.
25. Субъективное право и юридическая обязанность: понятие и виды.
26. Юридические факты как основания возникновения, изменения и прекращения правовых отношений.
27. Понятие, признаки и состав правонарушения.
28. Виды правонарушений.
29. Понятие, основные признаки и виды юридической ответственности.
30. Основание возникновения юридической ответственности.
31. Общая характеристика основ российского конституционного строя.
32. Понятие основ правового статуса человека и гражданина и его принципы.
33. Гражданство.
34. Система основных прав, свобод и обязанностей человека и гражданина.
35. Международные стандарты прав и свобод человека. Гарантии реализации правового статуса человека и гражданина.
36. Понятие и принципы федеративного устройства России.
37. Принцип разделения властей.
38. Основы конституционного статуса Президента РФ, его положение в системе органов государства.
39. Порядок выборов и прекращения полномочий Президента РФ.
40. Основы конституционного статуса Федерального Собрания, его место в системе органов государства и структура.
41. Законодательный процесс.
42. Правительство Российской Федерации, его структура и полномочия.
43. Министерство образования РФ и его органы. Органы исполнительной власти в субъектах федерации.
44. Понятие и основные признаки судебной власти.
45. Судебная система, её структура: Конституционный Суд РФ; Верховный Суд РФ и общие суды. военные суды; Высший Арбитражный Суд РФ и иные арбитражные суды.
46. Правоохранительные органы: понятие и система.
47. Понятие, законодательство и система гражданского права.
48. Понятие и формы права собственности.
49. Наследственное право.
50. Понятие трудового права.
51. Коллективный договор и соглашения.
52. Трудовой договор: понятие, стороны и содержание.
53. Понятие и виды рабочего времени, времени отдыха.

54. Дисциплина труда. Материальная ответственность.
55. Особенности регулирования труда женщин и молодежи.
56. Трудовые споры. Механизмы реализации и защиты трудовых прав граждан.
57. Понятие и принципы семейного права.
58. Понятие брака и семьи. Регистрация брака и условия его заключения.
59. Понятие и система административного права.
60. Понятие административного проступка.
61. Основания и порядок привлечения к административной ответственности.
62. Виды административной ответственности.
63. Понятие, функции и принципы местного самоуправления в РФ.
64. Органы местного самоуправления. Гарантии правомочий местного самоуправления.
65. Понятие и задачи уголовного права. Уголовный закон и преступление как основные понятия уголовного права.
66. Понятие уголовной ответственности, ее основание.
67. Ответственность несовершеннолетних.
68. Обстоятельства, исключающие общественную опасность и противоправность деяния.
69. Понятие и цели наказания. Система и виды уголовных наказаний.
70. Экология. Экологические системы как объект правового регулирования.
71. Источники и содержание экологического права.
72. Ответственность за экологические правонарушения.
73. Общая характеристика земельного законодательства.
74. Право в сфере образовательной деятельности и культуры.
75. Правовые основы организации и деятельности студента, механизмы реализации и защиты его прав, исполнения обязанностей.
76. Принципы международного права.
77. Основные институты международного права.
78. Лицензирование природопользования.
79. Правовой режим водопользования.
80. Правовой режим недропользования.

Перечень тем не является исчерпывающим и может быть расширен по согласованию с научным руководителем (преподавателем)